Campus de São Carlos

**O PROJETO DA PRODUÇÃO E A PROGRAMAÇÃO
MULTI-PROJETOS INTEGRADOS A UM SISTEMA
DE ADMINISTRAÇÃO DE PRODUÇÃO PARA A
CONSTRUÇÃO CIVIL**

Myrian Tizuko Sassaki Santos

Orientador: Prof. Titular João Vitor Moccellin

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

**ESCOLA DE ENGENHARIA
DE SÃO CARLOS**

Serviço de Pós-Graduação EESC/USP

EXEMPLAR REVISADO

Data de entrada no Serviço: 06, 02, 02

Ass.: *Guilherme*

**O PROJETO DA PRODUÇÃO E A
PROGRAMAÇÃO MULTI-PROJETOS
INTEGRADOS A UM SISTEMA DE
ADMINISTRAÇÃO DE PRODUÇÃO PARA A
CONSTRUÇÃO CIVIL**

Myrian Tizuko Sassaki Santos

DEDALUS - Acervo - EESC

31100036881

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção

ORIENTADOR: Prof. Titular João Vitor Moccellin

**São Carlos
2001**

Class. TESE-EESC
Cutt. 5372
Tombo T0058/02

de 1231772

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

S237p Santos, Myrian Tizuko Sasaki
O projeto da produção e a programação
multi-projetos integrados a um sistema de
administração de produção para a construção civil /
Myrian Tizuko Sasaki Santos. -- São Carlos, 2001.

Dissertação (Mestrado) -- Escola de Engenharia de
São Carlos-Universidade de São Paulo, 2001.

Área: Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. João Vitor Moccellin.

1. Programação multi-projetos. 2. Métodos
heurísticos. 3. Construção civil. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidata: Engenheira **MYRIAN TIZUKO SASSAKI SANTOS**

Dissertação defendida e julgada em 14-12-2001 perante a Comissão Julgadora:

Prof. Tit. **JOÃO VITOR MOCCELLIN (Orientador)**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

APROVADA

Prof. Dr. **FÁBIO MÜLLER GUERRINI**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

APROVADA

Prof. Dr. **OSNY PELLEGRINO FERREIRA**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

APROVADA

Prof. Doutor **EDMUNDO ESCRIVÃO FILHO**
Coordenador do Programa de Pós-Graduação
em Engenharia de Produção

JOSÉ CARLOS A. CINTRA
Presidente da Comissão de Pós-Graduação da EESC

Dedico esta dissertação

ao meu esposo Lucas e ao meu filho
Matheus, com amor.

aos meus queridos pais Mário e
Katsuko.

AGRADECIMENTOS

A Deus

Que me protege, me orienta e que torna agradável os meus momentos mais solitários. Obrigada pela certeza de Sua mão a me guiar.

Ao meu professor e orientador Prof. João Vitor Moccellin, pelos momentos dedicados à esta dissertação. Agradeço pela valorosa orientação.

Ao Prof. Fábio Müller Guerrini e ao Prof. Marcel Andreotti Musetti, pelas importantes contribuições durante o trabalho.

Ao Prof. José Benedito Sacomano, que coordenou nosso grupo, pelo incentivo e pelas sugestões e idéias, em um momento inicial, mas decisivo para o meu trabalho de Mestrado.

Aos demais professores da Área de Engenharia de Produção, que direta ou indiretamente colaboraram com a minha formação acadêmica e com este trabalho.

Aos funcionários da Área de Engenharia de Produção, pelo atendimento a todas as solicitações técnicas e administrativas.

Às empresas construtoras, pela atenção prestada durante as visitas técnicas e pela contribuição no trabalho.

Ao Grupo de Pesquisa em Engenharia de Produção Civil - GPEPC, pelas contribuições que surgiram nas atividades em grupo, pelo companheirismo, pela troca de idéias e convivência agradável.

Aos amigos da Engenharia de Produção, pela amizade, pelo apoio e sugestões em diversas situações durante o trabalho.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP, por promover o desenvolvimento desta pesquisa, através do seu apoio financeiro, principalmente, no que se refere à participação em eventos científicos como apresentadora de trabalho. E agradeço as sugestões feitas pela Assessoria Científica, com relação aos relatórios científicos apresentados.

Minha eterna gratidão

Aos meus pais Mário e Katsuko, pela dedicação, compreensão e amor incondicional em todos os momentos da minha vida, cuidando para que meus passos não se desviassem, sempre me incentivando em momentos difíceis.

Ao meu querido esposo Lucas, pelo apoio, pela compreensão e pelos momentos de conforto e carinho.

Ao meu filho adorado Matheus, pelo amor e pela paciência em me esperar.

À D. Rosa, pela compreensão e por toda a atenção prestada nas minhas ausências.

Às minhas irmãs Alessandra e Cinthia pelo apoio e amizade.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	I
LISTA DE QUADROS.....	IV
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	V
RESUMO.....	VII
ABSTRACT.....	VIII
CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO.....	1
1.1. APRESENTAÇÃO.....	1
1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA OBJETO DA PESQUISA	7
1.3. OBJETIVO DA PESQUISA	9
1.4. JUSTIFICATIVA DA PESQUISA	9
1.5. METODOLOGIA DA PESQUISA	11
1.6. ESTRUTURA DO TRABALHO	12
CAPÍTULO 2: O PROCESSO DE PRODUÇÃO NO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	14
2.1. SISTEMAS DE PRODUÇÃO	14
2.2. PROJETOS PARA O DESENVOLVIMENTO DA PRODUÇÃO	16
2.2.1. <i>Sistemas de Administração de Produção e Projeto da Produção.....</i>	<i>16</i>
2.2.2. <i>O Processo de Planejamento na Empresa e na Produção.....</i>	<i>29</i>
2.3. A GERÊNCIA DE PROJETOS E AS PRIORIDADES COMPETITIVAS	35
CAPÍTULO 3: A PROGRAMAÇÃO DE PROJETOS.....	40
3.1. PLANEJAMENTO E PROGRAMAÇÃO DE PROJETOS	40
3.2. MÉTODOS DE PROGRAMAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL	42
3.3. SEQUENCIAMENTO E PROGRAMAÇÃO.....	45

3.4. MÉTODOS HEURÍSTICOS NA PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO	46
3.5. O PROBLEMA DE PROGRAMAÇÃO DE PROJETOS COM RESTRIÇÃO DE RECURSOS.....	50
3.6. MÉTODOS HEURÍSTICOS PARA PROGRAMAÇÃO MULTI-PROJETOS COM RESTRIÇÃO DE RECURSOS.....	53
CAPÍTULO 4: TRABALHO DE CAMPO.....	56
4.1. LEVANTAMENTO DE EMPRESAS EM SÃO CARLOS E REGIÃO.....	56
4.2. TRABALHO DE CAMPO: SEIS EMPRESAS.....	57
CAPÍTULO 5: MÉTODO DE PROGRAMAÇÃO PROPOSTO	67
5.1. CARACTERIZAÇÃO GERAL DO PROBLEMA PARA DEFINIÇÃO DO MÉTODO	67
5.2. O MÉTODO PROPOSTO PARA PROGRAMAÇÃO DE PROJETOS.....	70
5.2.1. Metodologia de Programação Conjunta	70
5.2.2. Controle dos Projetos e Acréscimo de Eventuais Novos Projetos	73
CAPÍTULO 6: EXEMPLOS DE PROJETOS PARA A PROGRAMAÇÃO CONJUNTA	75
6.1. SIMULAÇÃO DA PROGRAMAÇÃO DE PROJETOS	75
6.2. APLICAÇÃO DA REGRA DE PRIORIDADE MWKR ÀS ATIVIDADES COM O OBJETIVO DE MINIMIZAR A DURAÇÃO TOTAL DA PROGRAMAÇÃO	110
CAPÍTULO 7: CONCLUSÕES.....	135
7.1. UMA PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO ENTRE MÉTODO DE PROGRAMAÇÃO DE PROJETOS E INTERESSES GERENCIAIS	135
7.2. ANÁLISE DO MÉTODO HEURÍSTICO PROPOSTO PARA PROGRAMAÇÃO MULTI-PROJETOS.....	136
7.3. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	138
7.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	139
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	141
ANEXOS.....	152
ANEXO 1:	153
ANEXO 2:	156
ANEXO 3:	158

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: SAP-C e os critérios competitivos. Adaptada de (GUERRINI, 1997)	19
Figura 2: A articulação entre as ações de gestão envolvendo o processo de projeto na construção de edifícios. (MELHADO, 1997)	23
Figura 3: Articulação entre Projeto da Produção, Projeto do Produto e Projeto para Produção. (FABRICIO & MELHADO, 1998)	24
Figura 4: Evolução do modelo <i>lean</i> de gestão da produção. (TÉCHNE, 1998).....	33
Figura 5: Visão geral da gerência do tempo do projeto para as atividades. Fonte: PMBOK - PMI MG.....	36
Figura 6: Visão geral da gerência do tempo do projeto para o cronograma. Fonte: PMBOK - PMI MG.....	37
Figura 7: Ligação entre estratégias competitivas e as prioridades competitivas da manufatura. PIRES (1995) apud SANTOS & PIRES (1998).....	39
Figura 8: Rede A-O-N do Projeto 1	68
Figura 9: Rede A-O-N do Projeto 2.....	68
Figura 10: Ilustração do Passo 2 (um exemplo de projeto utilizando dois tipos de recursos escassos).....	72
Figura 11: Gráfico de Gantt do Projeto 1 sem consideração de restrição de recursos.....	77
Figura 12: Gráfico de Recursos do Projeto 1	80
Figura 13: Gráfico de Gantt da programação final do Projeto 1	81
Figura 14: Gráfico de Gantt da rede-conjunta, após inserir o Projeto 2 no software	82
Figura 15: Diagrama A-O-N da rede-conjunta formada por Projeto 1 e Projeto 2 ...	83
Figura 16: Gráfico do recurso R1 da rede-conjunta formada por Projeto 1 e Projeto 2.....	84

Figura 17: Gráfico do recurso R2 da rede-conjunta formada por Projeto 1 e Projeto 2.....	85
Figura 18: Gráfico de Gantt da rede-conjunta gerado pela programação final do Projeto 2.....	86
Figura 19: Diagrama A-O-N da rede-conjunta do Projeto 1 e Projeto 2, definida pela programação completa do Projeto 2	87
Figura 20: Gráfico do recurso R1 da programação multi-projetos final, para os dois projetos.....	88
Figura 21: Gráfico do recurso R2 da programação multi-projetos final, para os dois projetos.....	89
Figura 22: Ilustração do procedimento de corte	91
Figura 23: Gráfico de Gantt para acompanhamento e controle dos projetos	92
Figura 24: Gráfico de Gantt do Projeto 3 sem consideração de restrição de recursos.....	95
Figura 25:Gráfico de Gantt da rede-conjunta, após inserir o Projeto 1 no software .	96
Figura 26: Diagrama A-O-N da rede-conjunta formada por Projeto 3 e Projeto 1 ...	97
Figura 27: Gráfico de Recursos da rede-conjunta formada por Projeto 3 e Projeto 1	98
Figura 28: Gráfico de Gantt da rede-conjunta gerado pela programação final do Projeto 1.....	99
Figura 29: Diagrama A-O-N da rede-conjunta do Projeto 3 e Projeto 1, definida pela programação completa do Projeto 1	100
Figura 30: Gráfico de Recursos da programação conjunta, envolvendo Projeto 3 e Projeto 1	101
Figura 31: Gráfico de Gantt da rede-conjunta, após inserir o Projeto 2 no software	102
Figura 32: Diagrama A-O-N da rede-conjunta formada pelos três projetos	103
Figura 33: Criação de uma relação de precedência entre A3 e D2.....	104
Figura 34: Criação de uma relação de precedência entre F1 e D2	105
Figura 35: Criação de uma relação de precedência entre F3 e E2.....	106
Figura 36: Gráfico do Recurso R1 da programação conjunta final, para os três projetos	107

Figura 37: Gráfico do recurso R2 da programação conjunta final, para os três projetos	108
Figura 38: Diagrama A-O-N da rede-conjunta, a partir da programação conjunta final, envolvendo os três projetos.....	109
Figura 39: Gráfico de Gantt do Projeto 1 sem consideração de restrição de recursos.....	112
Figura 40: Gráfico do recurso R1 do Projeto 1.....	113
Figura 41: Gráfico do recurso R2 do Projeto 1.....	114
Figura 42: Diagrama A-O-N do Projeto 1 com a nova relação de precedência entre C1 e D1	115
Figura 43: Criação de uma relação de precedência entre E1 e F1	116
Figura 44: Criação de uma relação de precedência entre (M1 e I1) e entre (L1 e M1) - Programação final do Projeto 1	117
Figura 45: Gráfico do recurso R1 referente a programação final do Projeto 1	118
Figura 46: Gráfico do recurso R2 referente a programação final do Projeto 1	119
Figura 47: Gráfico de Gantt da rede-conjunta, após inserir o Projeto 2	122
Figura 48: Diagrama A-O-N da rede-conjunta, após inserir o Projeto 2	123
Figura 49: Gráfico do recurso R1 da rede-conjunta.....	124
Figura 50: Gráfico do recurso R2 da rede-conjunta.....	125
Figura 51: Gráfico do recurso R3 da rede-conjunta.....	126
Figura 52: Criação de uma relação de precedência entre D2 e D1.....	127
Figura 53: Criação de uma relação de precedência entre I2 e J1.....	128
Figura 54: Criação de uma relação de precedência entre H2 e F2	129
Figura 55: Criação de uma relação de precedência entre L2 e N1	130
Figura 56: Gráfico de Gantt da rede-conjunta gerado pela programação multi-projetos final	131
Figura 57: Gráfico do recurso R1 gerado pela programação multi-projetos final....	132
Figura 58: Gráfico do recurso R2 gerado pela programação multi-projetos final....	133
Figura 59: Gráfico do recurso R3 gerado pela programação multi-projetos final....	134

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Atividades gerenciais suportadas pelos SAP. (CORREA & GIANESI, 1996)	17
Quadro 2 - Etapas do Projeto da Produção segundo MARTUCCI (1990) apud (FABRICIO, 1996).....	25
Quadro 3 - Processo de Planejamento. (BELCHIOR, 1978)	30
Quadro 4 - Regras de Prioridades para atividades e modos de execução. (BOCTOR, 1993).....	51
Quadro 5 - Resultado da verificação dos procedimentos de planejamento e programação adotados nas empresas construtoras entrevistadas.....	64
Quadro 6 - Critérios gerenciais adotados pelas empresas entrevistadas relacionados ao critério competitivo Prazos.....	66
Quadro 7 - Duração das atividades cortadas	90
Quadro 8 - Valores de MWKR e LPT	111

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
A-O-A	Activity-on-arc
A-O-N	Activity-on-node
CPM	Critical Path Method
CYCLONE	Cyclic Operations Network System
FL	Folga Livre
FT	Folga Total
GERT	Graphical Evaluation and Review Technique
GPEPC	Grupo de Pesquisa em Engenharia de Produção Civil
ISO	International Organization for Standardization
JOH	Job Oriented Heuristics (Heurísticas orientadas por tarefas)
LOB	Line of Balance
LPT	Longest Processing Time
MRP II	Manufacturing Resources Planning (Planejamento dos Recursos de Manufatura)
MWKR	Most Work Remaining
NORIE	Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação
PAT	Projeção de Atraso da Obra
PBQP - H	Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade no Habitat
PCP	Planejamento e Controle da Produção
PDI	Primeira Data de Início
PDT	Primeira Data de Término
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento

PERT	Program Evaluation and Review Technique
PIB	Produto Interno Bruto
PPC	Percentual de Programação Concluída
QUALIHAB	Programa da Qualidade na Habitação Popular do Estado de São Paulo
QUALIPRO	Sistema de Acompanhamento da Qualidade e da Produtividade na Construção
RCPSP	Resource - Constrained Project Scheduling Problem (Problema de Programação de Projetos com Restrição de Recursos)
SAP	Sistema de Administração de Produção
SindusCon - SP	Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo
UDI	Última Data de Início
UDT	Última Data de Término
WBS	Work Breakdown Structure

RESUMO

SANTOS, M. T. S. (2001). *O Projeto da Produção e a Programação Multi-projetos integrados a um Sistema de Administração de Produção para a Construção Civil*. São Carlos. 165p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

O processo de produção, no ambiente da Construção Civil, é abordado segundo certos princípios gerenciais que absorvem conceitos vindos da Engenharia de Produção. Para obter a Qualidade na produção, pelo critério competitivo que envolve Prazos e Confiabilidade de Entrega, é fundamental a integração entre o Projeto do Produto e a produção através do Projeto da Produção. O processo de planejamento, no contexto do Projeto da Produção, requer o uso de ferramentas de suporte à tomada de decisão, fazendo da programação uma etapa essencial para o ganho de consistência deste processo decisório. A pesquisa trata da programação de projetos com limitação de recursos, utilizando um método heurístico baseado em regras de prioridades, a fim de encontrar uma boa solução para o problema de programação de forma simples e satisfatória. O método utiliza como ferramenta de apoio o software *Microsoft Project* para manipular os projetos com mais agilidade e flexibilidade, considerando as regras de prioridades que são usadas a depender dos critérios gerenciais adotados pelas empresas. O método é baseado na classe de procedimentos heurísticos: *Job Oriented Heuristic Scheduling*, já que o grau de prioridade dos projetos orienta o desenvolvimento da programação conjunta, denominada Programação Multi-projetos.

Palavras-chave: Programação Multi-projetos; métodos heurísticos; Construção Civil.

ABSTRACT

SANTOS, M. T. S. (2001). *The Production Design and the Multi-project Scheduling integrated with a Production Management System for Civil Construction*. São Carlos. 165p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

The production process in the Civil Construction environment is approached according to some management principles that reinforce concepts from Production Engineering. To obtain Quality in production through the competitive criterion, which comprehends fast delivery time and on-time delivery, it is fundamental the integration between Product Design and production through Production Design. The planning process requires the use of procedures to support the decision-making process concerning global production systems in construction companies. Thus scheduling would be an essential stage for the acquisition of decision consistence. This dissertation deals with the resource-constrained Project Scheduling Problem using a heuristic method based on priority rules. Heuristic procedures are used to obtain a good solution to the problem in a practical and satisfactory way. The method uses *Microsoft Project* as a supporting tool to deal with the projects with more agility and flexibility. The priority rules are based on management criteria adopted by the companies. The method is based on the category of heuristic procedures known as *Job Oriented Heuristic Scheduling*, since the project priority degrees orient the steps of the multi-project scheduling.

Keywords: Multi-project Scheduling; heuristic methods; Civil Construction.

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

1.1. APRESENTAÇÃO

A globalização financeira e tecnológica, o processo de reestruturação industrial e a abertura de mercados refletiram em mudanças estratégicas e organizacionais nas empresas. Surgem novas concepções de sistemas de produção para países desenvolvidos e em desenvolvimento.

Houve um investimento crescente em conhecimento e o grande número de alianças tecnológicas realizadas nas duas últimas décadas refletem as atuais estratégias tecnológicas das empresas, países e blocos. "A adoção de *estratégias globais de pesquisa* através da implantação de unidades de P&D (Pesquisa e Desenvolvimento) em diferentes países, estabelecimentos de *networks* para inovação, e mesmo, os grandes programas de pesquisa transnacionais cooperativos desenvolvidos, sobretudo, pela União Européia e Japão, entre outros, são elementos considerados como constituintes do processo de tecno-globalismo." (LASTRES et al., 1998).

Com a mudança de estratégia das empresas transnacionais e abertura do mercado local para a importação, de 1990 a 1994, as empresas locais adotaram dentro do processo de globalização foco no núcleo de seus negócios e racionalização das atividades (estratégias defensivas e feitas em isolamento). Depois de 1994, as empresas locais mudam as estratégias de defensivas isoladas para pró-ativas integrativas, tornando efetiva as suas integrações no sistema global da produção. Empresas transnacionais desenvolvem novas formas de organização da produção adotando estratégia de integração de operações em escala mundial e as empresas nacionais buscam estratégias para seu reposicionamento no circuito internacional de produção e negociação. (FLEURY, 1999).

Neste cenário, a competitividade e a maior exigência dos clientes provocaram grandes mudanças nos conceitos de administração e maior complexidade no processo decisório das empresas, necessitando de ferramentas computacionais para dar suporte ao seu processo de tomada de decisão.

Conforme BISPO & CAZARINI (1999), no começo do século XX, os critérios para a tomada de decisão eram centrados no executivo principal que julgava o que era melhor para a empresa. Consideravam-se os trabalhadores membros passivos, sem preparo e sem capacitação para atuarem nas decisões da empresa. A década 60 foi precursora de grandes mudanças em todas as áreas. Com a divisão do processo decisório da empresa, criam-se vários níveis de decisão que estão relacionados com os níveis gerenciais. Ficou provado que os sentimentos, atitudes e os valores do homem afetam o processo de produção. As decisões passaram a ser centralizadas no cumprimento de metas.

URIS (1989) apud BISPO & CAZARINI (1999), descreve que o processo de tomada de decisão constitui na análise e identificação da situação, no desenvolvimento, na comparação de alternativas, na classificação dos riscos de cada alternativa, na escolha da melhor alternativa, na execução da alternativa escolhida e na comparação e avaliação dos resultados com as previsões anteriores.

O setor de planejamento da produção das empresas precisa de ferramentas de suporte a este processo decisório, fazendo da programação uma etapa essencial para o ganho de consistência destas decisões.

[A Construção Civil é um setor industrial de grande potencial no cenário político e econômico brasileiro. Diante da configuração atual do mercado e na busca pela melhoria da qualidade no setor, é dada maior importância à adoção de princípios gerenciais, considerando os conceitos de administração e de engenharia de produção conectados às etapas do processo de gerenciamento de obras.] A indústria da Construção, caracterizada por um grande conjunto de atividades encadeadas no seu processo produtivo, tem forte impacto no desenvolvimento do país, por sua capacidade de geração de empregos e sua participação de 14,8% do PIB (1996), quando se considera a cadeia completa do *Construbusiness*, que engloba Bens de Capital, Materiais de Construção, Edificações e Construção Pesada e Serviços Diversos (atividades imobiliárias, serviços técnicos da construção e atividades de

manutenção de imóveis). (CONSTRUBUSINESS, 1999).

Conforme CORREA & GIANESI (1996), o ganho de competitividade é determinado por critérios que envolvem custos, qualidade, flexibilidade e prazos (velocidade de entrega e confiabilidade de entrega). O mercado tem valorizado bastante a rapidez de entrega e as empresas vêm buscando atender a essa exigência através de uma melhor compreensão das vantagens externas da redução dos tempos de entrega e as vantagens internas da redução dos tempos. Tempo é valor e o uso adequado dele beneficia o cliente, assim prazos curtos mostram-se como um dos principais critérios competitivos do mercado.

A confiabilidade de entrega traz vantagens externas, pois o cliente reconhece facilmente essa fonte de diferenciação, e também, traz vantagens internas, pois sugere um aumento da confiabilidade do sistema produtivo. O planejamento, a programação e o controle da produção orientam os sistemas de administração de produção, elaborando planos e programas que objetivam cumprir os prazos internos de produção e conseqüentemente os prazos externos, prometidos ao cliente.

CHRISTOPHER (1997) trata do gerenciamento estratégico dos prazos e associa prazos longos aos custos adicionais incorridos a um cliente e à resposta lenta para as necessidades do cliente.

Conforme FABRICIO (1999), a Gestão da Qualidade é uma filosofia/estratégia empresarial e “com a evolução da filosofia da qualidade, tem-se valorizado, crescentemente, o papel de todos os envolvidos na cadeia produtiva numa estratégia - *Group Wide Quality Control* - que vincula a satisfação do cliente (interno e externo) às contribuições parciais dos vários participantes engajados (...). Assim, pode-se colocar a satisfação dos clientes e, portanto, a qualidade como atreladas aos resultados globais alcançados no planejamento, projetos, produção, comercialização e assistência técnica dos produtos.”

* [Discussões a respeito da qualidade no setor da Construção Civil tornam-se crescentes em empresas construtoras e incorporadoras que buscam a Certificação da Qualidade. Uma das formas de desenvolvimento de sistemas da qualidade é baseada no atendimento aos requisitos exigidos pelas normas da série ISO 9000 (*International Organization for Standardization*).]

* [Tais discussões devem englobar todo o processo produtivo que vai do projeto

à entrega do produto, estendendo para o atendimento à necessidade do cliente de forma a satisfazê-lo em relação ao produto oferecido. Na implantação de Sistemas da Qualidade, é de importância fundamental a integração entre o Projeto do Produto e a produção através do Projeto da Produção que tem a função de conectá-los, a fim de ajustar os procedimentos e estratégias gerais de produção, conforme as tecnologias e cada tipo de processo construtivo, ao projeto do produto. O planejamento e a programação da produção, etapas do Projeto da Produção, tornam-se essenciais ao sistema de informação que suporta o processo decisório da gerência de projetos, permitindo tratar da qualidade não só do produto final ou do Projeto do Produto, mas também dos procedimentos gerenciais e técnicos de produção.

Ações referentes à Qualidade e Produtividade são exemplificadas através do QUALIHAB - Programa da Qualidade na Habitação Popular do Estado de São Paulo, do QUALIPRO - Sistema de Acompanhamento da Qualidade e da Produtividade na Construção/Manual de Apropriação (1998) pelo Clube da Qualidade na Construção do Estado do Rio de Janeiro, e dos trabalhos na área de perdas na Construção Civil, desenvolvidos pelo NORIE (Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação) do Estado do Rio Grande do Sul. Em nível nacional, cita-se o PBQP-H (Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade no Habitat). Cita-se também um Programa da Qualidade oferecido pelo Sinduscon-SP, envolvendo não só conceitos de qualidade, administração e educação nas empresas, mas também a padronização de processos, o gerenciamento e os procedimentos de execução, entre outros.

[A preocupação das empresas construtoras com a Qualidade na produção e Prazos, em um ambiente cada vez mais competitivo, implica em adoção de procedimentos de Planejamento e Programação que gerem informações para atender à necessidade da empresa e seus empreendimentos, permitindo soluções com eficiência e eficácia. A programação da produção resulta em racionalização de tempo e de recursos, permitindo que se atinja os objetivos de promover fluxo contínuo de atividades nas obras e de otimização da alocação de equipes de trabalho e equipamentos durante o processo.]

Segundo CHIAVENATO (1990), partindo dos objetivos da empresa, o Planejamento e Controle da Produção (PCP) “planeja e programa a produção e as

*
também envolver a
programação no contexto
da produção.

operações da empresa, bem como as controla adequadamente, para tirar o melhor proveito possível em termos de eficiência e eficácia.” O PCP atua sobre os meios de produção para aumentar a eficiência, que significa utilizar adequadamente os recursos empresariais através de métodos, normas, procedimentos e programas; e cuida para que os objetivos de produção sejam plenamente alcançados para aumentar a eficácia, existindo a preocupação com os resultados (ênfase nos fins).

Os projetos devem ser entendidos como orientadores para o processo de gerenciamento, agregando eficiência e qualidade ao produto e à produção, especificando os meios estratégicos, físicos e tecnológicos necessários para a produção. As empresas devem implantar mecanismos baseados em métodos, técnicas e procedimentos que garantam melhores resultados no processo de projeto e de produção, reduzindo as incertezas e o nível de risco, e buscando o incremento de desempenho. A melhoria da condição gerencial das empresas depende do nível técnico e da qualidade de seu sistema de planejamento, programação e controle da produção.

As empresas passaram a dar mais ênfase a algumas atividades com as quais, anteriormente, pouco se preocupavam: ao planejamento e controle da execução e à programação do andamento da obra juntamente com o planejamento de materiais, equipamentos e mão-de-obra (SABBATINI, 1998).

Na literatura, existem várias pesquisas voltadas para o desenvolvimento e aplicação de técnicas e métodos de programação de obras, conforme a característica do problema: tipo de obra, restrições de recursos, trajetória da obra, tipos de atividades, recursos monetários, projeto único ou análise simultânea de vários projetos.

Também existe um amplo campo de pesquisas que trata do Planejamento, Programação e Controle, em um processo de desenvolvimento e de transferência de inovações gerenciais. A aplicação de conceitos, de princípios e de técnicas da Engenharia de Produção na Construção Civil estrutura diversos estudos voltados para a gerência da produção, como por exemplo, as pesquisas que trazem os princípios da Produção Enxuta (*Lean Production*) para o setor da Construção Civil, denominando essa abordagem como Construção Enxuta (*Lean Construction*). KOSKELA (1992) apud CONTADOR et al. (1997) considera simultaneamente os seguintes aspectos da

produção segundo o modelo da *Lean Construction*: “conversão - caracterizado pelo processamento de insumos com o objetivo de se alcançar o produto final esperado; fluxos - definidos pela logística de insumos e informações durante a execução do empreendimento; valor agregado - caracterizado pelo esforço sistemático em agregar valor ao produto entregue, sem que isso implique o aumento do respectivo custo de produção”.

