



UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS
FACULDADE DE ENGENHARIA



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL



Bruno Carneiro Di Bello

**Uma metodologia de planejamento aplicado à cadeia de
suprimentos de construções prediais**

Rio de Janeiro

2007

Bruno Carneiro Di Bello

**Uma metodologia de planejamento aplicado à cadeia de
suprimentos de construções prediais**

Dissertação apresentada como requisito parcial
para a obtenção do título de Mestre, ao Programa
de Pós-Graduação em Engenharia Civil, da
Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de
concentração: Estruturas e Geotecnia

Orientador: Prof. Dr. Cyro Alves Borges Junior

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Maria Elizabeth da Nóbrega Tavares

Rio de Janeiro

2007

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ/REDE SIRIUS/NPROTEC

D536 Di Bello, Bruno Carneiro.
Uma metodologia de planejamento aplicado à
cadeia de suprimentos de construções prediais /
Bruno Carneiro Di Bello.- 2007.
183 f. : il.

Orientador: Cyro Alves Borges Júnior.
Co-orientadora: Maria Elizabeth N. Tavares.
Dissertação (mestrado) – Universidade do Estado
do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia.

1. Construção civil – Controle de produção – Teses.
2. Engenharia civil – Teses. I. Borges Júnior, Cyro
Alves. II. Tavares, Maria Elizabeth da Nóbrega
III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro.
Faculdade de Engenharia. IV. Título.

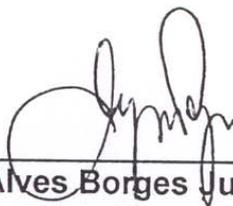
CDU 69:658.5

Uma Metodologia de Planejamento Aplicada à Cadeia de Suprimentos de Construções Prediais

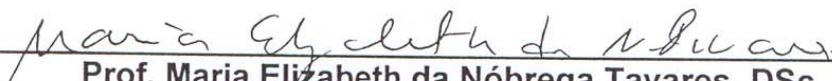
Bruno Carneiro Di Bello

Dissertação apresentada ao PGECIV - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, como parte requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil. Ênfase: Construção Civil.

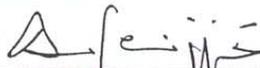
Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada



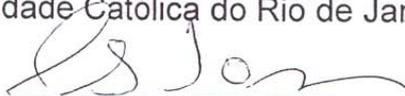
Prof. Cyro Alves Borges Junior, DSc – Presidente
Departamento de Engenharia Mecânica – UERJ



Prof. Maria Elizabeth da Nóbrega Tavares, DSc
Departamento de Estruturas e Fundações – UERJ



Prof. Bruno Feijó, PhD
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC -Rio



Prof. Carlos Alberto Pereira Soares, DSc
Universidade Federal Fluminense – UFF

A Deus, por ter iluminado meu caminho ao longo de todos estes anos, aos meus pais, irmão, amigos e namorada pelo carinho e incentivo ao meu trabalho.

Agradecimentos

Ao meu orientador, Prof. Cyro Borges por toda a ajuda e amizade, fortalecida durante a realização deste trabalho. E a todos os professores do corpo docente do PGECIV.

A todo o departamento de Planejamento e Controle Industrial (IPC) da NUCLEP, por disponibilizar o software Primavera P3e como base para o desenvolvimento da aplicação do Sistema de Informações Gerenciais proposto por essa dissertação. E para a empresa STEI, por oferecer o devido conhecimento prático sobre este sistema.

Aos parentes e amigos (as) que contribuíram de forma positiva e paciente para a conclusão deste trabalho. Registro aqui uma homenagem como recompensa pela execução desta dissertação diante da grandeza dessas pessoas.

À FAPERJ – Fundação de Amparo e Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro, pelo auxílio financeiro recebido ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

Resumo

DI BELLO, Bruno Carneiro. **Uma metodologia de planejamento aplicado à cadeia de suprimentos de construções prediais**. 2007. 183 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2007.