Em HIROTA et al. (2000), vários estudos têm sido desenvolvidos contemplando os conceitos da Produção Enxuta na gestão de processos na Construção Civil, porém a complexidade do processo de implementação desta inovação não é entendida pela gerência. A prática gerencial não sofreu evolução significativa. Os processos de produção devem ser abordados de forma sistêmica, necessitando de mudanças nos processos de tomada de decisão e de resolução de problemas, ou seja, mudanças de atitudes gerenciais relativas à produção.

A introdução de procedimentos baseados na *lean production* na Construção Civil é favorecida quando as empresas trabalham com sistemas da qualidade. Um dos aspectos prioritários da *lean construction* está na melhoria dos processos de planejamento, programação e controle de obras, proporcionando otimização da produção no canteiro, estabilidade e previsibilidade dos processos de produção e redução de prazos. Segundo REIS & ANDERY (2000), “os sistemas da qualidade auxiliaram as empresas a alcançarem a melhoria da qualidade de seus produtos e processos, pois através da exigência da documentação de procedimentos, criaram uma disciplina interna de trabalho que, de certa forma, facilitou o gerenciamento e a administração das obras”. Os autores citados apresentaram a estrutura de um sistema da qualidade que se apóia basicamente em quatro pontos: “planejamento do desenvolvimento do produto, com base nos requisitos do cliente; alocação de recursos para a produção; planejamento da produção, considerando as interfaces com fornecedores externos; medição, análise de resultados e melhoria do processo.”

Juntamente com o critério competitivo Prazos, que é o critério tratado durante o presente trabalho, [a Qualidade é citada neste capítulo, uma vez que, atualmente, existe uma preocupação crescente das empresas com a qualidade do produto e a qualidade na produção. Houve a intenção de mostrar a relação que existe entre os critérios competitivos Prazos e Qualidade, no ambiente da produção.] Para se obter

qualidade na produção, o prazo e a confiabilidade de entrega são pontos determinantes, uma vez que caracterizam a eficiência e eficácia do processo de produção da empresa e são percebidos e considerados pelo cliente.

1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA OBJETO DA PESQUISA

A gestão da produção na construção civil tem sido objeto de estudo recente na Escola de Engenharia de São Carlos - USP, o que resultou em março de 1996, na formação de um grupo de engenheiros civis integrado à Engenharia de Produção da EESC - USP, para desenvolver pesquisas integradas a um Sistema de Administração de Produção para empresas de Construção Civil. Considerando as mudanças paradigmáticas no setor, o Grupo de Pesquisa em Engenharia de Produção Civil (GPEPC) da EESC - USP busca ampliar os conhecimentos sobre as ferramentas de administração e gerência que são suportes na decisão de mudanças no processo produtivo.

* [Considerando-se pertinente a integração de conceitos e técnicas da Engenharia de Produção ao ambiente da Construção Civil, a presente pesquisa surgiu da verificação da necessidade de consolidar a etapa de Projeto da Produção e de buscar novas técnicas de planejamento e programação que auxiliem a tomada de decisão na produção.]

Primeiramente, houve a preocupação de conectar o método de programação ao conteúdo do Processo de Projeto e de Produção, tratando o estudo de programação de projetos de forma não-isolada, para uma maior compreensão do papel da programação no ganho de eficiência na produção.

Um caso particular de programação de projetos ocorre em empresas que trabalham com múltiplos projetos simultaneamente. É necessária uma programação que atenda não somente aos aspectos de melhor aproveitamento de tempos e recursos de uma obra, mas também que seja voltada para os resultados da empresa responsável por seus diversos empreendimentos. A Programação Multi-projetos possibilita trabalhar com a repartição de recursos entre as várias obras da empresa, quando existe a consideração de restrição de recursos.

No cronograma físico são apresentados para cada atividade do projeto, numa

escala de tempo, o seu tempo disponível e suas chances de programação, mas ao considerar o volume de recursos disponível, a programação das atividades é geralmente afetada, levando à ampliação da duração do projeto. Para os casos práticos que envolvem não só um projeto, mas vários projetos com restrição de recursos comuns a eles, não sendo possível manter os prazos de execução dos diversos projetos pelo uso das folgas das atividades conflitantes, a programação conjunta sofrerá ampliação no prazo de execução de um ou mais projetos, sendo que a melhor programação para cada projeto, isoladamente, será aquela em que a ampliação for a menor possível.

Os métodos heurísticos têm sido desenvolvidos para tratar rapidamente problemas complexos que seriam extremamente difíceis senão impossíveis de resolver de outra forma, produzindo boas soluções. WIEST (1967), COOPER (1976), KURTULUS & DAVIS (1982), TSUBAKITANI & DECKRO (1990), BOCTOR (1993), KOLISCH (1995), MORSE & MCINTOSH & WHITEHOUSE (1996) tratam de métodos heurísticos para a resolução do problema de programação de projetos com restrição de recursos, o qual é tido como um problema de grande complexidade.

Diferentes tipos de métodos heurísticos são apresentados na literatura e entre os mais importantes estão as heurísticas baseadas em regras de priorização. Estas regras podem estar associadas às operações (ou atividades do projeto) ou às tarefas (ou projetos). Quando as prioridades são voltadas às tarefas (ou projetos), tem-se a classe de procedimentos heurísticos: *Job Oriented Heuristics* (JOH). A tarefa de mais alta prioridade é programada completamente para depois programar a segunda tarefa da lista de tarefas seqüenciadas, sem desarranjar a primeira, e assim por diante.

[O gerente de projetos precisa de informações que suportem a tomada de decisão, respeitando os critérios gerenciais adotados, interligando aspectos operacionais aos aspectos estratégicos em nível Produção.] Neste contexto, a questão que se coloca é a seguinte: **como desenvolver um método de programação multi-projetos com restrição de recursos que permita sua integração com o ambiente estratégico em nível Produção, considerando os critérios gerenciais, relacionados ao critério competitivo - Prazos de entrega, adotados em empresas de Construção Civil?**

1.3. OBJETIVO DA PESQUISA

A pesquisa tem como objetivo apresentar, no contexto do Projeto da Produção, uma solução para o problema de programação de projetos com limitação de recursos, considerando a análise simultânea dos projetos (obras). O método proposto é baseado na classe de procedimentos heurísticos: Programação orientada por projetos - *Job Oriented Heuristic Scheduling*, uma vez que se considera o grau de prioridade dos projetos para o desenvolvimento da programação conjunta, denominada Programação Multi-projetos.

A Programação Multi-projetos é uma ferramenta de apoio à tomada de decisão no planejamento estratégico das empresas construtoras. Utilizam-se métodos heurísticos para tratar com maior rapidez problemas complexos e encontrar uma boa solução, de forma simples e satisfatória, que possa atender às necessidades reais e imediatas das empresas. Considerou-se importante uma aproximação com a realidade da prática de programação nas empresas construtoras, obtendo-se informações para a elaboração do método de programação e também, para auxiliar na heurística baseada em regras de prioridades, uma vez que estas regras são escolhidas considerando os critérios gerenciais adotados pelas empresas.

1.4. JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

✓ A programação de obras é certamente uma etapa fundamental para a eficiência no planejamento e conseqüentemente no desenvolvimento correto do Projeto da Produção. A preocupação em melhorar as funções de planejamento através da otimização do tempo de execução, da coordenação das atividades, da melhor forma de alocação de recursos, do fluxo contínuo de atividades dentro da obra e da eliminação do que não agrega valor ao produto está cada vez mais evidente nas empresas construtoras e também nas instituições de pesquisas da linha de planejamento e programação da produção.

✓ Existem várias pesquisas sobre métodos de programação buscando uma solução mais interessante através da exploração das características de cada construção (MODER & PHILLIPS, 1970; AHUJA, 1984; ASSUMPÇÃO, 1988; SILVA, 1993; MENDES & HEINECK, 1998), porém o campo ainda é fértil e

pode ser melhor explorado ao buscar-se novas formas de programação de projetos associadas às questões gerenciais da empresa e que sirvam de suporte às decisões que resultam em projetos mais econômicos, garantindo maior produtividade e qualidade.

✓ Na Pesquisa Operacional, encontram-se trabalhos que tratam do problema de programação multi-projetos, de programação de projetos utilizando métodos heurísticos de solução e métodos que buscam a solução ótima do problema modelado. Existem pesquisas que tratam de métodos que se aplicam à programação de um único projeto de cada vez, não estando prevista a análise simultânea de vários projetos. Considera-se importante a análise simultânea de projetos, através de uma programação multi-projetos, integrando aspectos de processo de projeto e planejamento da produção no ambiente da Construção Civil no Brasil.

✓ Para um problema de pequeno porte, a princípio, a solução ótima pode ser encontrada, mas na prática se torna impossível dentro de um tempo viável, especialmente quando se trata da solução de *real-life large-scale problems*. A solução pode ser dada por procedimentos heurísticos que são mais eficientes computacionalmente que os métodos analíticos e podem eventualmente conduzir à solução ótima.

✓ Uma vantagem do método heurístico baseado em regras de prioridades estabelecidas por critérios gerenciais é a de promover uma aproximação dos resultados da programação com os reais interesses da estrutura organizacional de produção.

✓ O método proposto pode ser implantado nas empresas, pois além da sua eficiência computacional, ele é interativo, pois os critérios da gerência de projetos conduzem a programação, através da atribuição de grau de prioridade aos projetos e através das regras de prioridades escolhidas para a ordenação das atividades; e os resultados da programação orientam o planejamento estratégico da produção, interligando aspectos operacionais aos aspectos estratégicos do planejamento em nível Produção. O método é aplicado com o auxílio de software já conhecido no mercado.

✓ Algumas empresas construtoras selecionadas para a realização do trabalho de

campo vinculado a esta pesquisa apresentaram estrutura organizacional de produção que torna interessante e viável a aplicação do método heurístico para multi-projetos, uma vez que seus recursos (equipamentos, máquinas e técnicos especializados) são compartilhados entre seus empreendimentos. Há o interesse de um planejamento que conecte todos os projetos devido aos recursos comuns e limitados e há a preocupação em melhorar o resultado da programação conjunta.

1.5. METODOLOGIA DA PESQUISA

Do ponto de vista da sua natureza, a presente pesquisa é classificada como pesquisa aplicada, uma vez que “objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos.” (SILVA & MENEZES, 2001). Do ponto de vista dos procedimentos técnicos, a pesquisa é baseada em levantamento bibliográfico e trabalho de campo.

A revisão da literatura foi realizada para dar sustentação ao projeto de pesquisa proposto, definindo a fundamentação teórica para tratar o tema e o problema de pesquisa. A revisão da literatura resulta do processo de levantamento e análise do que já foi publicado sobre o tema de pesquisa formando um quadro de referência teórica. Com a delimitação inicial do problema de pesquisa, iniciou-se o processo de produção do conhecimento, envolvendo a necessidade de identificar o que já existe e de sistematizar esses conhecimentos.

Conforme BOTOMÉ (1997), sistematizar conhecimento existente sobre um assunto ou problema, que pode ser objeto de pesquisa, “envolve identificar fontes, selecioná-las de acordo com critérios bem estabelecidos, públicos e relevantes para a natureza do problema em exame, identificar nelas as informações relevantes, retirar dessas fontes e dessas informações o que é necessário e, de forma apropriada, relacionar as informações de diferentes fontes (...)”.

A partir daí, foram apresentadas as justificativas da pesquisa e foi definido o objetivo da pesquisa, a fim de sintetizar o que se pretende alcançar e de apresentar uma possível contribuição do trabalho.

O trabalho de campo teve como objetivo a coleta de dados e informações que caracterizassem a realidade das empresas ao se verificar os procedimentos relacionados com o tema da pesquisa, no ambiente da Construção Civil. Os

instrumentos de coleta de dados e informações utilizados foram: entrevista e questionário.

A etapa de elaboração e simulação do elemento da pesquisa (método de programação de projetos) foi realizada após a definição da metodologia de programação. Recursos computacionais do laboratório de Engenharia de Produção foram utilizados. A etapa de análise dos resultados do trabalho de campo e da simulação deu suporte ao capítulo final que trata da conclusão do trabalho científico (Dissertação).

1.6. ESTRUTURA DO TRABALHO

Após a introdução do trabalho apresentada neste primeiro capítulo, no segundo capítulo é abordado o processo de produção no setor da Construção Civil, apresentando aspectos relacionados aos sistemas de administração de produção e processo de projeto. Considerando o tema da pesquisa, foi destacado o projeto voltado para o desenvolvimento da produção, especificamente para o planejamento e programação da produção.

No terceiro capítulo é abordada a programação de projetos, iniciando o texto com definições e funções do planejamento e programação no processo de produção. Também são apresentados os métodos de programação desenvolvidos para projetos de Construção Civil e por fim, fecha-se o quadro de referência com os métodos heurísticos para solução de problemas de programação de projetos com restrição de recursos.

O quarto capítulo trata do trabalho de campo realizado em seis empresas construtoras em São Carlos e Região. O trabalho foi baseado nas etapas do Projeto da Produção, especificamente no Planejamento e Programação da Produção. A partir dessa investigação, espera-se que o método proposto atenda às reais necessidades do ambiente de programação, considerando os critérios gerenciais e operacionais de produção adotados pela empresa.

O quinto capítulo apresenta a caracterização geral do problema para a definição do método proposto e a metodologia de programação multi-projetos.

O sexto capítulo apresenta um exemplo genérico da programação multi-projetos, através da simulação do método heurístico baseado em regras de

priorização, realizado com o auxílio do software *Microsoft Project* como uma ferramenta de apoio para o desenvolvimento do método. Para ilustração do método utilizando uma regra de prioridade e estabelecido um objetivo, uma segunda simulação foi realizada para a programação conjunta de dois projetos.

No sétimo capítulo são apresentadas as conclusões da pesquisa baseadas na fundamentação teórica apresentada e na verificação e análise dos resultados obtidos no trabalho de campo e na simulação do método.

CAPÍTULO 2: O PROCESSO DE PRODUÇÃO NO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL

➤ 2.1. SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Ao focalizar a produção, CHIAVENATO (1990) apresenta três tipos de Sistemas de Produção:

Produção sob encomenda - produção somente após o recebimento de um pedido ou encomenda dos produtos. Cada produto é único e de grande tamanho e complexidade. O processo produtivo é pouco padronizado. A mão-de-obra utiliza uma variedade de ferramentas e instrumentos. É o caso da produção de geradores e motores de grande porte, produção de navios e aviões, construção civil e industrial.

Produção em lotes - produção de uma quantidade limitada (lote de produção) de um produto a cada vez. Capacidade de produção de bens/serviços genéricos de diferentes características. Em cada lote de produção, as ferramentas devem ser modificadas e arranjadas para atender aos diferentes produtos/serviços. Esse tipo de sistema é utilizado por uma variedade de indústrias: têxteis, cerâmica, motores elétricos.

Produção contínua - produção de um determinado produto, sem mudanças, por um longo período de tempo. As operações são executadas sem interrupção ou mudança e o ritmo de produção é acelerado. É o caso das indústrias fabricantes de automóveis, eletrodomésticos, papel, cimento.

JOHNSON & MONTGOMERY (1974) também apresentam três tipos básicos de sistemas de produção, de acordo com o fluxo de materiais: Sistema de Produção Contínuo, Sistema de Produção Intermitente, Sistema de Grande Projeto.

O Sistema Contínuo envolve a produção em larga escala de produtos padronizados e com pouca diversificação.

O Sistema Intermitente ocorre quando um grande número de produtos deve ser produzido, de maneira que os centros de processamento devem frequentemente mudar conforme o produto (flexibilidade). Esse sistema é dividido em dois tipos, conforme o fluxo das atividades: *Flow Shop* - quando os produtos fabricados em uma célula de manufatura têm a mesma sequência de operações nas máquinas; *Job Shop* - quando os produtos têm diferentes seqüências de operações nas máquinas.

O Sistema de Grande Projeto tem como característica a produção de itens complexos e/ou de grande porte, na maioria dos casos com lotes unitários. Projetos de Construção, atividades de Pesquisa e Desenvolvimento são exemplos desse sistema. Tipicamente, o objetivo é completar o projeto em uma determinada data com menor custo possível, considerando as restrições a partir das relações de precedências tecnológicas entre as atividades e da disponibilidade de recursos.

SLACK et al. (1997) apresentam tipos de processos em manufatura para gerenciar o processo de transformação. Cada tipo de processo implica em uma forma diferente de organizar as operações, considerando as características de volume e variedade. Um dos tipos de processos em manufatura é denominado Processo de Projeto. Esse tipo envolve produtos discretos, sob encomenda e têm como características o baixo volume e alta variedade. Exemplos de Processo de Projeto incluem a maioria das atividades relacionadas à indústria da Construção Civil, produção de filmes, grandes operações de fabricação, entre outros.

KRAJEWSKI & RITZMAN (2000) também apresentam o Processo de Projeto (*Project Process*), caracterizando-o da seguinte forma: sob encomenda, baixo volume, grande escopo de cada projeto e a liberação de recursos significativos depois que um projeto é concluído. Os projetos tendem a ser complexos, grandes e exigem um longo tempo para sua produção. O Processo de Projeto é baseado em uma estratégia de fluxo flexível, com fluxos de trabalho redefinidos para cada novo projeto.

A presente pesquisa, considerando a classificação apresentada por JOHNSON & MONTGOMERY (1974), está inserida no Sistema de Produção do tipo Sistema de Grande Projeto (*Project System*). Assim, o termo “projeto” (*Project*) é considerado como um empreendimento ou uma obra. Os termos “Programação da Produção” e “Programação de Projetos”, tratados no decorrer do trabalho, se associam ao Sistema

de Produção e ao tipo de Sistema de Produção - Sistema de Grande Projeto, respectivamente. Contudo, os termos Projeto da Produção, Projeto para Produção e Projeto do Produto, também usados no trabalho, aproximam-se do termo “*Design*”, ou seja, referem-se à documentação que contém os estudos, as informações, os desenhos e outros elementos necessários, desde a concepção à execução de um produto.

2.2. PROJETOS PARA O DESENVOLVIMENTO DA PRODUÇÃO

2.2.1. Sistemas de Administração de Produção e Projeto da Produção

Os Sistemas de Administração de Produção (SAP) "são sistemas que provêm informações que suportam o gerenciamento eficaz do fluxo de materiais, da utilização de mão-de-obra e de equipamentos, a coordenação das atividades internas com as atividades dos fornecedores e distribuidores e a comunicação/interface com os clientes no que se refere a suas necessidades operacionais." Os SAP têm como objetivos planejar e controlar o processo de manufatura em todos seus níveis. (CORREA & GIANESI, 1996).

A maioria das atividades gerenciais suportadas pelos SAP, destacada no Quadro 1, tem implicações estratégicas e afeta os níveis de desempenho, em termos de custos, qualidade, prazos, confiabilidade e flexibilidade, considerados os cinco principais critérios competitivos de manufatura destacados pelos autores acima citados.

Segundo KAPLAN & NORTON (1997), as empresas desenvolvem estratégias que costumam incorporar medidas relacionadas ao tempo de resposta, à qualidade e ao preço dos processos que envolvem os seus clientes. "O tempo tornou-se uma importante arma competitiva. A capacidade de atender com rapidez e confiabilidade às solicitações dos clientes é quase sempre fundamental para a conquista e retenção de valiosos negócios."

Considerando que a presente pesquisa enfoca a etapa de programação, destaca-se um dos principais e dos mais importantes critérios competitivos dos mercados de hoje, os prazos. A velocidade de fluxo, a partir de um sistema de manufatura ágil e enxuto, sem desperdícios e estoques excessivos e com prazos

curtos são objetivos de empresas que pretendem ganhar competitividade. Tempo é valor, uma vez que tempos curtos economizam custos relevantes para o sistema produtivo. O SAP tem papel decisivo na melhoria do processo produtivo, na redução de níveis de estoque, na redução de tempos de entrega e na utilização eficiente dos recursos produtivos, ajudando na priorização e nas decisões de alocação de recursos para a melhoria contínua de qualidade num processo de produção ágil.

Quadro 1 - Atividades gerenciais suportadas pelos SAP. (CORREA & GIANESI, 1996)

ATIVIDADES GERENCIAIS TÍPICAS	RESULTADO ESPERADO
Planejar as necessidades futuras de capacidade	qualitativa e quantitativamente do processo produtivo garantindo a disponibilidade para atender ao mercado de acordo com as necessidades competitivas da organização
Planejar os materiais comprados	de modo que cheguem no momento e na quantidade certa sem prejudicar o nível pretendido de utilização de recurso
Planejar os níveis apropriados de estoques	de forma a garantir que as incertezas do processo afetem o menos possível o sistema
Programar atividades de produção	de forma que o pessoal e os equipamentos estejam, em cada momento, trabalhando nas tarefas certas e prioritárias
Ser capaz de saber da situação corrente	do pessoal, equipamentos, materiais, das ordens de produção para uma comunicação eficiente entre os agentes do processo produtivo
Ser capaz de reagir eficazmente	em situações inesperadas, possibilitando a reprogramação, rápida e a melhor possível, das atividades
Prover informações a outras funções	a respeito das implicações físicas e financeiras das atividades da manufatura para que haja coerência e integração entre as funções no processo
Ser capaz de prometer prazos	com precisão aos clientes e, depois, cumpri-los

Os Sistemas de Administração de Produção suportam atividades gerenciais de produção que são desenvolvidas no Projeto da Produção, como o planejamento e a programação que afetam o nível de desempenho do sistema de produção com relação aos critérios competitivos acima mencionados.

Os ramos de pesquisa desenvolvidos pelo grupo GPEPC têm como base um Sistema de Administração de Produção voltado para o processo de produção da

Construção Civil. O SAP-C foi estruturado por GUERRINI (1997) e trabalhado posteriormente pelo grupo a fim de representar o seu vínculo com o Projeto da Produção. O SAP-C é baseado no conceito da estrutura do produto do MRPII (Planejamento dos Recursos de Manufatura) com o objetivo de gerar um sistema de informações que permite a determinação dos recursos necessários para a execução das atividades relativas à gestão da produção da organização. O MRPII funciona como um gerador de decisões em nível estratégico, exigindo-se um alto grau de integração entre as áreas funcionais da organização e operação. A Figura 1 ilustra a estrutura do SAP-C.

GUERRINI (1999) propôs um modelo integrado de administração de produção contemplando um SAP para empresas de construção civil, no qual foram considerados as particularidades do setor e os aspectos organizacionais através de uma Arquitetura Organizacional Flexível.

Os projetos são definidores dos produtos e processos gerando um conjunto sistemático de informações que oferece suporte à tomada de decisões que definem o custo, a velocidade de entrega, a confiabilidade de entrega, a flexibilidade e a qualidade. O projeto deve ser orientado segundo as necessidades originadas pelo atendimento à qualidade e otimização dos processos de produção e deve trazer a idéia de simultaneidade entre o projeto do produto e a produção.

Segundo a norma NBR 5670 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), o projeto é uma “definição qualitativa e quantitativa dos atributos técnicos, econômicos e financeiros de um serviço ou obra de engenharia e arquitetura, com base em dados, elementos, informações, estudos, discriminações técnicas, cálculos, desenhos, normas, projeções e disposições especiais”.

POMERANZ (1988) define projeto como *“um conjunto sistemático de informações que serve de base para a tomada de decisões relativas à alocação de um certo montante de recursos.”*

VALERIANO (1998) entende o projeto como um conjunto de ações executadas de forma coordenada por uma organização transitória, ao qual são alocados os insumos necessários para, em um dado prazo, alcançar um objetivo determinado.

1: O PROJETO DO PRODUTO compreende: respeito às características regionais, identificação de sistemas construtivos, racionalização e funcionalidade

2: O PROJETO DA PRODUÇÃO
Planejamento da produção, projeto de canteiro
Projeto de usinas, gerenciamento da produção

Figura 1: SAP-C e os critérios competitivos. Adaptada de (GUERRINI, 1997)

MELHADO (1994) afirma que a qualidade do produto, sob visão puramente tecnológica "depende da qualidade dos materiais e componentes empregados; da qualidade da tecnologia empregada na produção; da qualidade do seu projeto, entendido não apenas como projeto do produto, mas também do processo de produção; do gerenciamento e controle ao longo de todas as etapas." Este último, ainda segundo o autor citado, "dependem de informações e definições claras e adequadas fornecidas pelo projeto, sem as quais não existe a eficácia destes procedimentos de gerenciamento e controle."

A introdução de inovações tecnológicas pode promover ganhos de qualidade e melhorar os resultados em todas as etapas do empreendimento, podendo vir a ocorrer através de um dos caminhos citados por LIMA JR. (1993) que é o de ajustar os procedimentos de produção, através de ações tecnológicas vinculadas ao projeto, materiais, técnicas ou gerenciamento.

Os projetos voltados à produção têm a função de fornecer à empresa e às suas obras informações de conteúdo tecnológico relacionados aos materiais de construção, processo de trabalho, seqüências tecnológicas e trajetória da obra. No processo de construção existem dois tipos de conteúdo distintos, um deles voltado para obras específicas e para a execução de detalhes particulares; e outro voltado para o padrão de obra da empresa através da consolidação de práticas e procedimentos de trabalho e da tecnologia de produção. "Estes dois tipos de conteúdos vão gerar na literatura técnica dois conceitos complementares e relacionados (...) Projeto da Produção, aponta a necessidade das construtoras apropriarem o domínio técnico sobre seus processos através do estabelecimento, para cada tipo de processo construtivo utilizado pela empresa, das estratégias gerais de produção, das normas de procedimento de execução, metas de produtividade e controles a serem observados (...) Projetos para Produção, voltados à definição (em projeto) das seqüências e métodos de execução de determinadas etapas críticas de cada obra" (FABRICIO & MELHADO, 1998).

"Para desenvolver o Projeto para Produção, essa atividade deve começar na etapa de anteprojeto, em que as definições de como construir farão interface com as características de produto trazidas por vários especialistas de projeto, arquitetos e engenheiros. Essas definições serão incorporadas às características do produto,

sendo detalhadas ao final, na mesma fase em que será elaborado o Projeto Executivo. Nessa metodologia, o detalhamento do projeto envolverá, além dos detalhes do "produto", constantes dos projetos executivos, os detalhes de produção, apresentados em documentos de fácil consulta no canteiro de obras, que constituirão os Projetos para Produção.” (MELHADO, 1997)

MELHADO (1994) define o Projeto para Produção como um “conjunto de elementos de projeto para apoio às atividades de produção em obra, considerando as características e recursos próprios da empresa construtora, elaborado simultaneamente ao detalhamento do projeto executivo.” Os produtos finais são definidos a partir de documentos de referência e ambos estão descritos a seguir:

1. Documentos de referência:

- Projeto executivo de arquitetura;
- Projetos executivos de estruturas e fundações, de instalações hidráulicas, de instalações elétricas e de instalações mecânicas; projetos executivos de instalações especiais, quando for o caso;
- Informações geradas por consultores, empresas especializadas em serviços e fabricantes de materiais e componentes e de equipamentos;
- Dados extraídos do banco de tecnologia construtiva da empresa;
- Dados do planejamento econômico-financeiro do empreendimento.

2. Produtos finais:

2.1. Projeto do canteiro de obras:

- Desenho de implantação do canteiro;
- Plantas de locação no canteiro de equipamentos de transporte ou de controle geométrico: localização, posicionamento e montagem, deslocamento no decorrer da obra, ciclo de produção;
- Plantas e cortes transversais e longitudinais das edificações provisórias integrantes do canteiro de obras;
- Especificações técnicas para a execução das edificações provisórias.

2.2. Projeto do processo de produção:

- Disposição e sequência das atividades de obra e frentes de serviço – plantas e cortes;

- Desenhos de detalhes construtivos especiais (de fôrmas, de escoramentos, de juntas em elementos estruturais, de componentes construtivos);
- Especificações técnicas para serviços.

Segundo MELHADO (1997), para se desenvolver uma estratégia competitiva baseada em qualidade e produtividade, que exiba coerência ao longo do tempo, dando assim continuidade às iniciativas de melhor estruturação da empresa com relação à sua atividade produtiva, a gestão do processo de projeto deverá ter um papel bastante significativo. Tais ações de gestão farão interface com as atividades que constituem o processo de produção dos seus empreendimentos, como ilustrado na Figura 2.

Figura 2: A articulação entre as ações de gestão envolvendo o processo de projeto na construção de edifícios. (MELHADO, 1997)

Conforme MARTUCCI (1990), o Projeto da Produção é a etapa onde, através de políticas e estratégias produtivas de desenvolvimento do processo de trabalho e da organização e planejamento da produção, são definidas as atividades produtivas e sua sequência tecnológica de produção bem como sua base técnica.

Ainda segundo o autor acima, o Projeto da Produção tem a função de conectar o Projeto do Produto à produção, possibilitando detectar falhas nos projetos (do produto), principalmente no que diz respeito à racionalização do produto quanto à produção, já a integração do Projeto do Produto e Projetos para Produção une soluções de produto com as alternativas de produção. A Figura 3 ilustra estas

articulações entre projetos.

FABRÍCIO (1996) destaca a importância do Projeto da Produção como “uma etapa do ciclo de produção de edificações fundamental para que as empresas deste segmento consigam ampliar o domínio do processo de trabalho em canteiro, a partir do qual, através de uma política de desenvolvimento contínuo, se possa alcançar patamares de qualidade e produtividade mais elevados.”

Figura 3: Articulação entre Projeto da Produção, Projeto do Produto e Projeto para Produção. (FABRÍCIO & MELHADO, 1998)

As etapas do Projeto da Produção, segundo MARTUCCI (1990), são apresentadas no Quadro 2. Como orientador da produção, o Planejamento da Produção define programas e os controla, tem um caráter dinâmico, trabalhando com informações e diretrizes, definindo políticas e estratégias.

Quadro 2 - Etapas do Projeto da Produção segundo MARTUCCI (1990) apud (FABRICIO, 1996)

Planejamento da Produção ELABORAÇÃO DA POLÍTICA DE PRODUÇÃO; ESTUDO TECNOLÓGICO DO SISTEMA CONSTRUTIVO; DEFINIÇÃO DO FLUXO TECNOLÓGICO; DEFINIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS PROCESSOS DE TRABALHO; DEFINIÇÃO DA TRAJETÓRIA DE OBRA; ELABORAÇÃO DE ORÇAMENTOS.
Projeto de canteiros de obras ESTUDOS DOS CONDICIONANTES FÍSICOS; ESTUDO DA IMPLANTAÇÃO DO CANTEIRO.
Projeto de usinas CARACTERIZAÇÃO DAS USINAS
Gerenciamento da produção OPERACIONALIZAR OS SISTEMAS DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO; OPERACIONALIZAR OS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO; OPERACIONALIZAR OS SISTEMAS DE AVALIAÇÃO E DESEMPENHO; OPERACIONALIZAR OS SISTEMAS DE CONTROLE.

A seguir, conforme MARTUCCI (1990), estão caracterizadas as etapas do Projeto da Produção:

O Planejamento da Produção estabelece uma Política de Produção, faz um Estudo Tecnológico do Sistema Construtivo, define o Fluxo Tecnológico, define os Processos de Trabalho e a Trajetória da Obra, elabora Orçamentos e a Programação de Obras, definindo-se parâmetros para a construção, através da elaboração de cronogramas, redes de precedências, sistemas de controle, sistemas de transportes, sistemas de estocagem, suprimentos e logística.

Na etapa de elaboração da *Política de Produção* são estabelecidos os princípios básicos da organização do trabalho; da política do controle de qualidade, custos, suprimentos; dos medidores de produtividade; de recursos humanos; de salários, etc., que serão introduzidos no processo produtivo e construtivo adotados.

Através do *Estudo Tecnológico do Sistema Construtivo* são analisados e conferidos todos os detalhes produtivos, construtivos e técnicos, fornecidos pelo Projeto do Produto. Verifica-se a compatibilidade de projetos, estudam-se os detalhamentos, verificam-se os memoriais e especificações de técnicas, materiais e

componentes. A análise agora é feita sob a ótica da produção, corrigindo-se eventuais incompatibilidades antes da fase de execução ou produção no canteiro.

O *Fluxo Tecnológico* mostra com qual seqüência técnica, uma obra pode ser executada, analisando-se as características tecnológicas do processo construtivo, no Projeto do Produto. O fluxo pode ser considerado como um instrumento de controle tecnológico dos projetos de produtos. Porém, as empresas de construção elaboram fluxos tecnológicos, em princípio, para se definir a seqüência tecnológica de execução da obra. Definir uma seqüência tecnológica significa definir tarefas prioritárias, atividades que podem ser executadas em paralelo com outras, atividades que devem estar concluídas para que possam ser executadas outras e a determinação do início e término dessas atividades. A representação da seqüência é feita através de técnicas de programação, construindo-se modelos que representem o processo construtivo e avaliem o comportamento da obra, considerando os aspectos: custo, recursos, prazos. A qualidade de informação esta associada à capacidade de modelagem e simulação, e ao uso da informática no processo de programação.

Na etapa de *Processos de Trabalho* se dá a concepção final de todos os processos de trabalho da obra. São elaboradas, para cada etapa de execução, famílias de atividades produtivas definidas em função da seqüência tecnológica. Estas famílias têm sua base em um conjunto de processos de trabalhos. A identificação de um processo de trabalho se dá pelo conhecimento da proporção, tipologia e organização dos recursos envolvidos (força de trabalho, equipamentos e ferramentas, materiais e componentes, etc.).

A *Trajatória da Obra* ou a estratégia de desenvolvimento da obra define a seqüência e a velocidade de execução que se deseja adotar considerando os requisitos dos Contratos de Execução (prazos para entrega, multas por atraso) e baseando-se na disponibilidade de recursos e na ocorrência de fatores externos (ambientais, comportamento de mercado, condição de pagamento, imposição do cliente).

Trajórias diferentes implicam em programações diferentes. Assim, a trajetória da obra não é definida pela programação, mas sim para a programação (ASSUMPÇÃO, 1988).

A *Programação de Obras* é o elemento operacional do Projeto da Produção. Uma programação sistemática de obras contribui para o sistema de informação da

empresa. Considerando a semelhança no porte e características de obras, e tendo apropriado dados e índices reais de produtividade e consumo de recursos, permite-se usá-los a fim de conseguir maior requinte nas soluções e confiabilidade nos resultados, contribuindo na racionalização de tempos e recursos.

Na programação, elaboram-se redes de precedências, cronogramas físicos e da força de trabalho, cronogramas de materiais e componentes, de máquinas e equipamentos, ferramentas e instrumentos, cronogramas financeiros e de compras, sistemas de estocagem, de transporte, de controle e de informações.

A programação estabelece, em função do Fluxo Tecnológico e Trajetória da Obra, as relações operacionais das atividades produtivas, dando condições de interferência no andamento da obra.

A Programação de Obras tem como objetivo: "elaborar, de forma integrada e equilibrada, previsões de comportamento da obra no que diz respeito a custos, prazos e recursos, definindo os procedimentos pelos quais estas previsões podem ser obedecidas." (ASSUMPÇÃO, 1988).

Existem softwares que executam a maioria das tarefas das necessidades operativas da Programação de Obras e especial a elaboração de redes de precedências. Ao operar com recursos e atividades inter-relacionados, estes softwares ampliam consideravelmente a possibilidade de simulações a partir de um modelo único, gerando diferentes programações, buscando a otimização. Porém eles não geram a simulação real, se não forem carregadas com índices reais e confiáveis, nem poderão considerar todos os aspectos e agentes envolvidos no processo. Assim, a programação deve ser tratada pelos engenheiros, considerando-se a realidade produtiva e as disponibilidades de recursos e de estrutura da empresa e envolvidos.

A elaboração de *Orçamentos* procura explicitar de forma detalhada todos os custos que incidirão em cada processo de trabalho. Os orçamentos são importantes para a fixação final dos preços de cada atividade produtiva e do produto final.

Na etapa do Projeto de Canteiro de Obras, destaca-se que a instalação de um canteiro de obra deve se orientar no sentido de ordenar e combinar o programa proposto no planejamento, visando a transformação de materiais e componentes, através da utilização de equipamentos, de máquinas e de ferramentas aliada às

técnicas desenvolvidas. O canteiro de obras é extremamente dinâmico, organizado de acordo com as necessidades produtivas e características tecnológicas.

Ao se pensar o Projeto de Canteiro de Obras, dentro do Projeto da Produção, é necessário estudar todos os condicionantes físicos do espaço a ser ocupado pela obra e tendo em vista as diretrizes e condicionantes do Planejamento da Produção, deve-se realizar também um estudo da implantação do canteiro, criando condições de viabilização concreta de todo o processo construtivo adotado. O estudo da implantação envolve o dimensionamento da população ativa, o dimensionamento e especificação de máquinas, equipamentos, ferramentas e instrumentos, dimensionamento e projeto das redes internas de serviços e instalações de apoio, definição e projeto das usinas, estudo do fluxo de materiais, componentes e força de trabalho, estudo de sistemas de transportes, estudo de sistemas de montagem e desmontagem e instalação de equipamentos e estudo de *lay-outs* que são elaborados no sentido de direcionarem a evolução das estruturas mutáveis do canteiro de obras, dada pelas características do Processo Construtivo e em função das diretrizes dadas pelo Planejamento da Produção.

Segundo CIMINO (1987), combinar e harmonizar as operações que envolvem equipamentos, materiais e mão-de-obra são estratégias e táticas de canteiro e também uma necessidade econômica e organizacional da produção.

O projeto do canteiro de obras é analisado sob três aspectos:

1. Arranjo nas frentes de serviço - contexto global da obra que envolve equipamento, material e mão-de-obra nas diversas frentes de serviço. Ex.: escavação em rocha, lançamento de concreto.
2. Arranjo específico - contexto específico no preparo e processamento de determinados produtos. Ex.: central de concreto, central de dobramento, central de ar comprimido, central de pré-moldados, carpintaria.
3. Arranjo geral do canteiro de obra - contexto global que envolve as frentes de serviço e os setores de produção, resultando num arranjo final do canteiro, buscando a racionalidade e economia.

As usinas são as unidades produtivas “industriais” de um canteiro de obras. O grau de industrialização de um canteiro de obras pode ser medido pela quantidade e

características das usinas que compõem sua estrutura produtiva: quanto maior for o número de usinas com características industriais, maior será o grau de industrialização do canteiro.

Para o Projeto de Usinas, considera-se necessária uma análise detalhada que selecione, sob o ponto de vista técnico, econômico e financeiro, e pelas características de seus produtos e processos de trabalho, quais atividades produtivas poderiam ser destacadas para se transformarem em atividades produtivas executadas em usinas. Desdobram-se as atividades produtivas inicialmente realizadas no canteiro em: atividades de usinas (atividades de produção de fôrmas, de armaduras e do concreto) e atividades que permaneceriam no canteiro (montagem das fôrmas, armações e concretagem).

Gerenciar a produção significa garantir que aconteçam todos os elementos previstos, projetados, planejados e programados, tanto no Projeto do Produto, quanto no Projeto da Produção. O Gerenciamento da Produção tem a função político-administrativa de operacionalizar e controlar todos os sistemas técnicos e organizacionais da Produção, bem como garantir que o Produto seja construído, dentro dos princípios estabelecidos ao ser projetado. Por exemplo, operacionalizar Sistemas de Administração da Produção é se basear em uma estrutura administrativa, na qual são montadas, operacionalizadas e controladas rotinas de trabalho que dinamizam as interfaces, globais e específicas, entre as ações propostas pelo Projeto do Produto e os instrumentos operativos de produção, tais como o Planejamento e a Programação.

2.2.2. O Processo de Planejamento na Empresa e na Produção

O planejamento é um processo dinâmico de suporte à tomada de decisões mais adequadas e racionais, permitindo a previsão e avaliação de cursos de ação alternativos e futuros e a otimização do uso dos recursos de produção. O processo de planejamento compreende, segundo BELCHIOR (1978):

Quadro 3 - Processo de Planejamento. (BELCHIOR, 1978)

Definição e equacionamento preliminar do problema
Elaboração das diretrizes básicas do planejamento
Definição dos objetivos
Coleta preliminar de dados
Levantamentos e pesquisas
Estabelecimento de projeções e previsões
Análise dos dados e apresentação de alternativas
Formulação das propostas
Integração de planos parciais, desdobramento em planos derivados ou replanejamento
Apresentação da decisão

O planejamento no nível empresarial (microeconômico) ainda conforme o autor acima citado, tem como objetivos o aumento da rentabilidade, minimização dos custos, melhoria da qualidade, aumento da participação no mercado, otimização de desempenho, aumento da produção e produtividade e atendimento ao interesse social.

Segundo ASSUMPÇÃO (1996), as empresas devem definir políticas de atuação e suas implementações para a garantia de sua competitividade e perenidade, sendo que para o estabelecimento destas políticas, para a definição dos objetivos e para a eficiência do processo produtivo é necessário o apoio que pode ser dado a essas empresas por seus sistemas de planejamento que "devem ser estruturados para a busca do melhor desempenho no confronto com o mercado e o setor econômico..., para dar suporte às decisões tomadas no ambiente interno da empresa, em seus níveis operacionais, que afetam diretamente a eficiência em custos de produção".

Ainda conforme o autor acima citado, tem-se que os sistemas de planejamento geram informações que respondem por "necessidade de recursos financeiros, rentabilidade, prazos de execução, necessidades de insumos de produção e outras que, embora devam representar uma coerência intrínseca, deverão também atender às condições de resultado do empreendimento e dos diversos empreendimentos da empresa".

Existem, classicamente, três níveis de tomada de decisão (estratégico, tático e operacional) que direcionados para o setor da construção podem ser apresentados em três hierarquias: na empresa, no empreendimento e na produção. Nestas hierarquias caracterizam-se sistemas de decisões que compreendidos permitem distinguir as informações que lhes dão suporte e assim poder propor um sistema de planejamento. (ASSUMPÇÃO, 1996).

As decisões de caráter estratégico/tático na hierarquia da produção, conforme o autor acima, são tomadas pensando na definição dos meios e procedimentos para a execução do empreendimento e que envolvem definições sobre as datas das principais etapas da obra, definições de seqüência e trajetória de execução e estratégias para o suprimento de mão-de-obra para a produção, de materiais e de equipamentos especiais. Muitas informações que alimentarão este nível são geradas pela programação de obras que permite a formulação de previsões de tempos de execução, custos e recursos e conseqüentemente, permite a racionalização do processo da produção.

Segundo SLACK et al. (1997), o planejamento e controle têm o propósito de garantir que a produção ocorra eficazmente e produza produtos e serviços como deve, o que requer recursos produtivos disponíveis na *quantidade* adequada, no *momento* adequado e no nível de *qualidade* adequado. As atividades de planejamento realizadas através de um conjunto de sistemas, procedimentos e métodos de decisão são dirigidas à conciliação da capacidade de fornecimento com a demanda, conectam recursos capazes de fornecer bens e serviços para a demanda. Essa conciliação, em termos de volume e tempo, pode ser garantida desempenhando-se as atividades de Carregamento - determinação do volume com o qual uma operação produtiva pode lidar; Seqüência - ordenação de tarefas com a determinação da prioridade de tarefas a serem desempenhadas; e Programação - ordenação das tarefas, em uma base de tempo.

PICCHI & AGOPYAN (1993) destacam a necessidade do planejamento, colocando que "a realização de cada serviço deve ser precedida da redação de um procedimento de execução, que descreve em detalhes como o serviço será feito e de uma programação de serviço, onde é feita a verificação de todos os recursos e providências necessários ao bom andamento do serviço. Estas rotinas podem trazer

grandes resultados em termos de serem evitadas interrupções, incompatibilidades e atrasos, porém encontram grande resistência da cultura do setor, que não prioriza o uso de planejamento e de registros escritos."

O modelo *Lean Construction*, como uma aplicação dos princípios da *Lean Production* na Construção Civil, permite uma gestão voltada para a redução de prazos e de custos e para a redução do desperdício e das perdas, orientada para as necessidades do cliente e preocupada em melhorar a eficiência das atividades geradoras de valor. Em TÉCHNE (1998), segundo Eng. Antônio S. I. Conte da *Lean Construction Institute* do Brasil, a *lean construction* se baseia em planejamento e tem como proposta "obter um fluxo contínuo de atividades dentro da obra (...), atingir as metas convivendo com as incertezas; por isso, mais importante que planejar é ser ágil para replanejar". Aplica-se a *lean construction* na melhoria dos projetos (*lean design*), na gestão de suprimentos baseando-se na filosofia *just in time* (*lean supply*) e para melhorar as funções de planejamento, programação e acompanhamento de obras. Essas funções podem ser apoiadas pela técnica de programação CPM (*Critical Path Method*) que se torna base para a formulação do Plano Diário e o *look ahead*, ambas ferramentas para controle de obra com relação à produção e aos fornecedores, definindo-se materiais, equipamentos e recursos humanos para cada serviço em um determinado período. A avaliação do Plano Diário fornece, por exemplo, um indicador de percentual – PPC, obtido da relação entre o número de tarefas concluídas e o número total de tarefas planejadas. Com os dados do PPC, constrói-se um gráfico indicando a evolução da obra, consolidando o modelo "*lean*" ilustrado na Figura 4, e realimenta-se o CPM na etapa de reprogramação. "A união da cadeia da *lean construction*, *lean design* e *lean supply* se fecha no *lean enterprise*".

Figura 4: Evolução do modelo *lean* de gestão da produção. (TÉCHNE, 1998)

A gestão dos fluxos de informação; os modelos de planejamento, de programação e de gerenciamento de obras (projeto, logística, suprimentos e produção); o conhecimento (*knowledge*), considerando a introdução de mudanças em organizações e capacitação profissional através da aprendizagem; a documentação de informações e dados através de mapa de acompanhamento, lista de verificação, registro de imagens, planilhas e diagramas de processo; e a retroalimentação vinda de clientes internos e externos através dos mecanismos de *feedback* caracterizam os estágios de evolução para definição de um modelo *lean* de gestão da produção. Esse modelo de gestão permite organizar o sistema de produção, mapear perdas e desperdícios e também, permite a melhoria de desempenho.

Modelos de planejamento e modelos de programação que consideram a necessidade de gerenciar os fluxos de montagem, trabalho, materiais e informações, tornam-se estratégias importantes para a melhoria de desempenho. Esses modelos resultam da aplicação dos princípios da *lean construction* no Planejamento e Controle da Produção. “A aplicação desta filosofia na construção acarretou no surgimento de uma teoria voltada para a maximização do desempenho de sistemas de produção”. (HOWELL, 1999 apud BERNARDES & FORMOSO, 2000).

A Aprendizagem Organizacional é um exemplo de termo amplamente disseminado como abordagem para a introdução de mudanças nas organizações ou

como instrumentos de competitividade. A literatura aponta que a Aprendizagem na Ação (*Action Learning*) é um método adequado para a promoção de mudanças através do desenvolvimento gerencial. Para a aplicação dos princípios da *lean construction*, existem pesquisas que tratam da Aprendizagem na Ação, como em HIROTA et al. (2000).

Conforme FORMOSO et al. (1996), o conceito de perdas na Construção Civil engloba tanto a ocorrência de desperdício de materiais quanto qualquer ineficiência relativa ao uso de equipamentos, mão-de-obra e execução de tarefas desnecessárias que geram custos adicionais e não agregam valor. Os autores identificaram nove categorias de perdas partindo-se do conceito das sete perdas de SHINGO (1981). As nove categorias são as perdas: por superprodução, por substituição (de material), por espera, por transporte, no procedimento (na própria natureza das atividades do processo ou na execução), nos estoques, no movimento, pela elaboração de produtos defeituosos e outras (roubo, vandalismo, acidentes). O NORIE desenvolveu um método de intervenção para a redução de perdas e de tempos improdutivos em canteiro de obras, através da formulação da estratégia de produção, do diagnóstico do canteiro, da elaboração e implantação de um plano de ação e do diagnóstico pós-intervenção. A realização dos diagnósticos envolve a coleta de indicadores de qualidade e produtividade.

Foi tratado, em OLIVEIRA, ALVES & FORMOSO (2000), o princípio da transparência no contexto da nova filosofia de produção para a Construção Civil e sua relação com a melhoria do processo de Planejamento e Controle da Produção (PCP) e dos processos físicos de produção, considerando que “a idéia de tornar o PCP um processo transparente vai além da transmissão de informações (...). Exige principalmente comprometimento da gerência e dos funcionários na discussão de uma proposta consistente de compartilhamento, tanto de informações quanto de poder”. Os autores apresentam ferramentas (de diagnóstico e de monitoramento) que possibilitam a identificação de problemas que estejam ocorrendo no processo e a redução de atividades que não agregam valor. As ferramentas de monitoramento são os indicadores de percentual de programação concluída (PPC - utilizado em nível operacional, portanto para o planejamento de curto prazo gerando informações para o pessoal diretamente ligado ao desempenho do PCP e da produção: subempreiteiros,

gerente de obras e mestre-de-obras) e projeção de atraso da obra (PAT - gera informações para a alta gerência que avalia os resultados dentro de um ciclo de revisão de planejamento de longo prazo).

A prática do planejamento no setor da Construção Civil, incluindo o planejamento estratégico/tático e operacional para os níveis empresa, empreendimentos e produção, ainda requer mais conhecimento de conceitos, das técnicas, dos modelos de planejamento, de programação e de controle já desenvolvidos. Por outro lado, "o setor carece de propostas que consigam lidar com questões de incerteza, comprometimento, transparência e formalização do processo de planejamento" além da falta de adequação dos modelos de planejamento às condições existentes em empresas de pequeno e médio porte do mercado de edificações. (REICHMANN et al., 1998).

2.3. A GERÊNCIA DE PROJETOS E AS PRIORIDADES COMPETITIVAS

Para o gerenciamento de projetos, a empresa precisa de um modelo que descreva a complexidade do projeto, envolvendo recursos, tempo, custos e objetivos. Alguns fatores são determinantes para o sucesso do projeto: metas claramente definidas; competência da gerência de projetos; adequada alocação de recursos; comunicação eficiente; planejamento, programação e controle eficientes; capacidade de atualização de dados e informações; apropriação de técnicas e tecnologias.

Em SLACK et al. (1997), é apresentado um modelo de gerenciamento de projeto que categoriza as atividades de gerenciamento em cinco estágios: Compreensão do ambiente do projeto, Definição do projeto, Planejamento do projeto, Execução técnica e Controle do projeto. Os projetos podem ser julgados em termos de cinco objetivos de desempenho em gerenciamento de projeto - qualidade, rapidez, confiabilidade, flexibilidade e custo.

Em PMBOK - Project Management Body of Knowledge (2000), a Gerência de Projetos é definida como "a aplicação de conhecimentos, habilidades e técnicas para projetar atividades que visem atingir ou exceder as necessidades e expectativas das partes envolvidas, com relação ao projeto.". São colocadas nove áreas de Conhecimento da Gerência de Projetos: Integração, Escopo, Custo, Qualidade, Recursos Humanos, Comunicações, Riscos, Aquisições e Tempo.

Destaca-se na presente pesquisa a área de conhecimento - Gerência do Tempo do Projeto - que, conforme referência citada acima, descreve os processos necessários para assegurar que o projeto termine dentro do prazo previsto. Os processos principais são: Definição das Atividades, Sequenciamento das Atividades, Estimativa da Duração das Atividades, Desenvolvimento do Cronograma e Controle do Cronograma. A Figura 5 e Figura 6 apresentam uma visão geral da gerência do tempo do projeto com relação às atividades e ao cronograma, respectivamente.

GERÊNCIA DO TEMPO DO PROJETO - ATIVIDADES			
	Entradas	Ferramentas e Técnicas	Saídas
Definição	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estrutura Analítica do Projeto - EAP 2. Declaração do escopo 3. Informações históricas 4. Restrições 5. Premissas 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Decomposição dos elementos do projeto 2. Modelos ou referências para outros projetos 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lista de atividades 2. Detalhes de suporte 3. Atualizações na EAP
Sequenciamento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lista de atividades 2. Descrição do produto 3. Lógica rígida (limitações físicas) 4. Lógica preferencial 5. Dependências Externas 6. Restrições 7. Premissas 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Método do diagrama de precedência (PDM) 2. Método do diagrama de flecha (ADM) 3. Método do diagrama condicional (CDM) 4. Modelos de rede 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diagrama de rede do projeto 2. Atualizações da lista de atividades
Estimativa da Duração	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lista de atividades 2. Restrições 3. Premissas 4. Recursos requeridos 5. Coeficiente de produtividade 6. Informações históricas 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Avaliação especializada 2. Estimativas por analogia 3. Simulações 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estimativas da duração da atividade 2. Bases para a estimativa 3. Atualizações da lista de atividades

Figura 5: Visão geral da gerência do tempo do projeto para as atividades. Fonte: PMBOK - PMI MG

Figura 6: Visão geral da gestão do tempo do projeto para o cronograma. Fonte: PMBOK - PMI MG

NEVES & PANZETER (2000) descrevem uma metodologia de intervenção em canteiro de obras através do planejamento e programação, envolvendo alta gestão, equipe de engenharia e mão-de-obra. A metodologia é descrita conforme a seguinte lista de atividades:

1. Lista sequencial das atividades a serem desenvolvidas
2. Elaboração do cronograma macro de barras
3. Elaboração do fluxograma das atividades
4. Levantamento das quantidades a serem executadas por atividades
5. Pré-dimensionamento dos operários
6. Histograma de massa
7. Pré-dimensionamento dos equipamentos

8. Pré-definição do canteiro de obras
9. Definição do recebimento, transporte e armazenagem
10. Redefinição do cronograma macro de barras preliminar
11. Detalhamento do cronograma diário individual
12. Elaboração dos cronogramas: macro detalhado (diário), entrega de materiais na obra, suprimentos, necessidade de mão-de-obra por categoria, requisição de mão-de-obra por categoria, utilização de equipamentos.

Para o caso de gerenciamento de múltiplos projetos, LEVY & GLOBERSON (1997) afirmam que gerenciar um ambiente multi-projetos não é só uma adição de esforços de gerenciamento requeridos em projetos únicos. Exigem-se perspicácia e ferramentas adicionais para executar em paralelo um número de projetos, usando recursos limitados. Surgem freqüentes conflitos de interesse quando dois ou mais projetos necessitam de um mesmo recurso para um mesmo período. Os autores analisam aspectos cruciais que são responsáveis por problemas que ocorrem na maioria das organizações que lidam com multi-projetos: atrasos de projetos e extrapolações de custos.

A Gerência de Projetos se integra às estratégias empresariais adotadas na gestão de negócios. Dentre estas, o conceito de estratégias de manufatura, segundo SANTOS & PIRES (1998), tem sido continuamente definido a fim de alinhar o desenvolvimento e desdobramento dos recursos de manufatura com os objetivos e estratégias da empresa, fazendo da manufatura uma fonte de vantagem competitiva. O conteúdo da estratégia de manufatura converge para o estabelecimento das prioridades competitivas da manufatura. Os autores acima citados tratam do conceito de prioridade competitiva da administração estratégica da manufatura em empresas. As prioridades competitivas são entendidas como "um conjunto de opções de prioridades que a manufatura tem para competir no mercado durante um certo horizonte de tempo. Atualmente, as prioridades mais utilizadas e citadas mundialmente são quatro: o custo, a qualidade, o desempenho das entregas e a flexibilidade".

As prioridades competitivas também podem ser classificadas como critérios ganhadores de pedidos ou critérios qualificadores dentro de determinados negócios

(HILL, 1993 apud SANTOS & PIRES, 1998). "Critérios ganhadores de pedidos são aqueles que contribuem direta e significativamente para a realização de um negócio, para se fechar um pedido. Por outro lado, os critérios qualificadores são aqueles que qualificam a empresa para a competição, isto é, representam um patamar que a manufatura deve necessariamente atingir para entrar na competição."

Ainda segundo os autores citados, existem uma integração e um alinhamento natural entre duas estratégias competitivas básicas e as quatro prioridades competitivas da manufatura. A Figura 7 ilustra essa ligação e associa o conceito de prioridades competitivas aos critérios competitivos apresentados em CORREA & GIANESI (1996).

Figura 7: Ligação entre estratégias competitivas e as prioridades competitivas da manufatura. PIRES (1995) apud SANTOS & PIRES (1998)

CAPÍTULO 3: A PROGRAMAÇÃO DE PROJETOS

3.1. PLANEJAMENTO E PROGRAMAÇÃO DE PROJETOS

A programação é definida, conforme SILVA (1993), como "instrumento para a racionalização da implantação de um empreendimento, na medida que permite a formulação de previsões ou estimativas de tempos de execução, custos e recursos a serem alocados, além de prover estudos para o seu uso de forma balanceada."