O objetivo deste trabalho é o gerenciamento da cadeia de suprimentos a partir da sincronização do fluxo do processo construtivo à logística de abastecimento do canteiro de obras, visando à redução dos tempos de espera e à eliminação das paradas no processo produtivo. A supressão dos desperdícios e redução do tempo de execução das atividades realizadas nos canteiros de obra da construção predial pode ser obtida por meio do uso de diversas ferramentas de Planejamento e Controle da Produção (PCP), como o MRP, JIT, e outras. Entretanto, o gerenciamento do projeto e o PCP não podem apenas vislumbrar soluções para os problemas do canteiro, mas sim de todo o sistema da cadeia de valor. É, portanto, necessária uma gestão integrada com seus colaboradores (projetista, fornecedores, etc), em que se fará uso do conceito de Design Colaborativo e da Gestão da Cadeia de Suprimentos. A cooperação destas equipes é fundamental e uma tomada de decisão compartilhada é de suma importância. A comunicação e a colaboração se tornam fundamentais para o desenvolvimento da Metodologia de Planejamento proposta neste trabalho, definindo os procedimentos impostos ao Sistema de Informações Gerenciais (SIG) que melhor avaliam a relação do fluxo do processo construtivo da obra com a cadeia de fornecedores. Essa integração resulta em ganhos significativos de produtividade e redução dos prazos do projeto.

Palavras-chave

Administração da Produção, Tecnologia de Informação, Sistemas de Informações Gerenciais, Planejamento, Construção Predial e Primavera P3e.

Abstract

The objective of this work is the supply chain management, based on the synchronization of the flow of the Construction process with the logistics of the construction site supply, seeking a reduction of the wait times and the elimination of stoppages in the productive process. The elimination of waste and the reduction of execution times of activities carried out at construction sites can be achieved by the use of various tools of Planning and Control of Production (PCP), such as the MRP, JIT, among others. However, project management and PCP cannot glimpse only a solution for the problems of the construction site, but also of all the value chain system. Management needs to be integrated with its collaborators (designer, suppliers, etc), so as to use the concepts of Collaborative Design and Supply Chain Management. The cooperation of these teams is basic and shared decision making is of the utmost importance. Communication and collaboration become key for the development of the Planning Methodology proposed in this work, and define the procedures which must be imposed on the Management Information System, to best gauge the relation of the constructive process flow of the job to the chain of suppliers. This integration results in significant gains in productivity and reduction of project timetables.

Key-words

Production Management, Information Technology, Management Information System, Planning, Building Construction, and Primavera P3e.

Sumário

Resumo.....	6
1. INTRODUÇÃO	17
1.1. Descrição do Problema	17
1.2. Questões da Pesquisa	20
1.3. Pressupostos.....	20
1.4. Objetivos	22
1.4.1. Objetivo Geral	22
1.4.2. Objetivos Específicos	22
1.5. Relevância do Estudo	23
1.6. Limitações da Pesquisa.....	24
1.7. Organização e Estrutura do Trabalho	24
2. REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA	26
2.1. Introdução.....	26
2.2. Gerenciamento de Projetos.....	27
2.2.1. Gerenciamento do Escopo do Projeto	31
2.2.2. Gerenciamento de Tempo do Projeto	36
2.2.2.1. Definição da Atividade.....	39
2.2.2.2. Seqüenciamento de atividades	43
2.2.2.3. Estimativa de duração da atividade	47
2.2.2.4. Desenvolvimento do cronograma	49
2.2.2.5. Restrições genéricas impostas ao planejamento da produção	52
2.2.2.6. Controle do cronograma.....	58
2.2.3. Gerenciamento dos recursos do projeto	61
2.2.4. Gerenciamento de aquisições do projeto.....	68
2.2.5. Gerenciamento das comunicações do projeto.....	70
2.2.6. Gerenciamento de projetos de construção de edificações	72
2.3. Ambiente de Projetos <i>Versus</i> Ambiente de Manufatura Industrial.....	73
2.4. Administração da Produção.....	76
2.4.1. Planejamento e Controle da Produção (PCP)	76
2.4.1.1. Gestão de estoques	77