SLACK et al. (1997) afirmam que a atividade de programação é uma complexa etapa do processo de produção, envolvendo diversos tipos diferentes de recursos simultaneamente. Dentre um vasto número de programações, há muitas opções aceitáveis ou possíveis, assim como existem vários roteiros e seqüências para qualquer conjunto de trabalho. Um exemplo é a programação para frente (*Forward scheduling*), que programa tarefas uma por uma, a partir das suas datas de início, em que o objetivo é completar as tarefas tão cedo quanto for possível. A programação para trás (*Backward scheduling*) programa suas tarefas uma por uma, para trás a partir de suas datas limites de término (*due dates*), iniciando o trabalho no último momento possível. Um outro exemplo é o sistema de planejamento e controle com programação *empurrada*, onde as atividades são programadas por meio de um sistema central de planejamento de operações, em que cada centro de trabalho empurra as atividades; já em um sistema de planejamento e controle *puxado*, o passo e as especificações são estabelecidos pela estação do trabalho do consumidor que puxa as atividades da estação de trabalho antecedente (fornecedor), assim, a demanda é transmitida para trás ao longo das etapas.

Segundo ASSUMPÇÃO (1996), no planejamento operacional, as decisões de caráter estratégico/tático na hierarquia da produção englobam as diretrizes de produção, equacionando os meios e os procedimentos utilizados para a execução de

um projeto (obra) e “as principais informações a serem geradas para este nível de decisão são caracterizadas através de:

- Cronograma físico dos principais serviços da obra;
- Indicação de seqüências e dependências entre serviços, permitindo análise sobre o plano de ataque da obra;
- Programa de custeio da produção aberto por serviços;
- Programa de alocação de mão-de-obra de produção aberto por serviços;
- Histogramas do recurso mão-de-obra, na unidade homens-hora permitindo análises sobre nivelamento deste recurso;
- Curvas de agregação de custos ou de insumos de produção – Curva S, que permitem avaliar o desenvolvimento físico da obra."

A Programação, tida como elemento operacional deste planejamento, gera essas informações, estabelecendo expectativas de comportamento para os empreendimentos ou para a empresa, permitindo a definição de diretrizes de ação. Assim, torna-se mais evidente o emprego de métodos de programação para dar suporte ao sistema de informações que conduz o processo de decisão gerencial.

Segundo SILVA (1993), "para que um sistema de programação possa prover as informações desejadas, deverá processar um conjunto de variáveis de entrada, através de um modelo que emule o comportamento do sistema a ser gerenciado, seja ele empreendimento ou empresa". Os modelos podem ser classificados em diversos conjuntos de categorias: Modelos fechados, modelos dedicados ou modelos abertos; Modelos determinísticos e modelos probabilísticos; Modelos voltados para a otimização ou para a análise descritiva; Modelos de solução numérica ou modelos de simulação; Modelos estáticos e modelos dinâmicos.

A estruturação de modelos feita a partir de análises sistêmicas sobre as características operacionais do processo é característica de técnicas de programação abordando análise de operações. A Pesquisa Operacional domina este vasto campo, proporcionando um adequado tratamento matemático na elaboração destes modelos, resultando em procedimentos racionais para o suporte à tomada de decisão baseados nas alternativas de solução apresentadas pelos métodos.

A programação de projetos envolve questões relacionadas ao tempo, ao custo e à alocação de recursos. O problema de alocação de recursos pode ser classificado

em três grupos: o Problema de Nivelamento de Recursos (*Unlimited Resource Leveling*), o Problema de Alocação de Recursos Limitados (*Limited Resource Allocation*) e o Problema de Planejamento de Recursos de Longo Alcance (*Long Range Resource Planning*) que é uma generalização do Problema de Alocação de Recursos Limitados. (MODER & PHILLIPS, 1970).

Métodos heurísticos, usualmente entendidos como sendo um algoritmo que não necessariamente converge a uma ótima solução, mas a uma boa solução possível do problema, têm sido o enfoque de inúmeras pesquisas a respeito de alocação de recursos.

3.2. MÉTODOS DE PROGRAMAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Conforme SILVA (1993), os métodos de programação podem ser agrupados segundo a classificação:

Técnicas Auxiliares - instrumentos de apoio à programação que, quando operadas isoladamente, não constituem métodos de programação. A WBS (*Work Breakdown Structure*) é uma técnica baseada na subdivisão de um empreendimento segundo uma estrutura em árvore, começando de seu objetivo final, particionando-o em tarefas. Outra técnica, o Gráfico de Pareto (Curva ABC), é utilizada como forma de ordenar itens que compõem um empreendimento pela sua importância relativa. A técnica de Diagrama de Barras, desenvolvida por Gantt, é uma boa ferramenta de comunicação visual.

Técnicas de Suporte - oriundas da Pesquisa Operacional, estas técnicas dão suporte a determinados métodos de programação empregados em problemas específicos: Programação linear, Teoria da Simulação.

Técnicas de Programação - compostas por modelos baseados em redes lógicas como: *Program Evaluation and Review Technique* (PERT), *Critical Path Method* (CPM) e *Graphical Evaluation and Review Technique* (GERT); por modelos feitos a partir de Análises de Operações como: *Cyclic Operations Network System* (CYCLONE); e pelo método *Line of Balance* (LOB).

Na década de 50, surgiram métodos de programação originalmente desenvolvidos para outros setores produtivos e adaptados para uso na construção civil como o PERT e o CPM, suportados por redes lógicas, definidos como

"abstrações de sistemas reais, representados por um conjunto de eventos e atividades, alocadas a vértices e/ou arestas de modo a representar a seqüência na qual as atividades devem ou podem ocorrer (...) e estabelecidas relações de dependência que efetivamente possam ocorrer, concomitantemente ou seqüencialmente." (SILVA, 1993).

Foi consolidado também na década de 50 o método de programação LOB com sua aplicação voltada para processos industriais e empregado para a programação de atividades repetitivas. Suas características permitiram que o método viesse a ser aplicado em empreendimentos da construção civil, tais como conjuntos residenciais, obras rodoviárias, oleodutos, gasodutos e edificações verticais, combinadas ou não com outras técnicas baseadas em redes lógicas. Ao longo das décadas de 60 e 70, devido às restrições inerentes a estes métodos, além da falta de suporte computacional, eles foram freqüentemente questionados. Neste mesmo período surge um novo método de programação, o GERT, suportado também por redes lógicas, mas que busca suprir algumas restrições apresentadas pelo PERT e pelo CPM. Sua abrangência e flexibilidade sejam no tratamento de tempos, custos e atividades de natureza probabilística ou nas simulações de condições de suporte e de alternativas de cursos de ação, trazem consigo o preço da complexidade. Na década de 70, com o aprimoramento da análise de operações na construção civil, surgiu o método CYCLONE que aborda alguns dos problemas do gerenciamento de empreendimentos da construção civil, em particular, no canteiro de obras, como a aplicação e uso dos recursos disponíveis e o tratamento de atividades constituídas por operações cíclicas. Atualmente os métodos de programação são empregados de forma integrada com técnicas de apoio, como a Programação Linear e Não-Linear, além do suporte de simulações probabilísticas. (SILVA, 1993).

Estudos recentes abrangem os campos de Inteligência Artificial e Sistemas Especialistas. Existem aplicações de redes neurais artificiais no gerenciamento de construções como em MENDES, Jr. (1997). Os sistemas especialistas têm sido propostos para o planejamento de obras tratando os aspectos: representação do edifício, geração das atividades, determinação das dependências entre atividades, alocação de recursos nas atividades, programação das atividades e programação automática de construções. Vários sistemas especialistas já foram apresentados para

o domínio específico do conhecimento em programação de obras como em OLIVEIRA (1994) e THABET & BELIVEAU (1997) apud MENDES Jr. & VACA (1998) que apresentaram um sistema especialista para a programação de construção de edifícios de múltiplos pavimentos usando os conceitos de LOB e a metodologia orientada a objetos para representar o produto edifício e seu planejamento. Esta programação é simplificada pela técnica LOB que "faz uso da repetitividade das atividades ao longo do projeto, no caso de edifícios, ao longo dos pavimentos (...). O seu uso permite a simulação de várias alternativas de estratégia de obra e ritmos de produção dos diversos serviços."

MENDES Jr. & HEINECK (1998) justificam a aplicação da técnica LOB "pela relativa facilidade na organização das atividades ao longo da programação da obra, pela simplicidade (...) e pela facilidade de se obter informações adicionais da programação tais como as necessidades de recursos materiais e humanos. As técnicas mais conhecidas, como PERT/CPM são de difícil aplicação, devido ao excessivo número de tarefas e pavimentos, de difícil compreensão e visualização pelo pessoal técnico do canteiro e de trabalhosa realimentação." Por outro lado apresenta dificuldades quando há necessidade de gerar informações mais detalhadas para os níveis de produção, resultando a sua utilização com maior frequência para o planejamento estratégico (ASSUMPÇÃO & FUGAZZA, 1998).

Os modelos baseados em redes de precedência, especificamente o CPM, são propostos combinados ou não com as Linhas de Balanceamento (RUSSEL & WONG, 1993; SUHAIL & NEALE, 1994) apud ASSUMPÇÃO & FUGAZZA (1998). Estes métodos não são explorados devidamente para o planejamento da produção e são pouco aplicados pelas empresas de construção. Os últimos autores citados propuseram um sistema utilizando redes de precedência, que opera por meio de aplicativos abertos facilitando a sua implementação e adaptação à cultura das empresas.

Problemas mais complexos de programação, que envolvem alocação de recursos podem ser tratados por métodos heurísticos, uma vez que os métodos de rede, originalmente, não tratam com eficiência esta classe de problema e métodos de solução analíticos ou exatos aplicam-se somente a projetos de menor escala e geralmente não se aplicam a situações reais. ICHIHARA (1998) desenvolveu um

método heurístico de solução para o Problema de Programação de Projetos com Restrição de Recursos, segundo uma filosofia orientada aos recursos monetários e de mão-de-obra, para projetos de edifícios de múltiplos pavimentos-tipo.

3.3. SEQUENCIAMENTO E PROGRAMAÇÃO

Conforme BAKER (1974), a essência dos problemas de programação gera decisões de alocação e decisões de sequenciamento. Os elementos vitais em um modelo de programação são os recursos e as tarefas. Na literatura, os recursos são tipicamente caracterizados em termos de suas capacidades qualitativas e quantitativas, para que o modelo descreva o tipo e a quantidade de cada recurso. Uma tarefa individual é descrita em termos de requisição de recursos, sua duração, o tempo no qual ela deve ser iniciada e o tempo de término. As tarefas também são descritas em termos das restrições tecnológicas (restrições de precedências) que existem entre elas. A teoria da programação inclui uma variedade de técnicas proveitosa na solução de problemas de programação. O campo de programação abrange o desenvolvimento, aplicação e a avaliação de procedimentos combinatoriais, técnicas de simulação, métodos de análise de redes e abordagens de solução heurística. A seleção de uma técnica apropriada depende da complexidade do problema, da natureza do modelo, da escolha de um critério, entre outros.

Os problemas de sequenciamento referem-se à ordenação de tarefas em uma certa máquina. Uma mudança na ordenação das tarefas refletirá no resultado da programação. Um exemplo de critério de ordenação de tarefas, recomendado em vários estudos sobre sequenciamento, é o SPT (*Shortest Processing Time*), em que as tarefas com menor tempo de processamento são ordenadas primeiro.

Para classificar os principais modelos de programação é necessário caracterizar a configuração dos recursos e o comportamento das tarefas. Por exemplo, um modelo pode envolver um tipo de recurso ou vários tipos de recursos. Se o modelo envolve um tipo de recurso, as tarefas podem ser tratadas em um único estágio (*single-stage*), enquanto que modelos de múltiplos recursos usualmente envolvem tarefas em *multistage*. Também, modelos ou problemas podem ser classificados como estáticos, quando o conjunto de tarefas a serem executadas é determinado; ou como dinâmicos, quando as tarefas chegam na oficina

intermitentemente, em datas que podem ser previstas somente com bases estatísticas. Os métodos para a solução de um problema estático são classificados em métodos exatos e métodos heurísticos. A Teoria dos processos estocásticos, filas e sistemas de filas, e a Simulação são exemplos de métodos para a solução de problemas dinâmicos.

MOCCELLIN (1994) afirma que um problema de programação pode ser determinado por quatro tipos de informações: as tarefas (*jobs*) e respectivas operações (*operations*) a serem executadas, o número e tipo de máquinas disponíveis (recursos), as regras que disciplinam como as designações “operação-máquina” podem ser feitas e o critério a ser utilizado para avaliar as alternativas de programação.

A classificação de problemas de programação tem sua notação definida por quatro parâmetros: A/B/C/D. “A”, no problema dinâmico, identifica a distribuição de probabilidades dos tempos entre chegadas sucessivas e, no problema estático, determina o número de tarefas. “B” descreve o número de máquinas na oficina, “C” descreve o padrão de fluxo entre as máquinas (*flow-shop*, *job-shop*) e “D” descreve o critério através do qual as alternativas de programação serão avaliadas (Medida de Desempenho).

3.4. MÉTODOS HEURÍSTICOS NA PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO

Segundo FRENCH (1982), os problemas de programação da produção têm suas bases na realidade, surgindo da necessidade de processar tarefas que devem ser sequenciadas conforme critérios adotados pela produção e pela gerência. Modelos que representem esse processo de produção devem ser usados, e sabe-se que, da experiência e da teoria, o custo de processamento depende crucialmente da escolha deste modelo. Não encontrando o melhor modelo para o problema, cuja solução ótima deve ser encontrada dentro de um razoável tempo, conhecimentos e experiências devem ser usados para encontrar um modelo do qual pode ser esperada uma boa solução. Os procedimentos heurísticos sugerem justamente isto. Há necessidade de bons métodos heurísticos para lidar com problemas reais de grande porte.

Conforme SILVA (1993), os métodos heurísticos estão baseados "em um

conjunto de regras formais de decisão, as quais são deduzidas logicamente a partir de suposições consideradas razoáveis (...). Existem diversos critérios para a formulação destas regras de decisão, onde o elemento básico é a ordem na qual as atividades devem ser programadas."

Em BAKER (1974), o algoritmo geral do problema *Job-shop* foi adaptado para obtenção de uma solução heurística baseada em regras de prioridade para situações de conflito de processamento em uma dada máquina. O procedimento heurístico deve gerar uma única programação para resolver o conflito, especificando uma regra de prioridade para a seleção de uma operação dentre as operações conflitantes. Para uma dada regra de prioridade, no algoritmo, inicialmente, o conjunto S de operações candidatas a serem programadas recebe todas as primeiras operações de todas as tarefas (sem precedentes); calcula-se o valor da data mais cedo de início das operações (E_v) pertencentes ao conjunto S . Determina-se a menor data entre os (E_v), denotando por E^* . Programam-se as operações pertencentes a S com $E_v = E^*$ cujas máquinas têm uma única designação. As operações pertencentes a S com $E_v = E^*$, não programadas, devem ser agrupadas de acordo com a máquina a ser utilizada, formando os conjuntos de operações conflitantes. Para cada conjunto, são calculados os índices de prioridades de acordo com a regra de prioridade adotada. Para cada conjunto de operações conflitantes, coloca-se na Programação Parcial PS_t , onde PS_t = programação parcial na qual estão já programadas t operações, a operação com melhor índice de prioridade, programando-a o mais cedo possível.

Regras de prioridades usuais são adotadas para calcular o Índice de Prioridade das operações conflitantes, tais como:

- SPT (*Shortest Processing Time*): seleciona a atividade com o menor tempo de processamento.
- LPT (*Longest Processing Time*): seleciona a atividade com o maior tempo de processamento.
- FCFS (*First Come First Served*): seleciona a atividade que entrou em primeiro lugar no conjunto de atividades candidatas a serem programadas num dado estágio.
- MWKR (*Most Work Remaining*): seleciona a atividade associada ao projeto que tem mais trabalho remanescente a ser processado.

- MOPNR (*Most Operations Remaining*): seleciona a atividade que tem o maior número de atividades sucessoras.
- LWKR (*Least Work Remaining*): seleciona a atividade associada ao projeto que tem a menor quantidade de trabalho remanescente a ser processado.
- RANDOM: seleciona a atividade de maneira aleatória.

A programação de projetos com limitação de recursos é caracterizada como um problema de natureza combinatorial e de grande magnitude, sendo uma generalização do problema *Job-shop*. Métodos heurísticos de solução para esta classe de problema de alocação de recursos, conforme vasta literatura apresentada em ICHIHARA (1998), envolvem seis diferentes tipos: Heurísticas de programação baseadas em regras de priorização, Procedimentos *branch and bound* truncados, Heurísticas baseadas em programação inteira, Conceito de arco disjuntivo, Técnicas de busca local (ex.: *Simulated Annealing*, *Tabu Search*) e os Algoritmos Evolucionários (ex.: Algoritmos Genéticos).

Um dos possíveis métodos heurísticos baseados em regras de priorização é conhecido por Programação Orientada por Operações (*Operation Oriented Scheduling*). Neste caso, as decisões de programação para cada recurso são tomadas a partir da seleção da próxima operação da fila de operações que estão à espera de processamento, quando tal recurso torna-se desocupado ou disponível. Prioridades são designadas às operações na fila e são usadas para selecionar a próxima operação a ser processada a partir de um conjunto de operações candidatas.

Quando a programação em um determinado ambiente envolve projetos, as operações podem ser tratadas como atividades e as tarefas como projetos, sendo que uma tarefa é composta por um número de operações com precedências tecnológicas e, portanto, um projeto é formado por um número de atividades, apresentando também relações de precedências tecnológicas.

Como exemplo, pode-se citar o modelo clássico SPAR-1 (*Scheduling Program for Allocating Resources*) de WUEST (1967), similar ao procedimento básico de programação heurística, no qual foi adotado o procedimento de classificar as atividades (operações) para a programação em cada período na ordem de suas folgas totais. O modelo efetua a iteração, período por período, no qual a alocação de

recursos é feita em nível normal, máximo ou mínimo e conforme a atividade seja crítica ou não.

HASTINGS & YEH (1990) descrevem um sistema o qual fornece programações possíveis para a produção industrial e que é computacionalmente eficiente para problemas de grande escala. O sistema usa heurísticas orientadas por tarefas (*Job Oriented Heuristics*), no qual todas as operações de uma tarefa são programadas antes da próxima tarefa ser considerada e permite que tarefas individuais tenham diferentes objetivos dentro de uma mesma programação. Uma característica particular no sistema é a criação da *minimum-in-process-time schedules*, que se relaciona exatamente com a filosofia *Just In Time*. Descreve-se a técnica de programação *Job Oriented Heuristics* (JOH) introduzindo características que permitem maior controle específico das tarefas individuais, oferecendo a vantagem de versatilidade na escolha de procedimentos de programação mais apropriados para cada tarefa. Na programação JOH, a primeira fase envolve escolha de tarefas conforme certos critérios (prioridades gerenciais, data de término, data de liberação) e mais adiante a seqüência é ajustada considerando as restrições de precedência tecnológica que surgem quando tarefas de montagem devem ser executadas em uma seqüência fixada. As tarefas são carregadas nos grupos de trabalho uma de cada vez, ou seja, a primeira tarefa é completamente programada para depois a segunda ser programada e assim por diante.

ICHIHARA (2000) apresentou um modelo para a programação de projetos na Construção Civil, adotando como critério de otimização a consideração do valor do dinheiro no tempo, em condições determinísticas. No caso de projetos de construção, o tempo de realização é longo, trabalha-se com elevado número de atividades e complexa utilização de recursos, o que justifica o uso de métodos heurísticos para a solução do problema. O autor baseou-se no conceito de Busca em Vizinhança, cujas heurísticas de busca local são utilizadas para encontrar uma solução razoável nos problemas de otimização combinatorial de grande porte ou para melhorar uma solução que tenha sido gerada por uma outra heurística.

3.5. O PROBLEMA DE PROGRAMAÇÃO DE PROJETOS COM RESTRIÇÃO DE RECURSOS

O Problema da Programação de Projetos com Restrição de Recursos (RCPSP - Resource-Constrained Project Scheduling Problem) faz parte da classe dos problemas combinatoriais, caracterizando-se pelo crescimento fatorial do tempo computacional demandado para considerar todas as possíveis soluções, vinculado ao aumento da dimensão do problema (DAVIS, 1973 apud ICHIHARA (1998)). Como já mencionado, pode-se dividir os métodos de solução utilizados na Otimização Combinatorial em dois grupos: os procedimentos ótimos e os métodos heurísticos. Um tipo importante de método de solução heurística para o RCPSP é a programação baseada em Regras de Prioridade, de fácil utilização, intuitivo, exigindo pouco esforço computacional.

Quanto à caracterização geral do problema, foram destacados em ICHIHARA (1998) os seguintes itens: número de projetos simultâneos, que pode envolver um único projeto (*single-project*) ou pode envolver vários projetos simultaneamente (*multi-project*); natureza das informações do projeto, que por exemplo, podem ser problemas determinísticos (dados do problema determinados com precisão) ou problemas probabilísticos (alguns dos principais dados são variáveis segundo uma dada distribuição de frequência); tipos de ligações entre as atividades; possibilidade de interrupção das atividades; modos de execução das atividades, que pode ser de modo único ou múltiplos modos; tipos de recursos utilizados: renováveis, não-renováveis e duplamente restrito; número de recursos utilizados, que pode ser apenas um único recurso ou múltiplos recursos, número de objetivos, que geralmente nos problemas RCPSP possuem um único objetivo, porém é crescente o número de trabalhos voltados para múltiplos objetivos simultâneos; e os tipos de objetivos possíveis para um RCPSP.

Na programação de projetos, os objetivos propostos mais comuns são citados por BOCTOR (1993): minimizar o tempo de execução do projeto (*Project Completion Time*) como em BRAND et al. (1964), WIEST (1967), PRITSKER et al. (1969), minimizar o custo total do projeto (*Overall Project Cost*) como em PHILLIPS & DESSOUKI (1977) e TALBOT (1982), e maximizar o valor presente do projeto (*Project Present Value*) como em DOERSCH & PATTERSON (1977).

Nesses casos os recursos podem pertencer a uma das três categorias: renovável (*renewable*), quando o recurso é limitado em quantidade, mas renovável de período a período; não-renovável (*non-renewable*), quando a quantia do recurso é consumida e limitada durante a vida do projeto; duplamente restrito (*doubly constrained*), quando ambas as quantias, no total e por período, são limitadas. Quanto à possibilidade de interrupção (*pre-emption*) tem-se que, no caso da não-interrupção (*non-preemptive*), as atividades, uma vez iniciadas, não podem ser interrompidas e para o caso de se permitir uma interrupção, uma atividade pode ser interrompida permitindo a execução de uma outra.

BOCTOR (1993) trata dos problemas de programação de projetos com recursos limitados, sem interrupção das atividades e nos quais cada atividade pode ser executada em um dos vários modos ou caminhos de execução. O objetivo é determinar quando cada atividade deve iniciar e qual modo duração-recurso (caracterizado por uma conhecida duração e por uma necessidade de recursos) deve ser usado para minimizar a duração do projeto observando as relações de precedências e recursos limitados, mas assumidos como renováveis de período a período, cuja solução é dada por heurísticas de programação. O procedimento usado é similar a maioria dos procedimentos heurísticos baseados em regras de prioridades designados para resolver o problema de RCPSP padrão. As principais regras de priorização de atividades e regras de priorização de modos são apresentadas no Quadro 4:

Quadro 4 - Regras de Prioridades para atividades e modos de execução. (BOCTOR, 1993)

Regras de Priorização de Atividades
MIN SLK (Minimum total slack): folga total mínima
MIN LFT (Minimum late finish time): última data de término mínima
MAX NIS (Maximum number of immediate successors): número máximo de atividades sucessoras imediatas
MAX RWK (Maximum remaining work): trabalho remanescente máximo
MAX PTM (Maximum processing time): tempo de processamento máximo
MIN PTM (Minimum processing time): tempo de processamento mínimo
MAX CAN (Maximum number of subsequent candidates): número máximo de atividades candidatas subseqüentes
Regras de Priorização de Modos
SFM (Shortest feasible mode): menor modo viável
LCR (Least criticality ratio or least critical resource): menor recurso crítico
LRP (Least resource proportion): menor proporção de recurso

ICHIHARA (1998) propôs um método heurístico de solução para o Problema de Programação de Projetos com Restrição de Recursos. As atividades inerentes são modeladas por um grafo orientado e pelo Método LOB. O método utilizou como processo de alocação de recursos uma heurística baseada em regras de prioridade; e utilizou como método de busca os Algoritmos Genéticos. Uma das limitações colocadas pelo autor é que o método desenvolvido "aplica-se à programação de um único projeto de cada vez; não está prevista a análise simultânea de vários projetos."

Questões mais específicas, lidando com multi-projetos e multi-recursos, exigem procedimentos formais que tratem a complexa natureza combinatorial desses problemas, o que geralmente impossibilita o objetivo de obter uma solução ótima. Contudo, DAVIS (1968) apud MODER & PHILLIPS (1970) tratou do problema de programação de projetos com múltiplos recursos limitados através de um algoritmo exato.

Um dos primeiros procedimentos voltados para o problema de planejamento de recursos de longo alcance é denominado, conforme MODER & PHILLIPS (1970), de RAMPS – *Resource Allocation and Multiproject Scheduling*. Essa técnica é também baseada na representação por diagrama de flecha de cada projeto, juntamente com três avaliações de carregamento (capacidade) de recurso e correspondente tempo para cada atividade, embora seu desenvolvimento tenha sido totalmente independente do modelo SPAR-1 de Wiest. O modelo RAMPS, diferente do SPAR-1, permite variação no total de homens-hora para os três níveis de carga de recurso: mínimo, normal e máximo e também inclui o custo de interromper uma tarefa uma vez começada. Há duas principais *outputs* do programa: a que dá a programação de tarefas individuais, custos e recursos sintetizados por projetos e a que dá os recursos usados por tipo e período de tempo tratados em nível global dos projetos.

Conforme MOCCELLIN (1989), técnicas como o CPM e o PERT não permitem considerar, simultaneamente, as necessidades e disponibilidades de recursos, porque elas foram baseadas na suposição que todos os recursos necessários para a execução de qualquer atividade estavam disponíveis em quantidade ilimitada. Em situações reais, freqüentemente os recursos disponíveis são limitados e escassos. Por outro lado, pode-se considerar que dependendo das políticas gerenciais, a

disponibilidade de certos tipos de recursos pode ser assumida ilimitada, isto é, se necessário, é possível obter a qualquer momento, qualquer quantidade do recurso. O problema surge quando a demanda de recursos excede os níveis de disponibilidade. Considerando-se as restrições de recursos, é necessária a definição de regras de decisão para o seqüenciamento das atividades conflitantes, o que geralmente leva a uma ampliação ou atraso superior, em relação à duração do caminho crítico original.

O autor acima citado tratou do problema *non-preemptive multi-project scheduling* apresentando um modelo de programação linear inteira mista alternativo (*Mixed Integer Linear Programming Problem*) para projetos com restrição de recursos, buscando-se minimizar a soma ponderada dos atrasos dos projetos, onde os pesos indicam as penalidades por unidade de tempo para tal atraso.

3.6. MÉTODOS HEURÍSTICOS PARA PROGRAMAÇÃO MULTI-PROJETOS COM RESTRIÇÃO DE RECURSOS

Segundo MODER & PHILLIPS (1970), pode-se dizer que quase todos os projetos consistem de vários subprojetos e, portanto, pelo menos na concepção, não há diferenças entre a programação de um projeto único e a programação multi-projetos. Porém, em circunstâncias práticas a programação multi-projetos tem um propósito significativo. Uma circunstância é o uso comum de certos recursos por projetos que são independentes. Neste caso, cada projeto é programado separadamente com exclusão das atividades dependentes com relação aos recursos comuns. Outros casos nos quais a programação multi-projetos é aplicada são aqueles em que dois ou mais projetos são parte de um projeto global, mas que são separados por questões gerenciais ou por falta de capacidade do programa computacional para processá-los como um único projeto.

SILVA (2001) apresentou as diferenças entre o caso de múltiplos projetos e o caso de projetos individuais, listadas a seguir:

- “Múltiplos Projetos: gestão de vários projetos simultâneos, gestão voltada para os recursos, recursos compartilhados transversalmente, os projetos tendem a ser similares entre si, os projetos tendem a ser mais simples, maximização da utilização dos recursos, busca a continuidade do trabalho e os projetos possuem diferentes objetivos.”

- “Projetos Individuais: gestão de um projeto por vez, gestão voltada para o prazo ou o processo, recursos exclusivamente disponibilizados, os projetos tendem a ser diferenciados entre si, os projetos tendem a ser mais complexos, minimização da demanda dos recursos, possui uma carga de trabalho estabelecida e possui em geral um único objetivo.”

Segundo o autor acima citado, “projetos que ocorrem simultaneamente podem ser classificados em função da existência ou não de inter-relações entre suas atividades, assim como pela necessidade de compartilhamento de recursos”: Projeto dependente - as atividades do projeto estão vinculadas às atividades de outros projetos; Projeto independente - não existe atividade do projeto vinculada a atividade de outros projetos; Projeto com recurso compartilhado - um ou mais recursos do projeto também é demandado por outros projetos e Projeto com recursos privados - todos os recursos do projeto estão disponibilizados exclusivamente para sua realização.

Conforme KURTULUS & DAVIS (1982), o problema de programação multi-projetos com restrição de recursos é tido como o mais complexo das várias versões de problemas de programação de projetos e também está entre os mais realísticos. Uma vez que os recursos são tidos como limitados em quantidade, a data de início de um certo número de atividades pode ser atrasada, podendo ocorrer atrasos superiores à duração original do caminho crítico do projeto. Os autores trabalharam no problema da programação de dois ou mais projetos simultaneamente, direcionada à minimização do atraso total dos projetos e apontaram que as regras desenvolvidas para programação de projeto único não são sempre eficientes no ambiente multi-projetos. Foram testadas três conhecidas regras (SOF: Shortest Operation First, MINSLK: Minimum Slack First e FCFS: First Come First Served) com também seis novas regras desenvolvidas na pesquisa dos autores, especialmente para o problema multi-projetos (SASP: Shortest Activity from Shortest Project, LALP: Longest Activity from the Longest Project, MOF: Maximum Operation First, MAXSLK: Maximum Slack First, MINTWK: Minimum Total Work Content, MAXTWK: Maximum Total Work Content).

Um modelo heurístico foi desenvolvido por TSUBAKITANI & DECKRO (1990) para Problemas de Programação Multi-projetos com Restrição de Recursos, a

partir da abordagem de KURTULUS & DAVIS (1982) para selecionar regras de decisão heurística apropriadas. O ambiente da programação é a construção habitacional realizada por uma empresa japonesa, cuja gerência lida com um número de projetos em andamento, muitas vezes com *due-dates* variadas. Para auxiliar no controle dos projetos, uma heurística foi desenvolvida para programar e monitorar até cinquenta projetos (casas) simultaneamente. De acordo com os procedimentos gerenciais e estrutura da empresa, foi selecionada a regra de prioridade ou de decisão (SASP-Shortest Activity from Shortest Project) para escolha da atividade de mais alta prioridade dentre as atividades elegíveis para iniciar na data atual do programa.

BOWERS et al. (1996) afirmam que a principal diferença entre *single-project* e *multi-project* é que no caso multi-projetos, recursos escassos (pessoal e/ou equipamento) devem ser alocados entre os múltiplos projetos. Deste modo, muitas tentativas de programação multi-projetos são baseadas na aplicação de regras de prioridades para *single-project*. Todas as atividades de um projeto apresentam-se em uma ordem escolhida baseada na avaliação para a escolha da regra de prioridades, desde que as restrições de precedência não sejam violadas. As atividades do projeto são, então, programadas na seqüência considerando as necessidades e disponibilidades de recursos.

CAPÍTULO 4: TRABALHO DE CAMPO

4.1. LEVANTAMENTO DE EMPRESAS EM SÃO CARLOS E REGIÃO

A etapa de trabalho de campo se realizou em duas fases: na primeira fase, trabalhou-se em um questionário que atendesse às pesquisas do grupo GPEPC. Assim, esta fase foi realizada em conjunto, já que o objetivo dos integrantes é o mesmo: aplicação de conceitos e métodos da Engenharia de Produção na Construção Civil. Foi feito um levantamento, pelo grupo, das empresas de construção em São Carlos e proximidades. Dentre essas, apenas duas empresas em São Carlos foram entrevistadas respondendo totalmente o questionário. Nas demais empresas, não foi possível a realização do trabalho devido a três motivos: já não se encontravam atuando no setor; não aceitaram participar do trabalho; por desistência da nossa parte pela não disponibilidade, no período determinado para este trabalho, dos entrevistados indicados pela empresa.

Através dos questionários, foi possível analisar as empresas de forma global: aspectos tecnológicos, suprimentos, planejamento, projeto, gestão global e qualidade. Assim, a segunda fase, realizada através da aplicação de um outro questionário mais específico e de entrevistas (estruturados individualmente), foi baseada em todas as informações globais das várias etapas do processo produtivo, evitando uma análise isolada dos resultados obtidos nesta segunda fase.

A lista das empresas, referente ao levantamento feito em São Carlos e proximidades, o *folder* da pesquisa de campo utilizado para contatos e os questionários seguem anexos.

Em apenas uma das empresas que participaram da primeira fase do trabalho de campo houve possibilidade de desenvolver a segunda fase. Considerando a

necessidade de novos contatos, decidiu-se dar prosseguimento ao Trabalho de Campo buscando novas empresas na região. Foi feito contato com cinco empresas de grande relevância que atuavam na região e todas se dispuseram a contribuir com a pesquisa, totalizando seis empresas pesquisadas.

4.2. TRABALHO DE CAMPO: SEIS EMPRESAS

No trabalho de campo buscou-se verificar a prática ou mesmo o conhecimento de planejamento e programação de obras e identificar alguma empresa com características organizacionais de produção que viabilizasse uma programação multi-projetos. Posteriormente, os dados e as informações coletados nas empresas foram utilizados na elaboração e na simulação da programação multi-projetos, representando os interesses e as preocupações das empresas com relação aos prazos e ao problema de alocação de recursos comuns e limitados. Também essas informações e dados ajudaram a relacionar mais adequadamente os critérios gerenciais com as regras de prioridades que são usadas no método de programação.

O Planejamento da Produção, conforme MARTUCCI (1990), compreende etapas altamente integradas entre si: Elaboração da política de produção, Estudo tecnológico do sistema construtivo, Definição do fluxo tecnológico, Definição e caracterização dos processos de trabalho, Definição da trajetória de obra, Elaboração da Programação de obras, Elaboração de Orçamentos. Foi baseado nesta estrutura de Planejamento que se introduziu trabalho nas empresas, preparando o ambiente para uma verificação da etapa de programação de obras.

EMPRESA A - Trata-se de uma empresa sediada no interior de São Paulo, com mais de 20 anos de existência, atuando somente em seu estado, principalmente na construção habitacional e comercialização de imóveis. O número de empregados próprios situa-se na faixa de 51-100 e compreende a Administração, a Direção e 80% da Engenharia. Trabalha com 100% de mão-de-obra subcontratada na produção. Em número de obras em andamento, se localiza na faixa de 5 ou mais.

EMPRESA B - Trata-se de uma empresa cujo escritório central localiza-se fora do estado de São Paulo, com 9 anos de existência, atuando somente no ramo da construção habitacional (predial) para o setor privado. Atualmente, está na faixa de cinco ou mais obras em andamento no interior de São Paulo e fora do estado. O

número de empregados próprios está na faixa de 101-250. O percentual de pessoal subcontratado para trabalhar na obra visitada, em São Carlos – SP, é de 85%. A empresa utiliza algumas ferramentas da qualidade como: Folha de verificação, PDCA, Diagrama de Pareto, Diagrama de Causa e Efeito, folha de Planejamento e 5S. Verificaram-se procedimentos de apropriação de informações com registro da história tecnológica das obras. Registram-se os processos construtivos realizados em busca de uma padronização.

EMPRESA C - Com mais de vinte anos de existência, sediada no interior de São Paulo, essa empresa atua principalmente no ramo de construção industrial/comercial e na construção de obras públicas. O número de obras em andamento encontra-se na faixa de 5 ou mais dentro do estado. O número de empregados próprios encontra-se na faixa de 51-100. O percentual de pessoal subcontratado corresponde a 30%.

EMPRESA D - Trata-se de uma empresa com mais de 11 anos de existência, sediada no interior de São Paulo, atuando principalmente no ramo de construção habitacional. Está com duas obras em andamento. O número de empregados próprios encontra-se na faixa de 11-50, que em termos percentuais representa 15% do pessoal envolvido (12% na produção, 3% na Administração e Engenharia). Registram-se os processos construtivos realizados, em busca de uma padronização.

EMPRESA E - Trata-se de uma empresa com mais de 11 anos de existência, sediada na capital de São Paulo, atuando na construção habitacional predial, construção industrial/comercial, destacando-se sua atuação em construção de hospitais e escolas. O número atual de obras em andamento está na faixa de 5 ou mais e a maioria localizada na capital São Paulo. O número de empregados próprios está compreendido na faixa de 101-250. Considerando a obra realizada pela empresa no interior de São Paulo, um Terminal Rodoviário, tem-se que o percentual de pessoal subcontratado atinge 95% contra os 5% de pessoal próprio. A empresa utiliza algumas ferramentas de qualidade como a Folha de Verificação e o 5S.

EMPRESA F - Atuando no ramo da construção habitacional e construção pesada, essa empresa, com escritório central na capital de São Paulo, tem de 6 a 10 anos de existência. O número de obras em andamento se encontra na faixa de 5 ou mais. Tem grande atuação em obras públicas. O número de empregados próprios está

entre 51 e 100. Para a obra de Retificação de Canalização dos Córregos, tem-se um percentual de pessoal subcontratado de 70%.

Assim, pode-se caracterizar as seis empresas como empresas de Construção Civil de pequeno e médio porte (em função da quantidade de funcionários que possuem), sendo que quatro delas têm mais de onze anos de existência. A maioria atua no ramo de construção habitacional, duas atuam somente neste ramo e as outras atuam também na construção pesada, comercialização de imóveis, construção industrial/comercial. Também se verificou que das seis empresas, cinco delas têm número de obras atuais na faixa de cinco ou mais. As porcentagens de pessoal subcontratado no ambiente da produção variam entre 70% e 100%, e apenas uma empresa possui mais pessoal próprio que subcontratado na produção.

Das seis empresas estudadas, três delas possuem funcionários realizando as atividades do planejamento estratégico/tático na Produção, formando um Departamento de Planejamento que é auxiliado pelas informações e procedimentos de planejamento e programação que partem do canteiro, geralmente sob responsabilidade de engenheiros de obra. O planejamento para o nível de tomada de decisão operacional na Produção vinculado à rotina de canteiro e à liberação de ordens de produção, é mais entendido pelas empresas e é realizado de acordo com o engenheiro de cada obra da empresa. Nas empresas de pequeno porte, o planejamento para o nível operacional é feito sem as informações sobre as metas determinadas no planejamento no nível de decisão estratégico. É difícil estabelecer, mesmo para as empresas melhores estruturadas com relação ao Planejamento, vínculos entre níveis hierárquicos do planejamento.

O sistema de controle (padrões para o estabelecimento de índices de produtividade e critérios para a avaliação de desempenho) e o sistema de informação (logística de informações, apropriação de índices de produtividade e registro tecnológico das obras) ganham importância na política de produção das empresas. São procedimentos apontados no planejamento da produção e são aspectos também considerados pelo modelo da Construção Enxuta com relação à flexibilidade em gerenciar insumos e informações garantindo agilidade nas mudanças que poderão ocorrer no processo de produção. O fluxo de informações eficiente entre níveis: empresa-empreendimento-produção, possibilitando uma comunicação com

transparência, não se verificou nas empresas.

Considerando os itens que constam nas etapas do Planejamento da Produção em MARTUCCI (1990), pode-se indicar que:

- Todas as seis empresas têm bem definida a filosofia da sua estrutura produtiva, adotando princípios básicos da organização do trabalho e política de controle da qualidade, de compras, de custos, de salários, de recursos humanos, definindo a fase de Elaboração da política de produção.
- Nas seis empresas existem diretrizes de projeto e padronização de componentes e detalhes construtivos e Projetos complementares de execução. Foram indicados também pelas seis empresas o Projeto *as built* (controle de modificações durante a execução), registro e atualização do projeto. A maioria adota mecanismos visando garantir a integração entre projetos. O Controle para seleção e avaliação de projetistas é realizado em duas empresas. O Controle de recebimento de projeto e o Controle de revisão de projetos (feito pelo Departamento de planejamento) são realizados por duas empresas, sendo que em outras duas é realizado um dos controles. Este estágio de controle de qualidade de Projeto define a etapa do Estudo tecnológico do Sistema Construtivo.
- A etapa de Definição do fluxo tecnológico mostra com qual sequência técnica, uma obra ou um conjunto de obras, pode ser executada, em função das características tecnológicas do Processo Construtivo adotado no Projeto do Produto. As empresas definem o fluxo da obra sem a preocupação de realizar essa sequência com o auxílio de técnicas de programação, ou métodos que melhorem essa sequência a depender do tipo de empreendimento e considerando o problema de restrição de recursos.
- As empresas têm definido um conjunto de Processos de Trabalho que formam a base para a realização das atividades produtivas. Esses processos envolvem a organização da força de trabalho, os tipos de equipamentos e ferramentas e os materiais e componentes. Formam uma cultura técnica e tecnológica para cada Processo Construtivo adotado com a possibilidade de aderir inovações tecnológicas e técnicas em determinados elementos do processo de trabalho. Duas das empresas acreditam que a absorção dessas inovações é que definem sua produtividade e qualidade na realização das obras e o tempo de execução delas. É suficiente para

essas empresas a minimização de tempo conseguida com essas inovações e não com métodos de programação, por exemplo.

- A etapa de definição da Trajetória de Obra é realizada nas seis empresas fornecendo uma antecipação de opções de seqüência de execução de obra. Trajetórias diferentes levam a programações diferentes. Porém não são feitas simulações para otimização do objetivo. Não existe um sistema de informações que englobe a gerência e o pessoal técnico para a definição do Planejamento estratégico baseado nessa trajetória definidora da programação.

A etapa de Programação de Obras foi investigada através de entrevistas com os engenheiros de obra e diretores técnicos da empresa. Dados e informações cedidos em forma de cronograma físico-financeiro, de diagrama tempo-espço das atividades e de relatórios sugerem o interesse e o nível de conhecimento das empresas sobre programação de obras.

A **Empresa A** compreende parcialmente a importância da Programação de Obras. O engenheiro tem conhecimento das técnicas de programação baseadas em redes, como o PERT e o CPM. Como se trata de uma empresa que não tem mão-de-obra própria, nem ferramentas e máquinas especiais próprias, não existe grande preocupação na programação com estes recursos em termos de dimensionamento de mão-de-obra, otimização do uso de ferramentas, equipamentos e máquinas entre obras. Existe um cronograma físico para o acompanhamento semanal por unidade de casas, com o item que está sendo acompanhado totalmente executado (*radier*, alvenaria térreo, lajes de piso, esquadrias). O gráfico de acompanhamento de execução permite a avaliação de desempenho da produção, existindo a participação do mestre-de-obras no registro do andamento da obra. A verificação de atrasos no cronograma ocorreu pelo fator inicial de falha no planejamento de suprimentos, comprometendo a disponibilidade, em canteiro, de materiais críticos no processo de produção.

No escritório central da **Empresa B**, existe o Departamento de Planejamento responsável por todas as suas obras. Com a definição do orçamento da obra, o mesmo é analisado pelo engenheiro de obra que posteriormente traça o cronograma da obra, definindo as datas de início e término dos serviços (sem utilização de técnicas de programação). É feito, então, um relatório de datas que é enviado ao

Departamento de Planejamento, alimentando um software de planejamento *SIENGE /SOFTPLAN*. Durante a execução da obra, são realizadas reuniões semanais com o engenheiro de obras da empresa e os empreiteiros. Mensalmente, são realizadas medições da obra que irão alimentar o software. Existe a intenção de realização da programação utilizando o *Microsoft Project* e de compreender melhor as vantagens do uso de técnicas de programação, como por exemplo, a técnica PERT/CPM.

Na **EMPRESA C** o percentual de pessoal subcontratado corresponde a 30%. A empresa, então, trabalha com grande percentual de pessoal próprio e que estão quase que na totalidade na produção. O planejamento da produção é influenciado pela tecnologia empregada pela empresa para um determinado projeto (obra) e pela formação de uma equipe de trabalho especializada em operar com os recursos (materiais) alocados para o desenvolvimento de processos construtivos inovadores na área de atuação da empresa. A programação de obras é diferente das anteriores, devido à necessidade de gerar informações que suportam a tomada de decisão em análises simultâneas de obras da empresa. Existe grande preocupação em minimizar o tempo de execução de obras através de novas técnicas e tecnologias de execução e também através de uma programação mais eficiente que otimize o tempo e o uso de recursos comuns entre as obras (humanos, equipamentos, máquinas). A visita técnica refere-se à construção de uma Represa em uma cidade no interior de São Paulo, onde foram verificados procedimentos de controle diário de execução de serviços que compõem o cronograma físico. A empresa realiza reuniões com os responsáveis por cada projeto (vertedouro, barragem), semanalmente, para apresentar o avanço de seus projetos e o desempenho de produção. Eles registram a forma como um serviço está sendo desenvolvido, em termos de movimentação de material e da equipe de trabalho. Também verificam o número de atividades concluídas em relação ao total de atividades programadas. Com relação à utilização de recursos comuns, existe uma preocupação em analisar simultaneamente os cronogramas das várias obras a fim de viabilizar o uso comum do recurso. Esta empresa possui equipamentos e máquinas próprios (rolo compressor, retro-escavadeira, compressores de ar) e pessoal próprio (montador, soldador, técnico de equipamentos especiais, operador de máquinas).

Na **Empresa D**, o engenheiro de obra responsável pela programação não

aplica técnicas de auxílio, nem técnicas de programação em suas obras. Não foi possível obter muitas informações sobre o procedimento de programação realizado e pôde-se concluir que melhorias no Planejamento e Programação não são prioridades na empresa. A programação, com a utilização de técnicas para otimização de uso da mão-de-obra ou de equipamentos, não é necessária, segundo a empresa.

Na **EMPRESA E**, a obra e o seu Departamento de Planejamento definem juntamente a programação da produção. Existe o controle mensal do avanço físico da obra. As perdas com tempos de espera de recebimento de materiais no canteiro mostram a necessidade de Planejamento dos Materiais e de Gestão de Suprimentos. A lista de materiais e de contratações, com definição de prazos mínimos para suas definições, são formas de orientação para o suprimento da obra. Para o engenheiro residente, a programação deve ser realizada para facilitar o controle de execução das atividades seguido de reprogramação. Está começando a utilizar os recursos do software *Microsoft Project*. A empresa já tem o apoio de softwares que realizam o orçamento, o controle de estoques e fornecedores, a contabilidade e finanças. Com relação à obra realizada pela empresa no interior de São Paulo, um Terminal Rodoviário, não existe a preocupação em otimizar o dimensionamento de mão-de-obra. Também, não compartilham recursos entre suas obras para se considerar a programação multi-projetos.

Na **Empresa F**, o gerente de uma de suas obras considera como um importante resultado da programação, a melhor utilização dos recursos envolvidos. Lançado o cronograma físico-financeiro, discriminam-se todas as despesas e faz-se uma previsão financeira inicial. Através de um programa feito pela empresa em planilha da *Microsoft Excel* é feito um acompanhamento do PS - Previsão dos Serviços, do qual tiram-se informações que são levadas à Gerência Superior do escritório central. A Previsão financeira mensal e a Programação financeira semanal são realizadas e enviadas à Gerência Superior. É feito o dimensionamento de equipes de trabalho, os recursos são compartilhados entre obras pesadas, de infra-estrutura, de asfalto. Máquinas e Equipamentos e o Pessoal da Administração são recursos comuns em suas obras e são recursos próprios da empresa. Existe um Departamento ou Central de Máquinas e Equipamentos da empresa para o qual envia-se uma programação, definindo o período de utilização de determinado recurso na obra. A

Central solicita antecipadamente essa programação, que envolve o uso do equipamento ou máquina. A utilização de recursos por projetos (obras) que ocorrem no mesmo período faz com que se pense na prioridade de um projeto sobre outro. Esta empresa procura atender as obras que envolvam maiores recursos monetários, que têm maiores dificuldades de alocação do recurso, seja em termos de disponibilidade, seja em termos financeiros.

O Quadro 5 apresenta o resultado da verificação feita nas empresas com relação ao planejamento e programação da produção.

Quadro 5 - Resultado da verificação dos procedimentos de planejamento e programação adotados nas empresas construtoras entrevistadas

Empresas construtoras em São Carlos e Região	A	B	C	D	E	F
Uso de técnicas de programação			X		X	
Avaliação de desempenho (nível operacional)	X	X	X	X	X	X
Planejamento de recursos			X			X
Otimização de alocação de recursos entre suas obras			X			X
Dimensionamento de equipes			X			X
Revisão de planejamento e programação – Projeção de atraso da obra (nível gerencial)	X	X	X		X	X

Segundo os resultados do trabalho, tem-se que as empresas adotam a maioria dos procedimentos relativos às etapas do Planejamento da Produção, porém tais procedimentos, principalmente com relação à Programação, não têm o suporte da literatura técnica ou científica. As empresas não os realizam utilizando métodos ou técnicas mais apuradas, apenas executam os procedimentos de forma intuitiva, utilizando recursos estatísticos e matemáticos simples, com base nas experiências da gerência e do pessoal técnico e devido às necessidades que surgem. As informações geradas pela programação não são bem aproveitadas para a tomada de decisões na hierarquia Produção, assim não há otimização do processo decisório pela redução de incertezas nos diversos níveis de gestão. As empresas não são conhecedoras das vantagens que o planejamento e a programação de obras trazem no que diz respeito a prazos, custos e qualidade.

Os critérios gerenciais das empresas entrevistadas, de uma forma ampla e

geral, estão relacionados com os cinco critérios competitivos apresentados em CORREA & GIANESI (1996).

Segundo PEREIRA & FONSECA (1997) é necessário estabelecer prioridades, quando existem objetivos e posições antagônicas, carências ou disputas de recursos e de informações.

A ocorrência de atraso na execução de um projeto é sempre desfavorável, geralmente incorrendo em uma penalidade, sendo que um atraso na duração pode ser mais desfavorável para um certo projeto do que para um outro envolvido na programação, o que leva a discutir o grau de importância do atraso de cada projeto.

Segundo SILVA (2001), para o caso de compartilhamento de recursos entre projetos, é importante a definição de critérios para a alocação, movimentação e avaliação desses recursos, podendo se adotar uma das opções apresentadas para a tomada de decisão, que é a do “uso de critérios de prioridade, para a definição de qual projeto empregará em primeiro lugar um recurso compartilhado em situação de sobrecarga”.

Considerações enfocando tempo (prazos) foram apresentadas por algumas das empresas de construção, formando um conjunto de critérios ou normas que condicionam o grau de prioridade de um projeto (empreendimento) sobre outro, ou de uma atividade sobre outra. Tais considerações estão destacadas no Quadro 6.

As preocupações da gerência, dentro do critério – Prazos, estão vinculadas a dois objetivos básicos: prazos de entrega cada vez menores e cada vez mais confiáveis. Quanto aos objetivos vinculados à programação de projetos, destacam-se: minimizar a duração total da programação (*makespan*) de um projeto e minimizar uma possível dilatação na duração dos projetos na programação conjunta quando considerada a utilização de recursos comuns, situação frequente na gerência de multi-projetos.

Quadro 6 - Critérios gerenciais adotados pelas empresas entrevistadas relacionados ao critério competitivo Prazos

Datas fixadas pelo cliente
Prazos de contrato dos projetos
Sequência de chegada dos projetos (<i>First Come First Served</i>)
Volume de recursos monetários associado ao empreendimento
Grau de dificuldade para obtenção de recursos (materiais, equipamentos, máquinas ou mão-de-obra)
Tamanho do Ciclo de vida dos projetos
Tempo de processamento (duração) das atividades
Atividades com maior ou menor quantidade de trabalho remanescente a ser executado
Grau de importância dada aos clientes
Valor de dispêndios financeiros devido ao atraso
Valor das multas por falta de cumprimento do prazo
Disponibilidade de recursos financeiros para financiamento
Capacidade de pagar do público alvo
Rentabilidade

Foram detectadas necessidades que podem ser atendidas por uma programação simultânea de projetos (obras), a Programação multi-projetos com restrição de recursos, em duas empresas (C e F) nas quais foi observada a utilização de recursos comuns, existindo uma preocupação em analisar simultaneamente os cronogramas das várias obras a fim de viabilizar o uso comum do recurso. A empresa C atua em obras de grande porte, obras de infra-estrutura. A maior parte da mão-de-obra é própria, além de possuir outros recursos (máquinas, equipamentos) próprios que são compartilhados entre suas obras. A empresa F atua nas construções pesadas, possui uma central de Máquinas e Equipamentos que precisa atender às suas várias obras. A utilização da programação multi-projetos pode dar suporte ao planejamento de empresas com essas características, tratando as várias obras conjuntamente com a preocupação global de uso de recursos entre elas.

CAPÍTULO 5: MÉTODO DE PROGRAMAÇÃO PROPOSTO

5.1. CARACTERIZAÇÃO GERAL DO PROBLEMA PARA DEFINIÇÃO DO MÉTODO

O método heurístico proposto se aplica ao problema de programação para multi-projetos com restrição de recursos no ambiente da Construção Civil. Conforme o critério gerencial adotado na empresa e as preocupações e metas relacionadas à programação de projetos, baseando-se em informações coletadas em empresas construtoras e também na literatura, são escolhidas regras de decisão ou regras de prioridades que definem o método como: método heurístico baseado em regras de priorização.

O problema, nesta pesquisa, envolve a programação de dois ou mais projetos simultaneamente, de natureza determinística, envolvendo tipos diferentes de recursos e entre esses recursos estão os considerados limitados. Há duas formas de representação de cada projeto: atividade-no-arco (*activity-on-arc: A-O-A*) e atividade-no-nó (*activity-on-node: A-O-N*). Para representar os projetos durante a elaboração do método, foi utilizado o diagrama (rede) atividade-no-nó (A-O-N). São estabelecidas, na rede, Atividades de Controle de Início e de Fim do projeto para cada projeto e também são estabelecidas Atividades de Controle de Início e de Fim na programação conjunta. As Atividades de Controle de Fim têm sempre duração igual a zero e as Atividades de Controle de Início podem ter duração igual a zero ou não, uma vez que elas estão associadas a uma data no calendário para início do projeto. O método usa como ferramenta de apoio o software *Microsoft Project* para manipular os projetos e as saídas com mais agilidade. A seguir, a Figura 8 e a Figura 9 ilustram exemplos de projetos: Projeto 1 e Projeto 2, respectivamente, representados pelas redes A-O-N fornecidas pelo software, sem a consideração de limitação de recursos. O caminho crítico é apresentado pelo software em vermelho.

Figura 8: Rede A-O-N do Projeto 1

Figura 9: Rede A-O-N do Projeto 2

As seguintes hipóteses são consideradas no método proposto:

1. As durações das atividades são determinísticas e as relações de precedência são conhecidas.
2. As ligações entre atividades são do tipo *Finish-to-start*, em que nenhuma atividade pode ser iniciada antes que todas as suas precedentes tenham sido terminadas.
3. Nenhuma data de início ou de término é estabelecida a qualquer atividade do projeto
4. O nível de disponibilidade (número de unidades) de cada tipo de recurso escasso é constante e conhecido, ao longo da programação para um número de projetos.
5. A quantidade e o tipo de recurso escasso necessário para cada atividade são conhecidos e constantes.
6. Cada atividade pode requerer um ou mais tipos de recursos escassos.
7. Os tempos de preparação são considerados desprezíveis ou já incluídos nas durações das atividades.

Ao considerar o volume de recursos escassos disponível, a programação das atividades é geralmente afetada, levando à ampliação da duração do projeto. No caso da programação de dois ou mais projetos com restrição de recursos comuns a eles, não sendo possível resolver o problema de *resource infeasibilities* nos diversos projetos pelo uso das folgas das atividades conflitantes (atividades candidatas a serem programadas numa certa data, mas que devido ao uso comum de recursos entre elas, a demanda do recurso para aquela data excede a disponibilidade do mesmo), a programação conjunta sofrerá ampliação no prazo de execução de um ou mais projetos. Várias pesquisas tratam da programação com o objetivo de minimizar a soma das ampliações nas durações dos projetos.

Ao se trabalhar com regras de prioridades associadas aos projetos na classe de procedimento heurístico “*Job Oriented Heuristic Scheduling*”, deve-se respeitar o grau de prioridade de um projeto sobre outro. Assim, o projeto de mais alta prioridade poderá ter a menor ampliação na sua duração e esta ampliação ocorrerá somente devido à existência de atividades conflitantes dentro de tal projeto.

5.2. O MÉTODO PROPOSTO PARA PROGRAMAÇÃO DE PROJETOS

Existem os casos de regras de prioridades desenvolvidas para projeto único, de regras de prioridades para projeto único aplicadas na programação de multi-projetos, e também existem os casos de regras de prioridades desenvolvidas especialmente para o problema multi-projetos. Essas regras para multi-projetos são associadas às atividades dos projetos, com a diferença de considerar a influência das “características” do projeto na prioridade dada às atividades, por exemplo, a já citada regra de prioridade SASP (*Shortest Activity from Shortest Project*) apresentada por KURTULUS & DAVIS (1982).

O método proposto neste trabalho é baseado primeiramente (primeira fase), conforme a *Job Oriented Heuristic Scheduling*, nas regras de prioridades associadas ao projeto, ou seja, de acordo com os procedimentos e critérios gerenciais da empresa é considerada a prioridade de um projeto em relação a outro. Então, na segunda fase, o primeiro projeto (*job*) da lista dos projetos seqüenciados é completamente programado. Se existirem conflitos entre as atividades do primeiro projeto, então os resolva. Não sendo possível resolver o problema de conflito pelo uso de possíveis folgas, regras de prioridades usuais na literatura são escolhidas para determinar as atividades conflitantes que serão programadas. As atividades conflitantes existentes em um projeto são tratadas com as regras de prioridades desenvolvidas para projeto único, já que se programa um projeto de cada vez em função da primeira fase de ordenação dos projetos. Se não existirem conflitos de recursos entre as atividades deste projeto, o mesmo já está programado. Então passe para o segundo projeto de maior prioridade. O segundo projeto é programado (sem desarranjar o primeiro projeto). Assim, o método heurístico usa as regras de prioridades em dois níveis: associadas aos projetos e associadas às atividades dos projetos (para atividades conflitantes dentro de um projeto).

5.2.1. Metodologia de Programação Conjunta

A metodologia desenvolvida, de programação conjunta, consiste nos seguintes passos:

Passo 1. Estabelecimento de prioridade aos projetos (*Job Oriented Heuristic Scheduling*), gerando uma lista de projetos seqüenciados. As prioridades dadas aos

projetos são definidas pela gerência de projetos (pelos critérios gerenciais).

Passo 2. O projeto de mais alta prioridade, portanto o escolhido para ser programado primeiro, é tratado independentemente, através do procedimento *Critical Path Method* - CPM padrão, pelo software *Microsoft Project*. São determinadas as primeiras e últimas datas de início das atividades (PDI e UDI) e as primeiras e últimas datas de término das atividades (PDT e UDT), as folgas, a duração do caminho crítico. O estabelecimento de um prazo pelo cliente (prazo de contrato) reflete nos valores das possíveis folgas das atividades. Com a consideração das restrições de recursos, são verificados se os níveis de disponibilidade de cada tipo de recurso escasso atendem aos níveis de demanda. Se as necessidades das atividades do projeto não excedem os níveis de disponibilidade em todos os períodos de tempo, a programação está resolvida. Senão, uma vez identificadas as atividades conflitantes através do Gráfico de Recursos, pode-se usar as suas folgas para resolver o problema. Existindo ainda conflitos, usam-se regras de prioridades associadas às atividades (*Operation Oriented Scheduling*) para resolver o problema. Resolve-se o problema para todos os recursos escassos, tratando de um recurso escasso por vez e na sequência cronológica dos conjuntos de atividades conflitantes. A Figura 10 ilustra este procedimento de programação com restrição de recursos.

Figura 10: Ilustração do Passo 2 (um exemplo de projeto utilizando dois tipos de recursos escassos)

Passo 3. O segundo projeto da lista é inserido no mesmo arquivo que contém o primeiro projeto , gerando a rede-conjunta.

Passo 4. Mantida a programação do primeiro projeto, programa-se o segundo projeto o mais cedo possível.

Passo 5. Ao gerar novamente o Gráfico de Recursos, agora para os dois projetos, para cada recurso, podem ocorrer dois tipos de conflito:

5.1. Conflito entre atividades de projetos diferentes

5.2. Conflito entre atividades dentro de um projeto

Para a solução, deve-se primeiro resolver o conflito citado em 5.1. As atividades do segundo projeto devem ser adiadas até a disponibilidade do recurso escasso. Depois, resolve-se o possível conflito citado em 5.2, conforme o Passo 2.

Passo 6. Existindo um terceiro projeto na lista de projetos seqüenciados, conforme o Passo 3, entra-se com esse projeto, que deve ser programado o mais cedo possível e sem desarranjar os anteriores. Ao gerar o Gráfico de Recursos para a atual rede-conjunta, podem existir conflitos, conforme 5.1. e 5.2. acima definidos. Para o primeiro tipo de conflito, considerando a prioridade dada aos projetos, as atividades do terceiro projeto são adiadas. Para o segundo tipo de conflito, ir para o Passo 2.

Passo 7. Se ainda houver projetos na lista, programe-os.

Passo 8. Senão, a programação multi-projetos está completa.

5.2.2. Controle dos Projetos e Acréscimo de Eventuais Novos Projetos

Em situações reais, é comum a entrada de novos projetos na empresa enquanto estão em andamento outros projetos. Assim, tal situação deverá ser tratada também no método proposto, conduzindo-se os projetos da seguinte forma:

1. Considerando a existência de dois projetos em andamento, conforme o exemplo anteriormente ilustrado, e acrescentando-se mais um projeto com data de início estabelecida, será utilizado um *procedimento de corte* no Projeto 1 e no Projeto 2, eliminando para fins de reprogramação, as atividades ou parte das atividades, já concluídas ou executadas.

2. Efetuados os cortes, uma nova rede-conjunta é formada, na qual as durações das Atividades de Controle de Início do Projeto 1 e do Projeto 2 e da Atividade de Controle de Início da rede-conjunta são iguais a zero, e a duração da

Atividade de Controle de Início do novo projeto será a diferença entre a data de início do projeto e a data em que se encontram os projetos 1 e 2 (onde se realizaram os cortes). A rede-conjunta compreende as atividades ainda não executadas dos projetos anteriores e mais as atividades do novo projeto. O procedimento de programação, agora para os três projetos, segue conforme a metodologia de programação conjunta proposta, descrita anteriormente.

CAPÍTULO 6: EXEMPLOS DE PROJETOS PARA A PROGRAMAÇÃO CONJUNTA

6.1. SIMULAÇÃO DA PROGRAMAÇÃO DE PROJETOS

A simulação da programação de projetos é descrita e ilustrada com o objetivo de passar por todos os passos da metodologia proposta através de exemplos de projetos genéricos. As saídas geradas com o auxílio do software *Microsoft Project* são apresentadas conforme a realização dos passos para a programação conjunta de três projetos.

Passo 1. Considerando os projetos ilustrados nas Figuras 8 e 9, Projeto 1 e Projeto 2, utilizando recursos comuns e escassos R1 e R2, pode-se descrever o seguinte exemplo: uma empresa recebe dois projetos, o Projeto 1 e o Projeto 2, sendo que o Projeto 1 começa na data atual de um determinado calendário e a data de término correspondente à duração mínima do projeto é anterior ao prazo de contrato. O Projeto 2 tem data de início prevista para uma semana após o início do Projeto 1 e a data de término correspondente à duração mínima do projeto é também anterior ao prazo de contrato, porém com uma folga maior que no Projeto 1. A data de entrega (prazo) do Projeto 1 é anterior à data de entrega do Projeto 2. Se o critério gerencial for: projeto com prazo de entrega menor primeiro, então o Projeto 1 tem prioridade. Pode-se considerar também que devido às folgas existentes pelos prazos de contrato estabelecidos e tendo o Projeto 2 uma folga maior, um possível atraso deste projeto será menos prejudicial que o atraso do Projeto 1. Outros exemplos de critérios gerenciais adotados (projeto com maior volume de recursos monetários envolvidos primeiro, projetos de cliente mais importante primeiro, dar prioridade pela sequência de chegada dos projetos) podem definir uma outra sequência de projetos.

Ao simular o exemplo, considerou-se a utilização de dois tipos de recursos

escassos R1 (seis unidades) e R2 (seis unidades).

Passo 2. O projeto de mais alta prioridade (no exemplo, o Projeto 1), portanto o escolhido para ser programado primeiro, é tratado independentemente. A sua programação sem consideração de restrição de recursos é apresentada na Figura 11.

Figura 11: Gráfico de Gantt do Projeto 1 sem consideração de restrição de recursos

Com a consideração da restrição de recursos, foram verificados se os níveis de disponibilidade de cada tipo de recurso escasso atendiam aos níveis de demanda. Foram identificadas as atividades conflitantes através do Gráfico de Recursos apresentado na Figura 12. Verificou-se um conflito entre as atividades do Projeto 1 (G1 e H1) referente ao recurso R1, já que seriam necessárias sete unidades do recurso no período. Como não foi possível resolver tal conflito pelo uso de folgas, foi dada prioridade à atividade H1 que resultava em uma menor ampliação na duração do projeto. O programador, então, cria uma relação de precedência do tipo *Finish-to-start* entre as atividades G1 e H1. A data de término do projeto dada pela programação com restrição de recursos para o calendário utilizado (11/09/01) respeita o prazo estabelecido de contrato para o exemplo (15/09/01).

Passos 3 e 4. Ao completar a programação do Projeto 1, apresentada na Figura 13, o segundo projeto da lista de projetos seqüenciados (Projeto 2) foi inserido no mesmo arquivo no qual está programado o Projeto 1, conforme Figura 14 e Figura 15, apresentando o gráfico de Gantt e o diagrama A-O-N fornecidos pelo software, respectivamente. Mantida a programação do primeiro projeto, programou-se o segundo projeto o mais cedo possível.

Passo 5. Ao gerar novamente o Gráfico de Recursos, agora para os dois projetos (rede-conjunta), verificam-se conflitos referentes aos recursos R1 e R2, apresentados na Figura 16 e 17, respectivamente. Para R1, surgiu um conflito entre atividades de projetos diferentes e entre atividades de um mesmo projeto (A2, B2, A1, C1), no qual a necessidade comum do recurso excedia em uma unidade o nível de disponibilidade do mesmo. Para R2, também surgiu um conflito entre atividades de projetos diferentes e entre atividades de um mesmo projeto (B1, D1, F1, C2, D2), no qual a necessidade comum do recurso excedia em duas unidades o nível de disponibilidade do recurso. Conforme a metodologia descrita, manteve-se a programação das atividades do projeto de maior prioridade. O procedimento consistiu em resolver um tipo de recurso por vez e na seqüência cronológica dos conjuntos de atividades conflitantes. Para o recurso R1, o primeiro passo foi tentar resolver o conflito pelo uso possível das folgas das atividades do Projeto 2 (A2 e B2). Sendo a atividade A2 crítica, foi atrasada a atividade B2, utilizando sua folga. A data de início da atividade B2, para se resolver o conflito, coincidiu com sua última

data de início (UDI). Como uma forma de utilização de folgas, foi feito um nivelamento de recursos na rede-conjunta, porém para atender à metodologia proposta, foi atribuído nível máximo de prioridade às atividades do Projeto 1 (uma vez que no software existe uma entrada para este tipo de dado) para que a sua programação não sofresse alterações com o nivelamento dos recursos. Para R2, não foi possível resolver o conflito pelo uso de folgas. Considerando atender ao prazo de contrato (26/09/01), foi programado o Projeto 2 para trás a partir desta data, obtendo as últimas datas de início das atividades. Para a atividade D2, verificou-se que a sua UDI era 02/08/01. Programando D2 para esta data, resolveria o problema de conflito existente e atenderia ao prazo. Porém, existe uma outra solução possível que é a seguinte: como B1 é a primeira atividade a liberar o recurso escasso R2, gera-se uma relação de precedência entre B1 e D2, fazendo com que D2 não seja programado antes do término da atividade do projeto de maior prioridade (B1), eliminando o conflito existente para todos os períodos. A atividade D2 se inicia então em 01/08/01, condicionando o término do projeto em 25/09/01, o que seria interessante para o caso do objetivo ser minimizar a ampliação da duração do projeto.

Passo 8. A programação conjunta final, envolvendo o Projeto 1 e o Projeto 2, está apresentada na Figura 18 e Figura 19, no gráfico de Gantt e no diagrama A-O-N fornecidos pelo software, respectivamente. As Figuras 20 e 21 ilustram o Gráfico de Recursos fornecido pelo software, no qual verifica-se a resolução dos conflitos para R1 e R2.

Figura 12: Gráfico de Recursos do Projeto 1

Figura 13: Gráfico de Gantt da programação final do Projeto 1

Figura 14: Gráfico de Gantt da rede-conjunta, após inserir o Projeto 2 no software

Figura 15: Diagrama A-O-N da rede-conjunta formada por Projeto 1 e Projeto 2

Figura 16: Gráfico do recurso R1 da rede-conjunta formada por Projeto 1 e Projeto 2

Figura 17: Gráfico do recurso R2 da rede-conjunta formada por Projeto 1 e Projeto 2

Figura 18: Gráfico de Gantt da rede-conjunta gerado pela programação final do Projeto 2

Figura 19: Diagrama A-O-N da rede-conjunta do Projeto 1 e Projeto 2, definida pela programação completa do Projeto 2

Figura 20: Gráfico do recurso R1 da programação multi-projetos final, para os dois projetos

Figura 21: Gráfico do recurso R2 da programação multi-projetos final, para os dois projetos

Os projetos Projeto 1 e Projeto 2 estão em andamento e um novo projeto é designado à empresa com data de início prevista para 14/08/01 e prazo de contrato estabelecido para 30/10/01. Este prazo corresponde à data de término mínima do projeto, baseada na programação sem consideração de restrição de recursos. Para o exemplo, tal medida foi tomada pelo cliente que exigiu a conclusão do projeto até tal data. Assim, o Projeto 1 deixa de ser o projeto de maior prioridade com a entrada do Projeto 3. Conforme descrito anteriormente, é utilizado um *procedimento de corte* no Projeto 1 e no Projeto 2, eliminando as atividades ou parte das atividades, já concluídas ou executadas. A Figura 22 ilustra o procedimento de corte feito na rede-conjunta, envolvendo os dois projetos anteriores (em azul, as relações de precedência geradas pelas prioridades dadas) e o novo projeto. Para isso, foi adotada uma data corrente para o controle da execução igual a 08/08/01 e é nesta data que ocorre o corte para a reprogramação. A Figura 23 apresenta o acompanhamento da execução das atividades representadas no gráfico de Gantt. Supondo que informações a respeito de atividades concluídas e atividades em andamento e os atrasos são fornecidas para o gerente de projetos, foi representada em barras amarelas a porcentagem referente à quantidade executada de cada atividade. A partir da data relacionada com a quantidade de trabalho que realmente falta executar (DR), já que pode ocorrer atraso, é calculada uma nova duração da atividade cortada. Foi definida uma nova duração para cada atividade cortada dos projetos 1 e 2. As atividades F1, H1 e C2 são atividades cortadas e estão atrasadas. A atividade D2 é uma atividade cortada, mas não está atrasada. No quadro 7 foram colocadas as datas necessárias para o cálculo das novas durações das atividades que sofreram corte para a reprogramação.

Quadro 7 - Duração das atividades cortadas

Atividade cortada	DR	Data de término na última programação	Duração (dias úteis)
F1	23/07/01	28/08/01	27
H1	03/08/01	14/08/01	8
C2	02/08/01	07/08/01	4
D2	08/08/01	28/08/01	15

Efetuada os cortes, uma nova rede-conjunta é formada, na qual as durações das Atividades de Controle de Início do Projeto 1 e do Projeto 2 e da Atividade de Controle de Início da rede-conjunta são iguais a zero, e a duração da Atividade de Controle de Início do novo projeto será a diferença entre a data de início do projeto e a data em que se encontram os projetos 1 e 2 (08/08/01). A rede-conjunta compreende as atividades ainda não executadas dos projetos anteriores (F1, G1, H1, C2, D2, E2) e mais as atividades do novo projeto.

Figura 22: Ilustração do procedimento de corte

Figura 23: Gráfico de Gantt para acompanhamento e controle dos projetos

O procedimento de programação, agora para os três projetos, segue conforme a metodologia de programação conjunta proposta.

Passo 1. A gerência definiu o projeto que entrou (Projeto 3) como o de mais alta prioridade, portanto deve ser programado primeiro, para depois programar o segundo projeto de maior prioridade (Projeto1) e em seguida programar o Projeto 2. A programação sem consideração de restrição de recursos do Projeto 3 é apresentada na Figura 24.

Passo 2. Com a consideração da restrição de recursos, foram verificados se os níveis de disponibilidade de cada tipo de recurso escasso atendiam aos níveis de demanda. Não foram identificadas atividades conflitantes através do Gráfico de Recursos, para os recursos R1 e R2. Então, o Projeto 3 está programado.

Passo 3 e 4. O Projeto 1 foi inserido no software, conforme Figura 25 e Figura 26, apresentando o gráfico de Gantt e o diagrama A-O-N fornecidos pelo software, respectivamente. Mantida a programação do Projeto 3, programou-se o segundo projeto o mais cedo possível.

Passo 5. Ao gerar novamente o Gráfico de Recursos apresentado na Figura 27, agora para os dois projetos (rede-conjunta) surgiram conflitos referentes ao recurso R1. Surgiu um conflito entre atividades de projetos diferentes e entre atividades de um mesmo projeto (G1, C3, D3), no qual a necessidade comum do recurso excedia em uma unidade o nível de disponibilidade do mesmo. Conforme a metodologia descrita, manteve-se a programação das atividades do projeto de maior prioridade. Gera-se uma relação de precedência entre C3 e G1, fazendo com que G1 não seja programado antes do término da atividade do projeto de maior prioridade (C3). A programação conjunta, envolvendo o Projeto 3 e o Projeto 1, está apresentada na Figura 28 e Figura 29, no gráfico de Gantt e no diagrama A-O-N fornecidos pelo software, respectivamente. A Figura 30 ilustra o Gráfico de Recursos no qual verifica-se a resolução dos conflitos.

Passo 6. Entra-se com o terceiro projeto (Projeto2), que deve ser programado o cedo possível sem desarranjar os anteriores. A Figura 31 e a Figura 32 apresentam o Gráfico de Gantt e o diagrama A-O-N fornecidos pelo software, respectivamente. Conforme Passo 5, ao gerar o Gráfico de Recursos para a nova rede-conjunta, formada pelos três projetos, surgiram conflitos para os dois tipos de recursos R1 e R2.

Para R1, surgiu um conflito entre atividades de projetos diferentes (G1, E2, D3), já que seriam necessárias sete unidades do recurso. Para R2, surgiram três grupos de conflitos entre atividades de projetos diferentes (F1, D2, A3), (F1, D2, C3) e (F1, E2, C3). Após análise, verificou-se que o atraso total do conjunto dos três projetos seria menor se resolvesse primeiro o conflito para R2 e depois para R1, observando-se que o primeiro conflito, conforme a seqüência cronológica, é referente ao recurso R2. Para R2, cria-se uma relação de precedência entre A3 e D2, onde D2 só começa depois que A3 termina. A Figura 33 ilustra a criação da relação de precedência no Gráfico de Gantt. Apesar desta interferência, ainda permanecem os mesmos outros conflitos descritos anteriormente para R1 e R2. Criou-se uma relação de precedência entre F1 e D2 para resolver o grupo de conflito (F1, D2, C3), onde D2 só começa depois do término de F1. A Figura 34 ilustra a relação de precedência criada no Gráfico de Gantt. Verificando os grupos de conflitos, tem-se que ainda existe o mesmo conflito para R1 (G1, E2, D3) e para R2, não existe mais o grupo de conflito anteriormente destacado (F1, E2, C3), mas surge um novo grupo de conflito (E2, F3, G3). Como o conflito é entre atividades de projetos diferentes, a atividade E2 (do projeto de menor prioridade) é adiada, com a criação de uma relação de precedência entre F3 e E2 apresentada na Figura 35, onde E2 só começa quando F3 terminar. Assim, resolvem-se os conflitos para R2 em todo o período de programação. Ao analisar o problema para o próximo recurso utilizado R1, verificou-se que o conflito (G1, E2, D3) não existe mais e também não surgiu nenhum outro grupo de conflito. Assim, a programação, para os três projetos, está completa. As Figuras 36 e 37 mostram o Gráfico de Recursos para R1 e R2 da programação final e a Figura 38 apresenta o diagrama A-O-N da programação conjunta completa, para os três projetos.

As datas de término dos Projetos 1, 2 e 3 foram, respectivamente, 16/10/01, 14/11/01 e 30/10/01. Considerando os prazos estabelecidos para cada projeto, tem-se que: a data de término do Projeto 1 não atende ao prazo de contrato e a ampliação na duração do projeto é de vinte e dois dias; a data de término do Projeto 2 não atende ao prazo de contrato e a ampliação na duração do projeto é de trinta e seis dias e o Projeto 3, de maior prioridade, atende ao prazo estabelecido (30/10/01).

Figura 24: Gráfico de Gantt do Projeto 3 sem consideração de restrição de recursos

Figura 25: Gráfico de Gantt da rede-conjunta, após inserir o Projeto 1 no software

Figura 26: Diagrama A-O-N da rede-conjunta formada por Projeto 3 e Projeto 1

Figura 27: Gráfico de Recursos da rede-conjunta formada por Projeto 3 e Projeto 1

Figura 28: Gráfico de Gantt da rede-conjunta gerado pela programação final do Projeto 1

Figura 29: Diagrama A-O-N da rede-conjunta do Projeto 3 e Projeto 1, definida pela programação completa do Projeto 1

Figura 30: Gráfico de Recursos da programação conjunta, envolvendo Projeto 3 e Projeto 1

Figura 31: Gráfico de Gantt da rede-conjunta, após inserir o Projeto 2 no software

Figura 32: Diagrama A-O-N da rede-conjunta formada pelos três projetos

Figura 33: Criação de uma relação de precedência entre A3 e D2

Figura 34: Criação de uma relação de precedência entre F1 e D2

Figura 35: Criação de uma relação de precedência entre F3 e E2

Figura 36: Gráfico do Recurso R1 da programação conjunta final, para os três projetos

Figura 37: Gráfico do recurso R2 da programação conjunta final, para os três projetos

6.2. APLICAÇÃO DA REGRA DE PRIORIDADE MWKR ÀS ATIVIDADES COM O OBJETIVO DE MINIMIZAR A DURAÇÃO TOTAL DA PROGRAMAÇÃO

O método de programação proposto trata da programação orientada por projetos através da atribuição de grau de prioridade aos projetos da empresa e também, no ambiente de um projeto, trata das regras de prioridades associadas às atividades do projeto. Para exemplificar o método heurístico baseado em regras de prioridades, apresenta-se a programação de dois projetos genéricos. Supondo que o objetivo da programação, definido pela gerência de projetos, seja a minimização da duração total da programação (rede-conjunta), selecionou-se, para o exemplo, a regra de prioridade MWKR (*Most Work Remaining*), que prioriza a atividade cuja soma das durações das suas atividades sucessoras seja a maior. Segundo MOCCELLIN (1994), essa regra de prioridade mostra-se mais adequada para atender ao objetivo de minimizar o *makespan* (duração total da programação). A regra de prioridade LPT (*Longest Processing Time*) foi escolhida como uma segunda regra para o caso de desempate e também é adequada para o objetivo definido.

Os projetos são denominados: Projeto 1 e Projeto 2. Os recursos escassos R1 (quatro unidades) e R2 (quatro unidades) são compartilhados e o recurso escasso R3 (duas unidades) é utilizado somente pelo Projeto 2. O critério gerencial adotado com relação ao cumprimento de prazos é: projeto com maior volume de recursos monetários envolvidos primeiro. No exemplo, o Projeto 1 é o projeto de maior prioridade.

Ao programar o Projeto 1, verificaram-se conflitos com relação aos recursos R1 e R2. A Figura 39 ilustra a programação do Projeto 1 sem consideração de restrição de recursos e as Figuras 40 e 41 ilustram os Gráficos de Recursos para R1 e R2, respectivamente. Conforme a metodologia de programação já descrita anteriormente, deve-se resolver o problema para todos os recursos escassos, tratando de um recurso escasso por vez e na seqüência cronológica dos conjuntos de atividades conflitantes. Assim, o recurso R2 foi tratado primeiro, ao verificar o grupo de conflito que surgiu primeiro. As atividades C1 e D1 utilizam ao todo cinco unidades de R2. A atividade C1 tem FT igual a 15 e seu MWKR (soma das durações das atividades sucessoras G1 e L1 em unidades de tempo) é igual a 46. A atividade D1 tem FT igual a zero e seu MWKR é igual a 65 (soma das durações de E1, N1 e

O1). Segundo a regra de prioridade e as condições de folga das atividades, a atividade C1 foi atrasada. O programador criou uma relação de precedência devido à restrição de recursos entre C1 e D1. A Figura 42 apresenta o diagrama A-O-N do Projeto 1 com a nova relação de precedência criada entre C1 e D1.

Para o recurso R1 surgiram três grupos de conflito. O primeiro grupo é formado pelas atividades (C1, E1, F1, H1) totalizando a necessidade de seis unidades do recurso. Os valores de MWKR e LPT das atividades são apresentados no Quadro 8:

Quadro 8 - Valores de MWKR e LPT

Atividades	MWKR (dias)	LPT (dias)
C1	46	20
E1	45	20
F1	25	30
H1	46	35

A atividade F1, por ter MWKR menor, tem menor prioridade e então poderia ser atrasada, porém o seu deslocamento no calendário não resolverá o conflito, uma vez que (C1, E1 e H1) ainda utilizam juntos cinco unidades do recurso. Como os valores de MWKR são próximos, foi considerada também a regra de prioridade LPT. Assim, a atividade E1 foi atrasada, criando-se então, uma relação de precedência entre E1 e F1, pois ao iniciar E1 logo após o término de F1, já não existia mais conflito. A Figura 43 apresenta a nova relação de precedência.

O segundo grupo de conflito compreende as atividades (I1, M1, N1) utilizando cinco unidades do recurso R1. Foi possível resolver o conflito pelo uso da folga da atividade M1. Criou-se uma relação de precedência entre M1 e I1. O terceiro grupo de conflito compreende as atividades (L1, M1, N1) utilizando sete unidades do recurso R1 e assim, como M1 e N1 utilizam duas unidades cada e L1 utiliza três unidades, esta foi atrasada, criando-se uma relação de precedência entre L1 e M1. A Figura 44 apresenta o diagrama A-O-N com as novas relações de precedência criadas e corresponde à programação final do Projeto 1. As Figuras 45 e 46 apresentam a resolução dos conflitos para R1 e R2, respectivamente.

Figura 39: Gráfico de Gantt do Projeto I sem consideração de restrição de recursos

Figura 40: Gráfico do recurso R1 do Projeto 1

Figura 41: Gráfico do recurso R2 do Projeto 1

Figura 42: Diagrama A-O-N do Projeto 1 com a nova relação de precedência entre C1 e D1

Figura 43: Criação de uma relação de precedência entre E1 e F1

Figura 44: Criação de uma relação de precedência entre (M1 e I1) e entre (L1 e M1) - Programação final do Projeto 1

Figura 45: Gráfico do recurso R1 referente a programação final do Projeto 1

Figura 46: Gráfico do recurso R2 referente a programação final do Projeto 1

Ao completar a programação do Projeto 1, o segundo projeto (Projeto 2) é inserido no mesmo arquivo em que se encontra o Projeto 1 completamente programado. As Figuras 47 e 48 apresentam o gráfico de Gantt e o diagrama A-O-N da rede-conjunta formada pelos projetos, respectivamente. Ao gerar o Gráfico de Recursos para a rede-conjunta, verificaram-se conflitos referentes aos três tipos de recursos escassos: R1, R2 e R3. As Figuras 49, 50 e 51 apresentam os gráficos dos recursos R1, R2 e R3, respectivamente.

O recurso R2 foi tratado primeiro e referente a ele, surgiram dois grupos de conflito. O primeiro grupo é constituído das atividades (D1, D2, E2). A atividade D1 pertence ao projeto de maior prioridade e não pode ser adiada. A atividade D2 tem FL igual a 22 e E2 não tem folga livre. Assim, D2 é atrasada, criando-se uma relação de precedência entre D2 e D1, ilustrada na Figura 52.

O segundo grupo de conflito compreende as atividades (I2, J2, J1, G1). As atividades do Projeto 1 não podem ser adiadas e assim, considerando-se a regra de prioridade MWKR, I2 tem MWKR igual a 10 e J2 tem MWKR igual a 25, ou seja, J2 tem prioridade. Criou-se uma relação de precedência entre I2 e J1 apresentada na Figura 53, uma vez que a atividade J1 é a primeira atividade do grupo de conflito a liberar o recurso e assim, I2 só começa quando J1 termina, tornando a necessidade de recursos igual à disponibilidade do mesmo (quatro unidades).

Para o recurso R3, surgiu um conflito entre as atividades F2 e H2, totalizando o uso de três unidades do recurso. A atividade F2 tem MWKR igual a 41 (soma das durações de J2, L2, M2) e H2 tem MWKR igual a 10 (duração da atividade sucessora M2). A atividade H2 foi adiada, criando uma relação de precedência entre H2 e F2, como ilustrada na Figura 54.

Para o recurso R1, surgiu um conflito entre as atividades (L2, N1, M1) por exceder em uma unidade a disponibilidade do recurso R1. Como as atividades N1 e M1 pertencem ao projeto de maior prioridade, a atividade L2 foi adiada, estabelecendo uma relação de precedência entre L2 e N1, ilustrada na Figura 55.

Assim, todos os conflitos para todos os tipos de recursos escassos foram resolvidos, finalizando a programação multi-projetos. A Figura 56 apresenta o gráfico de Gantt da rede-conjunta gerado pela programação final dos Projetos 1 e 2. Os gráficos dos recursos referentes à programação final são apresentados pelas

Figuras 57, 58 e 59. A programação foi orientada no sentido de minimizar a sua duração total, envolvendo os dois projetos (rede-conjunta), uma vez que a rede-conjunta sofreu ampliação na sua duração, devido à consideração de restrição de recursos. O Projeto 2, sem a consideração de restrição de recursos, apresentava a data 18/02/2002 como sendo a data de conclusão. Ao considerar a restrição de recursos, houve uma ampliação na duração do Projeto 2, resultando em uma nova data de término: 06/03/2002. A data de término da programação final da rede-conjunta é dada pela programação final do Projeto 1 (com duração maior que o Projeto 2): 18/03/2002, totalizando 136 dias de duração da programação conjunta, verificados na Figura 56. Sem a consideração de recursos, a data de término do Projeto 1 era 14/02/2002, com duração de 114 dias, como verificado na Figura 39.

Figura 47: Gráfico de Gantt da rede-conjunta, após inserir o Projeto 2

Figura 48: Diagrama A-O-N da rede-conjunta, após inserir o Projeto 2

Figura 49: Gráfico do recurso RI da rede-conjunta

Figura 50: Gráfico do recurso R2 da rede-conjunta

Figura 51: Gráfico do recurso R3 da rede-conjunta

Figura 52: Criação de uma relação de precedência entre D2 e D1

Figura 53: Criação de uma relação de precedência entre I2 e J1

Figura 54: Criação de uma relação de precedência entre H2 e F2

Figura 55: Criação de uma relação de precedência entre L2 e N1

Figura 56: Gráfico de Gantt da rede-conjunta gerado pela programação multi-projetos final

Figura 57: Gráfico do recurso R1 gerado pela programação multi-projetos final

Figura 58: Gráfico do recurso R2 gerado pela programação multi-projetos final

Figura 59: Gráfico do recurso R3 gerado pela programação multi-projetos final

CAPÍTULO 7: CONCLUSÕES

7.1. UMA PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO ENTRE MÉTODO DE PROGRAMAÇÃO DE PROJETOS E INTERESSES GERENCIAIS

O presente trabalho teve a preocupação de desenvolver um método para a programação de obras que considerasse os aspectos gerenciais da empresa, promovendo a interação entre o método e o gerente de projetos, já que este conduz a programação conforme critérios adotados na empresa, os quais definem o grau de prioridade dos projetos e as regras de prioridades voltadas às atividades do projeto, e os resultados do método, ou seja, as saídas geradas pela programação refletirão na condução da gerência de projetos. Foi feita uma verificação da prática do gerenciamento de projetos, envolvendo o planejamento e a programação, através de um trabalho de campo. A partir dessa investigação, foi possível observar entre outras informações, quais critérios gerenciais orientam o grau de prioridade dado aos projetos e também verificar a real possibilidade de aplicação do método voltado para o caso multi-projetos.

Porém, vale aqui registrar a dificuldade encontrada para a realização do trabalho de campo. Primeiro, pela disponibilidade das empresas contatadas em contribuir com a pesquisa, depois pela falta de profissionais realizando as atividades do planejamento estratégico/tático na Produção, verificando-se que ainda ações relacionadas ao planejamento e programação de projetos são pouco praticadas e não estão entre as prioridades estabelecidas pelas empresas. Conforme colocado anteriormente, o planejamento para o nível operacional na Produção, vinculado à rotina de canteiro e à liberação de ordens de produção, é mais entendido pelas empresas e é de responsabilidade do engenheiro de cada obra, não sendo verificado um padrão nos procedimentos do PCP. Os vínculos entre níveis hierárquicos do

planejamento (estratégico/tático e operacional), através de um estudo da logística de informação, não existem nas empresas. Porém, o seu interesse em conhecer e desenvolver sistemas de controle (padrões para o estabelecimento de índices de produtividade e critérios para a avaliação de desempenho) e de informação, foi observado na composição de uma nova política de produção que elas pretendem estabelecer.

Este trabalho trata dos métodos heurísticos como uma forma de se obter uma boa solução para o problema de programação de multi-projetos, quando existem recursos escassos e comuns aos projetos. A programação baseada em regras de prioridades estabelecidas por critérios gerenciais busca promover uma aproximação dos resultados da programação com os reais interesses da estrutura organizacional de produção. Estimula-se a integração entre etapas do processo de produção, tornando mais eficientes os sistemas de informação, de planejamento, de programação e de controle em nível produção.

Através de um método de programação de projetos que interage com a gerência, passa-se a compreender melhor as funções da programação e as vantagens competitivas a ela relacionadas. O método proposto exige uma participação efetiva do gerente de projetos para a condução da programação e assim, o processo de tomada de decisão, baseado nos critérios gerenciais, deve orientar a programação e deve ser orientado pelas informações geradas a partir dessa programação.

7.2. ANÁLISE DO MÉTODO HEURÍSTICO PROPOSTO PARA PROGRAMAÇÃO MULTI-PROJETOS

A presente pesquisa tratou do problema de programação de projetos com restrição de recursos, considerando a análise simultânea dos projetos (obras) que caracteriza o caso multi-projetos, integrando aspectos de processo de projeto e o planejamento e a programação da produção no ambiente da Construção Civil.

Duas empresas construtoras que participaram do trabalho de campo apresentaram estrutura organizacional de produção que proporciona a exequibilidade da aplicação do método heurístico proposto, uma vez que alguns de seus recursos são compartilhados entre seus empreendimentos. Porém, existe uma dificuldade da

gerência de projetos em visualizar a conexão dos projetos e realizar uma programação conjunta em que recursos sejam bem aproveitados pelos projetos.

Retomando a questão apresentada na Formulação do Problema referente à possibilidade de elaboração de um método de programação multi-projetos com restrição de recursos, que permita sua integração com o ambiente estratégico em nível Produção, pode-se dizer que a metodologia proposta de programação conjunta voltou-se para tal aspecto e acredita-se que o resultado da aplicação de uma programação multi-projetos proporciona ganho de competitividade no que se refere ao critério competitivo - Prazos, uma vez que métodos de programação são utilizados para atender da melhor forma possível aos objetivos da programação de projetos e estes irão influenciar o término da programação (prazo de entrega).

As simulações realizadas e apresentadas no capítulo anterior ilustram, no início da programação, a consideração dos critérios gerenciais, resultando em uma programação orientada por projetos, de acordo com a classe de procedimento heurístico *job oriented scheduling*, presente na literatura de Pesquisa Operacional; depois, a formação de uma macro-rede quando os projetos são unidos em um mesmo ambiente de trabalho; a utilização das regras de prioridades para a escolha da atividade a ser programada primeiro; a interferência do programador de projetos ao criar novas relações de precedência entre atividades, devido à restrição de recursos; e o procedimento de corte, com a entrada de novos projetos. O objetivo da programação orienta a escolha de uma regra de prioridade mais adequada.

Ao trabalhar no ambiente multi-projetos, certamente ocorrerão grupos de conflitos para cada tipo de recurso escasso, como verificados na simulação dos exemplos de projetos. Assim, deve-se verificar a viabilidade de se compartilhar um determinado recurso entre as obras, uma vez que pode ocorrer grande ampliação na duração do projeto de menor prioridade.

Considera-se importante que as empresas apresentem um fluxo facilitado de informações, proporcionando o rápido retorno de atualizações da programação para o canteiro de obras e a apropriação de informações do canteiro para a gerência de projetos, a partir do controle das obras em andamento. A disponibilidade de recursos computacionais também deve ser considerada para o desenvolvimento da etapa de programação dos projetos.

A dificuldade de integração entre os empreendimentos, a quantidade de informações que parte de cada obra e se junta em um ambiente múltiplos projetos, a dificuldade de otimizar, na prática, o uso comum de recursos, são alguns dos pontos que comprometem o sucesso da programação multi-projetos.

7.3. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Considerando o ambiente complexo da Construção Civil, as suas características peculiares, a introdução de novas filosofias de produção, técnicas e tecnologias e o crescente interesse em agregar conhecimento por parte dos agentes presentes em toda a cadeia produtiva do setor, deve-se incentivar pesquisadores a contribuir com o avanço da indústria da Construção, destacando como etapas fundamentais o Planejamento, a Programação e o Controle da produção, quando se pretende alcançar, numa visão sistêmica, patamares mais elevados de qualidade e desempenho de entregas (rapidez e confiabilidade).

A seguir, estão colocadas algumas sugestões de trabalhos que podem trazer contribuições adicionais à área em questão e também, agregar outras importantes considerações ao que fora pesquisado e proposto no presente trabalho:

1. Relacionar a etapa de programação de projetos com outras etapas do processo de produção, como por exemplo, com a logística e o gerenciamento da cadeia de suprimentos.
2. Realizar mais estudos voltados às características de administração e de estrutura organizacional do ambiente de múltiplos projetos e propor diretrizes para o seu gerenciamento.
3. Trabalhar com recursos financeiros como recursos limitados e compartilhados entre projetos, apresentando resultados mais visíveis e atraentes para as empresas. O método atua sobre o parâmetro tempo, não estando no escopo deste trabalho questões referentes a custos e receitas.
4. Estudar a implementação do método proposto em empresas construtoras e verificar a sua viabilidade, a depender da estrutura organizacional de produção da empresa.
5. Verificar a aplicação do método em outros ambientes, mas dentro do mesmo tipo de sistema de produção: Grandes Projetos.

6. Realizar uma análise comparativa entre regras de prioridades usadas no método heurístico, buscando-se um melhor resultado com relação a um objetivo estabelecido.

Espera-se que este trabalho estimule um interesse crescente pelo Planejamento, Programação e Controle da Produção, assim como pela integração entre Projeto do Produto e a produção, tornando-se temas de novas pesquisas e também, uma linha de trabalho permanente no Grupo de Pesquisa em Engenharia de Produção Civil da Área de Engenharia de Produção da Escola de Engenharia de São Carlos - USP.

7.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quanto à contribuição dada por este trabalho, julgou-se importante enfatizar alguns pontos relacionados à produção e à aplicação do “conhecimento” nas várias fases do processo de administração, projeto, produção e gerenciamento. Dentre um conjunto de questões ligadas à gestão da produção na Construção Civil, a conexão entre o Projeto do Produto e a produção tem sido objeto de pesquisas preocupadas em gerar melhorias em todo o processo de projeto e de produção. Acredita-se que o presente trabalho tem como uma primeira contribuição reforçar a importância de se elaborar um projeto que mostre o como produzir e não apenas o que produzir.

Anteriormente à proposta de um método de programação, o conteúdo desta dissertação abordou os seguintes pontos: Qualidade da produção, Prazos, Sistemas de Administração de Produção, Projeto da Produção e Planejamento e Programação da Produção, voltados para o Sistema de Grandes Projetos, um dos tipos de sistemas de produção.

Tendo em vista o objetivo da pesquisa colocado inicialmente, pode-se dizer que o resultado deste trabalho atende satisfatoriamente às colocações feitas no objetivo e espera-se que o método proposto para programação de multi-projetos baseado em regras de prioridades resulte em uma contribuição para o problema de programação de projetos, e que esta contribuição se estenda à prática do planejamento e programação nas empresas construtoras. A programação se dá de forma simples e intuitiva, pois a preocupação em aplicar efetivamente o método

proposto na programação de obras das empresas foi sempre observada. Como já foi colocado, atualmente existe uma crescente preocupação com a qualidade e com a adoção de novas filosofias de produção, surgindo um ambiente oportuno à absorção de técnicas de planejamento e programação que ofereçam suporte a todo um sistema de produção. As empresas passam a valorizar as atividades que resultem em melhorias no processo de produção e atendam aos critérios competitivos relacionados à qualidade, custos, prazos, confiabilidade e flexibilidade. Tais atividades fazem parte do processo de planejamento e programação da produção.

Existe um amplo campo de pesquisa na linha de Planejamento, Programação e Controle da Produção aplicado em diversos setores industriais, num processo de desenvolvimento e transferência de inovações técnicas, tecnológicas e gerenciais. Por outro lado, as empresas encontram dificuldades para compreender e implementar os “conhecimentos” acadêmicos desenvolvidos, pois consideram que as ações praticadas nas instituições de ensino e pesquisa não representam a realidade e conseqüentemente, não atendem às suas necessidades. Na formação do profissional engenheiro, as informações muitas vezes são apresentadas de forma isolada e não se passa a idéia de integração, de interfaces, de coordenação e simultaneidade. Existe um outro problema que dificulta o aproveitamento do conhecimento adquirido e gerado na universidade pelas empresas: muitas dessas não atendem aos requisitos técnicos e gerenciais mínimos para a aplicação de conceitos, técnicas ou métodos, tecnologia e ferramentas desenvolvidas. Existem barreiras relacionadas à cultura das empresas, fazendo com que algumas delas não se interessem por mudanças nos seus procedimentos, ainda que comprovada a deficiência de seu processo de produção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHUJA, H. N. (1984). *Project Management Techniques in Planning and Controlling Constructions Projects*. New York, John Wiley & Sons.

ASSUMPÇÃO, J. F. P. (1988). *Programação de obras: uma abordagem sobre técnicas de programação*. São Carlos. 143p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

ASSUMPÇÃO, J.F.P. (1996). *Gerenciamento de empreendimentos na construção civil: modelo para planejamento estratégico da produção de edifícios*. São Paulo. 206p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

ASSUMPÇÃO, J. F. P.; FUGAZZA, A. E. C. (1998). *Uso de redes de precedência para planejamento da produção de edifícios*. In: VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - Qualidade no processo construtivo. ANAIS: Florianópolis-SC.

BAKER, K. R. (1974). *Introduction to sequencing and scheduling*. John Wiley and Sons.

BELCHIOR, P. G. O. (1978). *Planejamento e elaboração de projetos*. 3^o edição. Rio de Janeiro: Liv. Torres.

BISPO, C. A. F.; CAZARINI, E. W.. *A evolução do processo decisório*.

<http://cazarini.cpd.eesc.sc.usp.br/Bispo/Art-04.htm> em março de 1999.

BOCTOR, F. F. (1993). Heuristics for scheduling projects with resource restrictions and several resource-duration modes. *International Journal of Production Research*, vol. 31, n. 11, p. 2547-2558.

BOTOMÉ, S. P. (1997). Processos comportamentais básicos em metodologia de pesquisa: da delimitação do problema à coleta de dados. *Chronos*, Caxias do Sul, vol. 30, jan./jun., n. 1, p. 43-69.

BOWERS, M. R.; GROOM, K.; MORRIS, R. (1996). A practical application of a multi-project scheduling heuristic. *Production and Inventory Management Journal*, vol.37, n.4, p.19-24.

BRAND, J. D. et al. (1964). *The resource scheduling problem in construction*. Civil Engineering Studies Report, n. 5, Departamento de Engenharia Civil da University of Illinois apud BOCTOR, F. F. (1993). Heuristics for scheduling projects with resource restrictions and several resource-duration modes. *International Journal of Production Research*, vol. 31, n. 11, p. 2547-2558.

CHIAVENATO, I. (1990). *Iniciação ao Planejamento e Controle de Produção*. São Paulo: McGraw-Hill.

CHRISTOPHER, M. (1997). *Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: estratégias para a redução de custos e melhoria dos serviços*. São Paulo: Editora Pioneira.

CIMINO, R. (1987). *Planejar para Construir*. São Paulo: PINI.

CONSTRUBUSINESS/99. (1999). *Habitação, Infra-estrutura e Emprego*. 3º Seminário da Indústria Brasileira de Construção. FIESP/CIESP. São Paulo.

COOPER, D. F. (1976). Heuristics for Scheduling Resource-Constrained Projects: An Experimental Investigation. *Management Science*, 22, p. 1186-1194.

CORRÊA, H.L.; GIANESI, I.G.N. (1996). *JUST IN TIME, MRP II e OPT: Um Enfoque Estratégico*. 2.ed. São Paulo, Atlas.

DAVIS, E. W. (1968). *An Exact Algorithm for the Multiple Constrained-Resource Project Scheduling Problem*. Ph. D. Dissertation, Yale University apud MODER, J.J.; PHILLIPS, C. R. (1970). *Project Management with CPM and PERT*. 2.ed. New York, Van Nostrand Reinhold Company.

DAVIS, E. W. (1973). Project Scheduling Under Resources Constraints-Historical Review and Categorization of Procedures. *AIIE Transactions*, v. 5 (4), p. 147-163 apud ICHIHARA, J. A. (1998). *Um método de solução heurístico para a programação de edifícios dotados de múltiplos pavimentos-tipo*. Florianópolis. Tese de doutorado – Universidade Federal de Santa Catarina.

DOERSCH, R. H.; PATTERSON, J. H. (1977). Scheduling a project to maximize its present value: a zero-one programming approach. *Management Science*, vol.23, n. 8, p. 882-889 apud BOCTOR, F. F. (1993). Heuristics for scheduling projects with resource restrictions and several resource-duration modes. *International Journal of Production Research*, vol. 31, n. 11, p. 2547-2558.

FABRICIO, M. M. (1996). *Processos Construtivos Flexíveis: projeto da produção*. São Carlos. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos – USP.

FABRICIO, M. M. (1999). *Parcerias e estratégias de produção na construção de edifícios*. In: XIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. ANAIS: Rio de Janeiro.

FABRICIO, M. M.; MELHADO, S. B. (1998). *Papel do projeto para produção na*

construção de edifícios. Seminário Internacional: NUTAU 98 – Arquitetura e Urbanismo: Tecnologias para o Século XXI. ANAIS: NUTAU-FAU-USP, São Paulo.

FLEURY, A. (1999). The changing pattern of Operations Management in developing countries: the case of Brazil. *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 19, n. 5/6, p. 565-581.

FORMOSO, C. T.; CESARE, C. M. de et al. (1996). Perdas na construção civil: Conceitos, classificações e indicadores de controle. *Téchne*, jul/ago, no. 23, p. 30-33.

FRENCH, S. (1982). *Sequencing and scheduling: An introduction to the Mathematics of the Job-Shop*. Ellis Horwood Ltd.

GUERRINI, F. M. (1997). *Um Sistema de Administração de Produção para empresas de pequeno e médio porte de construção civil*. São Carlos. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos – USP.

GUERRINI, F. M. (1999). *Um modelo integrado de administração de produção para empresas de construção civil*. São Carlos. 346p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos - USP.

HASTINGS, N.A.J.; YEH, C.-H. (1990). Job oriented production scheduling. *European Journal of Operational Research* 47 (1990), p.35-48.

HILL, T. (1993). *Manufacturing strategy: the strategic management of the manufacturing function*. London: Open University apud SANTOS, F. C. A.; PIRES, S. (1998). *Prioridades competitivas da administração estratégica da manufatura: estudo de casos*. In: Encontro da Associação Nacional dos Programas de Pós-graduação em Administração – ENANPAD. ANAIS: Foz do Iguaçu-PR.

- HIROTA, E. H.; POWELL, J. A.; DAVEY, C. L. et al. (2000). *Vencendo Barreiras para a Aplicação dos Princípios da Construção Enxuta*. ANAIS: 5o. Seminário sobre Lean Construction. Lean Construction Institute do Brasil. São Paulo.
- HOWELL, G. (1999). *What is Lean Construction*. Seventh Conference of the International Group for Lean Construction. Berkeley: California, USA apud BERNARDES, M. M. e S.; FORMOSO, C. T. (2000). *Proteção da Produção em Obras de Curto Prazo*. ANAIS: 5o. Seminário sobre Lean Construction. Lean Construction Institute do Brasil. São Paulo.
- ICHIHARA, J. A. (1998). *Um método de solução heurístico para a programação de edifícios dotados de múltiplos pavimentos-tipo*. Florianópolis. Tese de doutorado – Universidade Federal de Santa Catarina.
- ICHIHARA, J. A. (2000). *Um modelo para a programação heurística de projetos de construção considerando o valor do dinheiro no tempo*. ANAIS: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - ENTAC. Salvador, BA.
- JOHNSON, L. A.; MONTGOMERY, D. C. (1974). *Operations Research in Production Planning, Scheduling, and Inventory Control*. John Wiley & Sons, Inc.
- KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. (1997). *A Estratégia em Ação: balanced scorecard*. 3ª edição. Rio de Janeiro: Campus.
- KOLISCH, R. (1995). *Project Scheduling Under Resource Constraints – Efficient Heuristics for Several Problem Classes*, Physica, Heidelberg.
- KOSKELA, L. (1992). *Application of the New Production Philosophy to Construction*. Technical Report no. 72, Center for Facility Engineering, Stanford University apud CONTADOR, J. C. et al. (1997). *GESTÃO DE OPERAÇÕES A engenharia de produção a serviço da modernização da empresa*. 1o. edição. São

Paulo: Ed. Edgard Blücher.

KRAJEWSKI, L. J.; RITZMAN, L. P. (2000). *Operations management: strategy and analysis*. 5ª edição. Addison-Wesley Publishing Company, Inc.

KURTULUS, I. S.; DAVIS, E. W. (1982). Multi-project scheduling: Categorization of heuristic rules performance. *Management Science*, vol. 28, n. 2, p. 161-172.

LASTRES, H. M. M. et al. (1998). *Globalização e Inovação Localizada: Experiências de Sistemas Locais no Âmbito do Mercosul e Proposições de Políticas de C&T*. Nota Técnica 01/98. Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro - IE/UFRJ. Rio de Janeiro.

LEVY, N.; GLOBERSON, S. (1997). Improving Multiproject Management by Using a Queuing Theory Approach. *Project Management Journal*, vol. 28, n. 4, p. 40-46.

LIMA JR., J. R. (1993). *Qualidade na construção civil: conceitos e referenciais*. São Paulo, EPUSP (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/120).

MARTUCCI, R. (1990). *Projeto Tecnológico para Edificações Habitacionais: Utopia ou Desafio?* São Paulo. 438p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo.

MELHADO, S. B. (1994). *Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção*. São Paulo. Tese de doutorado – Escola Politécnica da USP.

MELHADO, S.B. (1997). *O Processo de Projeto no Contexto da Busca de Competitividade*. In: Seminário Internacional: Gestão e Tecnologia na Produção de Edifícios – São Paulo.

- MENDES Jr., R. (1997). *Aplicações de redes neurais no gerenciamento de construções*. In: III Congresso Brasileiro de Redes Neurais. ANAIS: Florianópolis-SC.
- MENDES Jr., R.; HEINECK, L. F. M. (1998). *Dados básicos para programação de edifícios com Linha de Balanço - Estudos de Casos*. In: VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - Qualidade no processo construtivo. ANAIS: Florianópolis-SC.
- MENDES Jr., R.; VACA, O. C. L. (1998). *GERAPLAN - Um sistema especialista para planejamento de edifícios de múltiplos pavimentos*. In: VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - Qualidade no processo construtivo. ANAIS: Florianópolis-SC.
- MOCCELLIN, J. V. (1989). A Two-Stage Approach to Resource-Constrained Multi-Project Scheduling Problems. *International Journal on Policy and Information*, vol. 13, n. 1, p. 1-18, June.
- MOCCELLIN, J. V. (1994). Técnicas de seqüenciamento e programação de operações em máquinas. Área de Engenharia de Produção. Departamento de Engenharia Mecânica. EESC – USP. Publicação 013/94.
- MODER, J.J.; PHILLIPS, C. R. (1970). *Project Management with CPM and PERT*. 2.ed. New York, Van Nostrand Reinhold Company.
- MORSE, L. C.; MCINTOSH, J. O.; WHITEHOUSE, G. E. (1996). Using Combinations of Heuristics to Schedule Activities of Constrained Multiple Resource Projects. *Project Management Journal*, vol. XXVII, n. 1, p. 34-40, March.
- NEVES, R. M. das; PANZETER, A. A. (2000). *Metodologia de Intervenção em Canteiro de Obras: Projeto "Ação na Obra"*. In: 5o. Seminário sobre Lean

Construction. Lean Construction Institute do Brasil. ANAIS: São Paulo - SP.

OLIVEIRA, K. A. Z. de; ALVES, T. da C. L.; FORMOSO, C.T. (2000). *O princípio da transparência aplicado ao processo de planejamento e controle da produção na construção civil*. ANAIS: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - ENTAC. Salvador - BA.

OLIVEIRA, L. R. (1994). *Modelagem do conhecimento para desenvolvimento de sistema especialista aplicado ao planejamento da produção de edifícios de vários pavimentos*. Porto Alegre. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

PEREIRA, M. J. L. B.; FONSECA, J. G. M. (1997). *Faces da Decisão: As Mudanças de Paradigmas e o Poder da Decisão*. São Paulo: Makron Books.

PHILLIPS, S. Jr.; DESSOUKI, M. I. (1977). Solving the project time/cost tradeoff problem using the minimal cut concept. *Management Science*, vol. 24, n. 4, p. 393-400 apud BOCTOR, F. F. (1993). Heuristics for scheduling projects with resource restrictions and several resource-duration modes. *International Journal of Production Research*, vol. 31, n. 11, p. 2547-2558.

PICCHI, F. A.; AGOPYAN, V. (1993). *Sistemas de Qualidade na Construção de Edifícios*. Boletim Técnico da EPUSP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/104, São Paulo.

PIRES, S. (1995). *Gestão estratégica da produção*. Piracicaba: Unimep apud SANTOS, F. C. A.; PIRES, S. (1998). *Prioridades competitivas da administração estratégica da manufatura: estudo de casos*. In: Encontro da Associação Nacional dos Programas de Pós-graduação em Administração – ENANPAD. ANAIS: Foz do Iguaçu-PR.

PMBOK - *Project Management Body of Knowledge* (2000). Versão em português

disponível na Internet em maio de 2000 por Project Management Institute, Brazil, Minas Gerais.

POMERANZ, L. (1988). *Elaboração e Análise de Projetos*. São Paulo: Hucitec.

PRITSKER et al. (1969). Multi-project scheduling with limited resources: a zero-one programming approach. *Management Science*, vol. 16, n. 1, p. 93-109 apud BOCTOR, F. F. (1993). Heuristics for scheduling projects with resource restrictions and several resource-duration modes. *International Journal of Production Research*, vol. 31, n. 11, p. 2547-2558.

REICHMANN, A. P. et al. (1998). *Implantação de um modelo de planejamento operacional da produção em uma empresa de edificações: um estudo de caso*. In: Congresso Latino-americano Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios: Soluções para o Terceiro Milênio. ANAIS: São Paulo-SP.

REIS, P. F.; ANDERY, P. R. P. (2000). *Sistemas de gestão da qualidade e lean construction: filosofias e práticas que agregam valor na gestão da produção de edifícios*. In: 5o. Seminário sobre Lean Construction. Lean Construction Institute do Brasil. ANAIS: São Paulo - SP.

RUSSELL, A. D.; WONG, W. C. M. (1993). New Generation of Planning Structures. *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, vol. 119, n. 2, p. 196-214, June.

SABBATINI, F. H. (1998). A Industrialização e o Processo de Produção de Vedações: Utopia ou Elemento de Competitividade Empresarial. In: Seminário de Vedações Verticais. São Paulo.

SANTOS, F. C. A.; PIRES, S. (1998). *Prioridades competitivas da administração estratégica da manufatura: estudo de casos*. In: Encontro da Associação Nacional dos Programas de Pós-graduação em Administração – ENANPAD.

ANAIS: Foz do Iguaçu-PR.

SHINGO, S. (1981). *A study of Toyota production system from an industrial engineering viewpoint*. Toquio, Japan Management Association.

SILVA, A. A. da (2001). *Planejamento e Controle de Múltiplos Empreendimentos em Edificações*. Florianópolis. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina.

SILVA, E. L. da; MENEZES, E. M. (2001). *Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação*. 2o. edição revisada - Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância, UFSC/PPGEP.

SILVA, S. A. R. (1993). *Métodos de programação de empreendimentos: avaliação e critérios para seleção*. São Paulo. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

SLACK, N. et al. (1997). *Administração da Produção*. São Paulo: Atlas.

SUHAIL, S. A.; NEALE, R. H. (1994). CPM/LOB: New Methodology Integrate CPM and Line of Balance. *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, vol. 120, n. 3, p. 667-684, September.

TALBOT, F. B. (1982). Resource-constrained project scheduling with time-resource trade-offs: the non-preemptive case. *Management Science*, vol. 28, n. 10, p. 1197-1210 apud BOCTOR, F. F. (1993). Heuristics for scheduling projects with resource restrictions and several resource-duration modes. *International Journal of Production Research*, vol. 31, n. 11, p. 2547-2558.

TÉCHNE (1998). *Prato feito*. Set/out, n. 36, p. 28-29.

- THABET, W.; BELIVEAU, Y. J. (1997). SCaRC: Space-constrained resource-constrained scheduling system. *Journal of Computing in Civil Engineering*, vol. 11, n. 1, p. 48-59, January.
- TSUBAKITANI, S.; DECKRO, R. F. (1990). A heuristic for multi-project scheduling with limited resources in the housing industry. *European Journal of Operational Research*, 49, p. 80-91.
- URIS, A. (1989). *O Livro de Mesa do Executivo*. São Paulo: Ed. Pioneira apud BISPO, C. A. F.; CAZARINI, E. W.. *A evolução do processo decisório*. <http://cazarini.cpd.eesc.sc.usp.br/Bispo/Art-04.htm> em março de 1999.
- VALERIANO, D. L. (1998). *Gerência em Projetos - Pesquisa, Desenvolvimento e Engenharia*. São Paulo: Makron Books.
- WIEST, J. D. (1967). A heuristic model for scheduling large project with limited resources. *Management Science*, vol. 13, n. 6, p. B359-B377.

ANEXOS

ANEXO 1: Levantamento das Empresas de Construção Civil de São Carlos

ANEXO 2: Folder da Pesquisa de Campo do Grupo de Pesquisa em Engenharia de
Produção Civil

ANEXO 3: Questionários de Entrevista

ANEXO 1:**LEVANTAMENTO DAS EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL DE SÃO
CARLOS**

Trabalho de Campo:

LEVANTAMENTO DAS EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL - SÃO CARLOS

- 1. Araguaia Construtora Brasileira de Rodovias S/A**
Av. Getúlio Vargas.....Fone: 271.9222
- 2. AVR Engenharia e Construções Ltda.**
R. 9 de Julho, 1380 sala 8Fone: 2716568
- 3. BS Engenharia e Construções Ltda.**
R. 15 de Novembro, 1965.....Fone: 271.4419
- 4. Comercial Construtora Bianco Ltda.**
R. Major José Inácio, 2292..... Fone:272.4000
- 5. Consanc Engenharia e Construções Ltda.**
Av. São Carlos, 2205 - sala 809..... Fone: 272.6569
- 6. Construtora Magri Ltda.**
R. Alberto Lanzoni, 741Fone: 272.3395
- 7. Construtora Malibu Ltda.**
R. Guatamala, 41..... Fone: 275.1650
- 8. Construtora RNP Ltda.**
R. Dom Pedro II, 1968.....Fone: 271.5548
- 9. Construtora Tobias Ltda.**
Av. São Carlos, 570..... Fone: 272.2764
- 10. Copem Consultoria de Projeto e Engenharia de Estruturas Ltda.**
R. Orlando Damiano, 2194..... Fone: 271.9403
- 11. Engenharia e Comércio Bandeirantes Ltda.**
R. 9 de Julho, 1194.....Fone: 275.2570
275.2400
274.3388
- 12. Escritório de Engenharia.**
R. A. Lanzolini, 741.....Fone: 272.3395
- 13. J. D. Almeida Construtora Ltda.**
R. Francisco Marigo, 1153..... Fone:271.1002
- 14. Martinez Incorporações e Construções Ltda**
R. São Sebastião, 2284..... Fone: 271.3679
- 15. Martinez e Micheloni Ltda.**
Av. São Carlos, 2205 e 508.....Fone: 272.3207
- 16. Mira Assumpção Construtora e Incorporações Ltda.**
Av. São Carlos, 2122..... Fone: 271.6111
- 17. Nova Era - Administração de Serviços na Construção Civil S/C Ltda.**
Av. Dr. Teixeira de Barros, 205
- 18. Novo Solo Comércio e Construções Ltda.**
Av. Getúlio Vargas, 1830.....Fone: 2711373
- 19. Procope Projetos e Construções Periotto Ltda.**
R. Riachuelo, 975.....Fone: 272.4576
- 20. Proposta Engenharia e Edificações Ltda.**
Av. São Carlos, 2821..... Fone: 271.6863
- 21. Ribe Construções Ltda.**
R. 7 de Setembro, 2391..... Fone: 272.2766
- 22. Sobloco Construtora S/A.**

23. Tortuga Construtora Ltda.

R. 7 de Setembro, 1952.....Fone: 272.4588

24. Unidade e Engenharia S/C Ltda.

R. São Sebastião, 2284

25. Vendramini Construtora Ltda.

R.Fone: 274.3412

Descalvado : DDD (019)**26. Construções Engenharia e Pavimentação Enpavi Ltda.**

Fazenda São João do Morro Alto..... Fone: 583.2344

ANEXO 2:

**FOLDER DA PESQUISA DE CAMPO DO GRUPO DE PESQUISA EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO CIVIL**

Como funciona

As pesquisas de campo são baseadas em entrevistas com os diretores, engenheiros, projetistas e outros funcionários das empresas a serem pesquisadas. Seções de fotos e filmagens dos canteiros de obras também podem fazer parte da pesquisa, sendo que as mesmas somente serão realizadas com a autorização (formal ou informal) dos diretores das empresas.

Todas as informações em referência às entrevistas, fotos e filmagens das empresas pesquisadas serão mantidas em total sigilo, inclusive o nome das empresas pesquisadas.

A divulgação de qualquer dado obtido, quando referenciado a uma empresa específica somente ocorrerá em eventos de pesquisa nacionais ou internacionais mediante autorização escrita da empresa.

Parceria

A idéia principal desta iniciativa é criar um ambiente no qual o pesquisador e a empresa possam ganhar em conjunto e a baixo custo.

O pesquisador tem a oportunidade de obter dados práticos e conhecer as reais dificuldades das empresas de construção. As empresas obtêm informações sobre os recentes conceitos e técnicas que estão sendo desenvolvidos nos principais centros de pesquisa.

Recomenda-se para um melhor aproveitamento desta parceria que os representantes das empresas em contato com o pesquisador tenham no mínimo nível hierárquico gerencial ou que estejam ligados à gestão de qualidade e produtividade.

Realização e apoio

Coordenador e Orientador
Prof. Dr. José Benedito Sacomano

Orientadores
Prof. Titular João Vitor Moccellin
Prof. Dr. Wilson Kendy Tachibana

Área de Engenharia de Produção
Escola de Engenharia de São Carlos
Universidade de São Paulo

Contatos

Área de Engenharia de Produção
Escola de Engenharia de São Carlos – USP
Av. Dr. Carlos Botelho, 1465
CEP 13560-250 São Carlos – SP
FONE/FAX: (016) 273-9428
E-mail: gpepc@egroups.com

VISITE NOSSA

<http://www.cisc.sc.usp.br/gp>

**“MELHORIAS DE
QUALIDADE
E
PRODUTIVIDADE
NA
CONSTRUÇÃO
CIVIL”**

✓ PROJETO
✓ CUSTOS
✓ PLANEJAMENTO
E
PROGRAMAÇÃO

Apresentação

Com o objetivo de promover melhorias de Qualidade e Produtividade em Empresas do setor da Construção e buscar maior aproximação entre meio acadêmico e profissional, o **Grupo de Pesquisa em Engenharia de Produção Civil – GPEPC** da Escola de Engenharia de São Carlos – EESC/USP tem a satisfação de convidá-lo a participar de quatro pesquisas de Mestrado em andamento.

Sobre o GPEPC

O Grupo de Pesquisa em Engenharia de Produção Civil - GPEPC surgiu das necessidades atuais do mercado, não só pela busca de novas técnicas e tecnologias para a sobrevivência das empresas ligadas à Indústria de Construção, mas também pela busca de uma qualificação profissional compatível com o novo ambiente competitivo. O GPEPC foi criado no ano de 1996 por pós-graduandos da Área de Engenharia de Produção da EESC/USP.

Pesquisas Concluídas

O GPEPC tem contribuído no avanço da pesquisa voltada para a construção civil com dissertações e teses na área de Engenharia de Produção. Fazem parte da estrutura de pesquisa do grupo, questões como qualidade, gestão da rede de suprimentos, tecnologia, sistemas de administração de produção, tratadas nas pesquisas já concluídas por pesquisadores do grupo. Atualmente, estão em andamento quatro pesquisas que terão como apoio este trabalho de campo junto às empresas.

✓ **Pesquisas na Área de Qualidade de Projetos**

A atividade de projeto deve ser cada vez mais valorizada na adoção de programas de qualidade por parte das empresas. Primeiro, porque fundamental para o sucesso desses programas é a coerência e a continuidade ao longo de todo o processo de produção do edifício, caso contrário, as medidas para melhoria de qualidade adotadas em uma etapa isolada poderão ser perdidas na transição entre uma fase e outra do empreendimento ou ao longo de uma mesma fase. Segundo, devido ao potencial que a atividade de projeto representa para evolução do processo como um todo, já que qualquer medida para melhoria da qualidade adotada nesta fase irá repercutir em todas as demais fases subsequentes.

Controle da Qualidade de Projetos de Edifícios - Pesquisa de mestrado, financiada pela FAPESP, que visa analisar e discutir possíveis melhorias na atividade de controle da qualidade de projetos. O controle da qualidade de projetos consiste basicamente da identificação e adoção de indicadores para medir a qualidade dos mesmos, do acompanhamento do processo e verificação de desvios, de maneira que estes possam ser eliminados em tempo hábil, e da retroalimentação de informações.

Eng^a. Helen Ulrich

Projetos Complementares

Pesquisa de mestrado, em fase inicial, que tem o intuito de estudar formas de otimização e aproveitamento das sobras de barras de aço empregadas nas estruturas de concreto armado. Inserido neste novo contexto, que prima pela preocupação com a redução do desperdício, este trabalho visa mostrar a importância dos projetos complementares na orientação do uso de materiais e dos serviços a serem executados.

Eng^a. Raquel Romminger

✓ **Planejamento e Programação**

Este trabalho de campo serve como suporte à análise da realidade da prática e/ou simplesmente do conhecimento da programação. As informações e os elementos da programação contribuirão como entradas reais na Programação Multi-Projetos, desenvolvida na pesquisa de mestrado, financiada pela FAPESP. Para as empresas, o trabalho contribui através da sugestão de uma utilização mais consciente dos sistemas de planejamento e programação apresentando as vantagens de suas aplicações.

O planejamento da produção é um instrumento de apoio à decisão que permite obter soluções mais eficientes. De caráter dinâmico, trabalha com informações e diretrizes, e define políticas e estratégias. O planejamento adequado associa-se à boa qualidade, produtividade e racionalização do processo de produção. Inserida neste planejamento, a Programação de Obra é o elemento operacional do projeto da produção.

Eng^a. Myrian T. S. Santos

✓ **Custos e Resultados** trata da análise de custos e reconhecimento de resultados e tem como objetivo identificar a maneira como as empresas enxergam seus custos e a forma como a empresa os confronta com suas receitas, responsabilizando suas diversas áreas por eles.

A formação de preço e as informações que são utilizadas para as decisões durante a construção são também analisadas. Com esses dados, pode-se dar à empresa uma noção dos impactos que estas formas de visão podem estar causando em seu resultado.

Eng. André C. B. de Aquino

ANEXO 3:**QUESTIONÁRIOS DE ENTREVISTA**

Entrevista Nro _____

Data: ____ / ____ / ____

Pesquisador: _____

QUESTIONÁRIO DE ENTREVISTA

“CARACTERIZAÇÃO”

EMPRESA: _____ FONE: _____
ENTREVISTADO: _____ CARGO: _____
ENFEREÇO: _____ CIDADE: _____
E-MAIL: _____

160

I. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA EMPRESA

CG1. Subsetor ou ramo atual de atuação:

- ☐ Apenas construção habitacional
☐ Construção habitacional e empreiteira de mão-de-obra
☐ Construção habitacional e comercialização de imóveis
☐ Construção habitacional e vendas de materiais de construção
☐ Construção habitacional e construção pesada
☐ Construção habitacional e outros ramos de construção

Nestes últimos anos houve mudanças pela empresa em seu ramo de atuação? Quando? Porque?

CG2. Quantos anos de existência tem a sua empresa?

- ☐ Até 3 anos ☐ 3 a 5 anos ☐ 6 a 10 anos ☐ acima de 11 anos

CG3. Qual o tamanho da empresa em números de empregados próprios?

- ☐ menos de 10 ☐ 11-50 ☐ 51-100 ☐ 101-250 ☐ 251-500 ☐ mais de 500

CG4. Qual o número atual de obras em andamento?

- ☐ nenhuma ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ou mais

Elas se localizam na região de São Carlos? Onde?

II. CARACTERIZAÇÃO ESPECÍFICA DA EMPRESA

CE1. Indicar o percentual de pessoal subcontratado externamente para trabalhar na obra

- a) pessoal subcontratado _____% b) pessoal próprio _____%

CE2. Distribuição percentual da mão-de-obra própria, no que se refere ao:

- a) pessoal trabalhando na produção (obra) _____%
b) pessoal lotado em áreas administrativas (escritório) _____%
c) pessoal em projeto e engenharia (engenheiros) _____%

CE3. Distribuição percentual do faturamento anual, segundo o tipo de construção

- a) construção térrea (casa) _____% d) obras públicas _____%
b) construção predial (apartamento) _____% e) outras obras _____%
c) construção industrial/ comercial _____%

CE4. Distribuição de faturamento por tipo de cliente

- a) Privados _____% d) Governo Estadual _____%
b) Estatais e/ou Administração indireta _____% e) Governo municipal _____%
c) governo Federal _____%

CE5. Montante do Faturamento Anual em dólares americanos (US\$ comercial)

- ☐ até US\$ 25000 ☐ US\$ 25000 a US\$ 50000 ☐ US\$ 50000 a US\$ 100000 ☐ acima US\$ 100000

CE6. Patrimônio Líquido em dólares americanos (US\$ comercial)

- ☐ até US\$ 100000 ☐ US\$ 100000 a US\$ 200000 ☐ US\$ 200000 a US\$ 500000 ☐ acima US\$ 500000

III. SETOR DE SUPRIMENTOS E FORNECEDORES

S1. Com relação a materiais comprados de fornecedores, quais os fatores efetivamente considerados?

- ☐ Qualidade exigida no projeto ☐ Menor preço ☐ Pontualidade de entrega
☐ Flexibilidade de entrega ☐ Relacionamento do passado ☐ Facilidade de pagamentos

Nas negociações da empresa com fornecedores, com quem está o maior poder?

A empresa busca ter alguma relação de parceria com seus fornecedores? Cite exemplos?

S2. Quem realiza a cotação e a compra dos materiais?

- ☐ escritório ☐ cada uma das obras

Qual o tempo médio entre o pedido e o recebimento de materiais?

S3. Como efetua a comercialização das unidades construídas?

- ☐ Vende diretamente a clientes ☐ Cooperativa/ consórcio ☐ Utiliza imobiliária própria
☐ Utiliza corretores autônomos ☐ Utiliza imobiliária de terceiros

S4. A empresa adota seriamente alguns destes procedimentos?

- ☐ Detalha de forma clara as especificações técnicas para as compras de materiais
☐ Compra os materiais considerando a necessidade das outras obras
☐ Controla o recebimento de materiais na obra, em qualidade e quantidade (relatórios)
☐ Inspecciona e orienta o armazenamento e movimentação de materiais em canteiro
☐ Qualifica e seleciona os fornecedores em função de seu desempenho (documentando)
☐ Promove parcerias com os fornecedores de materiais
☐ Monitora frequentemente o estoque de materiais (relatórios)

IV. PLANEJAMENTO E PROGRAMAÇÃO

P1. O planejamento e a programação das obras são realizados:

- ☐ com a preocupação de minimizar o tempo total de execução da obra
☐ buscando melhor utilização dos recursos ☐ para obter o cronograma físico da obra para acompanhamento
☐ para controle da execução das atividades seguido de reprogramação

Existem datas pré-estabelecidas de início e fim das atividades? Chega-se à definição das seqüências dessas atividades e ao dimensionamento de equipes de trabalho?

Os recursos comuns entre as várias obras (materiais/equipamentos/mão de obra) são programados de forma integrada? Como é feita a programação?

P2. Indicar os itens adotados pela empresa relativos ao planejamento da produção:

- ☐ Organização do trabalho (escolha em quantidade e qualidade do pessoal, ordenação do trabalho, acompanhamento da evolução das técnicas construtivas).
☐ Roteiros de procedimentos baseados em: redução de tempos mortos, racionalização em canteiro, ordenação de execução das atividades.
☐ Roteiros de procedimentos baseados em: prevenção de acidentes de trabalho, escolha de materiais adequados, controle de qualidade.
☐ Estudo do sistema construtivo (verificação da compatibilização dos projetos, detalhamentos, memoriais e especificações).
☐ Definição de tarefas prioritárias, atividades que podem ser executadas em paralelo, estabelecendo uma relação de dependência e determinação de datas de início e término das atividades.
☐ Organização das atividades (eventos) ao longo do tempo: cronogramas de barras, Pert-CPM, outros.
☐ Sistemas de controle de custos, de tempos, de recursos, de qualidade que fornecem os padrões para o estabelecimento dos índices de produtividade.
☐ Sistemas de informações com o registro da história tecnológica das obras que auxiliam na apropriação de índices ou medidas. Coleta de dados.

V. PROJETO

J1. A empresa projeta o layout do canteiro antes do início da obra ?

- ☐ não ☐ às vezes ☐ sempre

Em função de que critérios isto é feito ?

Na sua opinião o projeto do layout é um fator de melhoria da produtividade e da qualidade na construção?

J2. De que forma são realizados os projetos e plantas? Assinale os que são terceirizados, se possível forneça o nome das empresas contratadas?

☐ Infra-estrutura ☐ Arquitetura ☐ Estrutural ☐ Fundação ☐ Hidráulica ☐ Elétrica

Existem diretrizes de projeto e padronização de componentes e detalhes construtivos?
 Existem projetos complementares de execução (alvenaria, revestimento, impermeabilizações, etc.)?
 Existem mecanismos visando garantir a integração entre projetos?
 Existe algum mecanismo para seleção e avaliação de projetistas?
 Existe controle de recebimento de projeto?
 Existe controle de revisões de projeto?
 Existe um projeto *as built* (controle de modificações durante a execução), registro e atualização do projeto?

O que é Qualidade de Projeto na sua opinião e qual a sua importância no processo total de produção?

VI. GESTÃO GLOBAL E QUALIDADE

Q1. A direção da empresa tem demonstrado um compromisso com a qualidade em suas decisões e ações?

☐ Nenhum ☐ Pouco ☐ Moderado ☐ Bastante

Por quê ?

A empresa tem implementado algum programa de qualidade ? Qual?

Na sua opinião quais os pontos positivos e negativos do QUALIHAB?

A empresa tem buscado fazer modificações de melhoria no canteiro de obra? Cite algumas?

Quais as principais dificuldades na implementação dessas modificações?

Quais os principais resultados? Alguma das modificações não deu resultado? Porque?

Q2- Como você qualifica a atitude de seus supervisores em relação a uma qualidade contínua?

☐ Pobre ☐ Razoável ☐ Bom ☐ Excelente

Q3. O compromisso com a qualidade é compartilhado por seus funcionários? Indicar o nível de comprometimento.

☐ Pobre ☐ Razoável ☐ Bom ☐ Excelente

Q4. Seus empregados costumam adotar as políticas da empresa, na execução de seus serviços individuais?

☐ Nenhum ☐ Pouco ☐ Moderado ☐ Bastante

Q5- Algumas destas ferramentas da qualidade são conhecidas e já foram usadas na empresa?

☐ Folha de verificação	☐ Diagrama de Pareto	☐ Diagrama de causa e efeito
☐ Diagrama de dispersão	☐ CEP (controle estatístico de processo)	
☐ FMEA (failure mode and effects analysis)	☐ Estratificação	
☐ Gráfico de setor	☐ SETFI (ferramenta de priorização)	
☐ QFD (desdobramento de função qualidade)	☐ 5S	
☐ PDCA	☐ Gestão participativa	☐ Folha de planejamento (5W2H)
☐ Avaliação de fornecedores		

O que se pretende melhorar com a aplicação dessas ferramentas?

Quais as principais dificuldades para implementá-las?

Quais os principais resultados de sua aplicação?

Alguma ferramenta foi implementada e depois abandonada ? Qual ? Por quê? Alguma foi impossível ser implementada ? Por quê?

Q6. Na sua opinião o desperdício de materiais ocorre por:

- ☐ Erros ou falhas de detalhamento de projeto
- ☐ Retrabalho provocado por despreparo da mão-de-obra
- ☐ Canteiro de obras organizado de forma inadequada
- ☐ Deficiência no método de transporte fornecedor-obra
- ☐ Deficiência no manuseio de materiais na obra
- ☐ Quebras e perdas devido à má qualidade dos materiais

O desperdício de Tempo e Mão de Obra é mais significativo que o desperdício de materiais? Porque?

Q7. Na sua opinião, quais os três fatores mais importantes para melhorar a lucratividade de sua empresa? Assinalar apenas três por ordem de importância, numerando-os, sendo que o número 1 significa o mais importante:

- ☐ Tempo de construção do imóvel
- ☐ Custo de mão-de-obra por unidade construída
- ☐ Custo de materiais por unidade construída
- ☐ Despesas gerais administrativas
- ☐ Qualidade final do imóvel construído
- ☐ Pontualidade final do imóvel construído
- ☐ Qualidade de recebimento de materiais dos fornecedores
- ☐ Volume dos estoques de materiais de construção
- ☐ Volume dos imóveis construídos/ em construção e não vendidos
- ☐ Redução de acidentes de trabalho/ nº de dias de afastamento do trabalho

Q8. Sua empresa desenvolve algum tipo de programa de treinamento pessoal? Em que área?

- ☐ administrativa (pessoal de escritório) ☐ produção/obras

Para o que são estes treinamentos e costumam ser ministrado de que forma? Em que horário?

Q9. Como é a aceitação da mão-de-obra em relação aos treinamentos?

- ☐ Pobre ☐ Razoável ☐ Bom ☐ Excelente

Quais os resultados obtidos ?

VII. ASPECTOS TECNOLÓGICOS

T1. A Empresa adota algum tipo de modernização tecnológica?

- ☐ Na execução de obras ☐ No *layout* do canteiro de obras
☐ No manuseio de materiais ☐ Racionalização no uso de máquinas/equipamentos

T2. Que tipo de aplicativo/ *software* sua empresa utiliza em microcomputadores?

- ☐ Processador de texto ☐ Projetos/desenho ☐ Controle de estoques e fornecedores
☐ Finanças e contabilidade ☐ Projeto/cálculo ☐ Orçamento
☐ Planejamento, qual? (_____)

T3. Na sua opinião, quais são os fatores de estímulo para o desenvolvimento tecnológico de sua empresa?

- ☐ Conquista e ampliação do mercado ☐ Possibilidade de elevação dos preços
☐ Melhoria da qualidade do produto habitação ☐ Maior rapidez na execução das obras
☐ Diminuição dos custos de construção

T4. Em sua opinião, quais os fatores restritivos ao desenvolvimento tecnológico de sua empresa?

- ☐ Situação econômica do país ☐ Altos custos de implantação das inovações
☐ Qualidade da mão-de-obra ☐ Falta de obras/ descontinuidade
☐ Normalização e/ou códigos de obras/construção

T5. Que fatores externos podem influenciar o melhor desempenho do setor como um todo?

- ☐ Política habitacional definida e estável
☐ Maior controle de preço dos insumos produtivos
☐ Incentivo governamental a programas de treinamento de pessoal
☐ Incentivo governamental ao desenvolvimento tecnológico
☐ Outras políticas governamentais de apoio às pequenas e médias empresas do setor

T6. Quais técnicas ou métodos construtivos inovadores aplicados às construções habitacionais podem melhorar a produtividade em sua empresa? 164

☐ Inovações técnicas em elementos de alvenaria	☐ Kits de material modularizado
☐ Inovações técnicas em painéis de concreto/ outros materiais	
☐ Modularização global em termos de alvenaria, esquadrias, madeira, e teto	
☐ Pré-moldados em colunas, vigas, lajes	☐ Formas metálicas deslizantes para paredes e tetos
☐ Kits de elementos elétricos	☐ Kits hidráulicos pré-moldados
☐ Esquadrias pré-montadas	

T7. Com relação ao número de componentes ou itens utilizados nas construções habitacionais, há possibilidade de sua redução em função de:

☐ Inovações técnicas nos materiais e componentes	☐ Padronização de projetos, desenhos e plantas
☐ Inovações nos processos construtivos	☐ Padronização de componentes aplicados à obra
- Outros:

VIII. CUSTOS

C1. Como são tratados os custos na fase de planejamento da obra? Indique aquelas que são consideradas.

- ☐ Orçamentação baseada na lista de materiais e serviços
☐ Na orçamentação, a tomada de preços é realizada em vários fornecedores, onde são classificados
☐ Na orçamentação, a tomada de preços é realizada de forma aleatória com um único fornecedor
☐ A compra efetiva do material geralmente é realizada com o fornecedor no qual foi feito a tomada de preço

C2. Na fase de execução e controle, existe algum tipo de controle do consumo de materiais?

- ☐ Sim ☐ Não

Quais os materiais mais controlados e como é feito este controle?

O consumo real é comparado com o consumo orçado? Quando é feita esta análise, durante a execução ou ao final da obra?

C3. Existe alguma filosofia de custos que seja adotada de forma efetiva na empresa?

- ☐ Custeio direto ☐ Rateio de custos fixos ☐ Custeio ABC ☐ Teoria do ganho ou restrições

C4. É utilizado o BDI no preço de cada unidade ou da obra em si?

- ☐ Sim, como é composto?
☐ Não, como é formado o preço então?

C5. Como é decidido se o resultado de um empreendimento específico foi bem sucedido?

- ☐ Pela recuperação da venda do capital investido
☐ Comparando o custo projetado com o custo efetivo (real)
☐ Pelo pagamento das despesas e formação de caixa positivo

C6. Como é feita a contabilidade da empresa e como ela influencia em suas decisões?

- Quanto à forma: ☐ Contabilidade Interna ☐ Contabilidade Externa
Quanto a sua influência: ☐ nenhuma ☐ baixa ☐ alta

Quais os dados que são usualmente utilizados e obtidos da contabilidade? Para que servem?

É tomada alguma decisão em cima dela?

IX. APROVEITAMENTO DA ENTREVISTA

A1. Qual a sua opinião em relação ao nível técnico das perguntas?

- ☐ Pobre ☐ Razoável ☐ Bom ☐ Muito Bom

Por parte do entrevistado, teve-se ganho de conhecimento?

A2. Gostaria de participar das outras entrevistas específicas? _____ Quais?

- ☐ Projeto ☐ Planejamento e Programação ☐ Rede de Suprimentos ☐ Custos

GPEPC

GRUPO DE PESQUISA EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO CIVIL

Entrevista Nro _____

Data: ____/____/____

Pesquisadora: Myrian T. S. Santos

EMPRESA: _____ FONE: _____

ENTREVISTADO: _____ CARGO: _____

ENFEREÇO: _____ CIDADE: _____

Questionário Específico sobre Planejamento da Produção e Programação dos Projetos

Planejar uma obra é um dos grandes desafios na construção civil. Considerando as mudanças na economia e política industrial devido ao processo de globalização dos mercados e da produção, surge a necessidade de reestruturar os métodos de gestão. Gestão da Qualidade, o código do consumidor, a ISO 9000 são recentes preocupações dos empresários da construção. “As normas da série ISO 9000, quando bem aplicadas nas construtoras, implicam rigoroso controle não somente dos processos construtivos, mas também dos processos administrativos - planejamento da obra, treinamento e qualificação dos funcionários...” (Mattei, 1998). Como são tratados o planejamento e a programação na tomada de decisões no âmbito da empresa e de seus empreendimentos?

1. O planejamento e a programação têm como objetivo a previsão do comportamento das obras com relação a prazos, custos e recursos (dimensionamento de mão-de-obra, suprimentos e alocação de equipamentos e máquinas). Como a empresa trata o problema de alocação de recursos comuns e limitados entre suas obras?

2. Quais recursos seriam interessantes de se considerar na programação buscando uma melhor solução para sua alocação?

3. Os recursos comuns entre suas obras são planejados de forma integrada? Seria interessante uma programação integrada, ou seja, obter informações de uma programação que englobasse todas as atividades dos empreendimentos a fim de melhor utilizar os recursos: mão-de-obra, materiais ou equipamentos?

4. A ocorrência de atraso na execução de um projeto (obra) é sempre desfavorável, incorrendo em uma penalidade. Um atraso pode ser mais desfavorável em um projeto do que em outro? O que consideram para medir essa penalidade?

5. Trabalham com softwares de planejamento (para a programação) ou de gerenciamento?