2.4.1.2. Mapeamento dos ciclos de pedidos entre a obra e os fornecedores	78
2.4.1.3. Gestão da Cadeia de Suprimentos (GCS).....	81
2.4.2. Logística de entrega interna e externa.....	83
2.4.3. <i>JIT (Just-In-Time)</i> na Construção Civil.....	84
2.4.4. <i>Material Requirements Planning (MRP I)</i>	86
2.4.5. Estrutura Híbrida: MRP + JIT	88
2.4.6. Aplicação das ferramentas de Administração da Produção na construção de edificações ...	89
2.5. Uso das Tecnologias da Informação na Construção	95
2.5.1. Requisitos para um ambiente colaborativo	96
2.5.2. Design colaborativo.....	97
2.5.3. TI integrando a Cadeia de Suprimentos	100
2.5.4. Desenvolvimento do Sistema de Informações Gerenciais (SIG) Integrada para a Construção	103
2.5.5. Desenvolvimento do Sistema de Apoio a Decisão (SAD)	108
2.5.6. Perspectivas para novos usos da TI na construção civil	110
3. METODOLOGIA.....	112
3.1. Introdução	112
3.2. Especificações das Técnicas e Ferramentas Utilizadas	114
3.3. Descrição da Aplicação das Técnicas e Ferramentas em Um Projeto de Edificações	116
4. DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA DE PLANEJAMENTO	118
4.1. Introdução	118
4.2. Caracterização da Construção Predial: Estudo de caso do Bloco de Coroamento	118
4.2.1. Mapeamento dos processos construtivos.....	120
4.2.1.1. Cravação do tubo	121
4.2.1.2. Determinação do término da cravação do tubo Franki.....	121
4.2.1.3. Execução da Base Alargada	121
4.2.1.4. Colocação da Armadura.....	122
4.2.1.5. Execução da concretagem do fuste com a extração do tubo	123
4.3. Aplicação das Práticas Gerenciais de Projetos pelo Software Primavera P3e	124
4.3.1. Estrutura Analítica de Projetos (EAP) do Bloco de Coroamento	125
4.3.2. Definição das atividades da EAP	127
4.3.3. Determinação dos relacionamentos lógicos entre as atividades.....	129
4.3.4. Rede do projeto.....	130
4.3.5. Determinação das durações das atividades	132
4.3.6. Desenvolvimento do cronograma para programação do projeto.....	133

4.3.7. Determinar o caminho crítico	134
4.3.8. Determinar o tipo e a quantidade de recursos necessários para desenvolver cada atividade	136
4.4. Administração da Produção da Construção	139
4.4.1. Aplicação das ferramentas e técnicas para controle externo	140
4.4.1.1. Tempo de Ciclo de Pedido	141
4.4.1.2. Aplicação do MRP à Cadeia de Suprimentos	142
4.4.2. Aplicação das ferramentas e técnicas para controle interno	142
4.4.2.1. Fluxo produtivo nos Postos Job-Shops	144
4.4.2.2. Controle da produção com foco na Gestão do Conhecimento	147
4.4.3. Desenvolvimento do Planejamento do Processo	149
4.5. Elaboração conceitual do SIG	152
4.5.1. Estruturação e sistematização do uso da informação	152
4.5.2. O uso da TI no Projeto da Edificação	153
4.5.3. Problemas de Design Colaborativo	155
4.5.4. PCP x Design Colaborativo	155
4.6. Uso do sistema <i>Primavera</i> como agente integrador (SIG do Projeto)	157
4.6.1. Fluxo do planejamento do projeto	158
4.6.2. Controle de revisões	159
4.6.3. Gerenciamento de documentos	162
4.6.4. Agenda de contatos	162
4.6.5. Envio de comunicados/notificações	162
4.6.6. Comunicação com usuários externos ao sistema	166
4.6.7. Sistema de busca	167
4.6.8. Arquivamento do projeto	169
4.6.9. Visualizar relatórios e estatísticas do projeto	170
4.6.10. Monitoramento do sistema	171
4.7. Integração entre empresas no processo de planejamento (SIG Integrado)	171
4.8. Uso do <i>Primavera</i> como suporte à tomada de decisão (SAD do Projeto)	174
5. CONCLUSÃO	175
5.1. Sugestões para futuros estudos	176

Lista de Figuras

Figura 2.1 – Áreas de conhecimento da Metodologia de Planejamento.	27
Figura 2.2. Áreas estudadas do Gerenciamento de Projetos.	28
Figura 2.3 - Fluxograma de Gerência dos Processos do Projeto.	29
Figura 2.4 - Dados da empresa.	30
Figura 2.5 - Dados do projeto.	31
Figura 2.6 - Item decomposto.	32
Figura 2.7 - Exemplo de estrutura analítica do projeto com alguns ramos decompostos até o nível de pacotes de trabalho.	33
Figura 2.8 - Exemplo de Estrutura Analítica do Projeto para Prédios no Gerenciador de Projetos (<i>Primavera P3e</i>).	34
Figura 2.9 - Alocação de Responsabilidade na EAP no <i>Primavera P3e</i>	35
Figura 2.10 - Visão Geral da Gerência do Tempo do Projeto.	38
Figura 2.11 - Atributos das Atividades do <i>Software Primavera P3e</i>	40
Figura 2.12 - Tipos de Atividades do <i>Primavera Project Enterprise</i>	42
Figura 2.13 - Atributos das Atividades do <i>software Primavera P3e</i>	43
Figura 2.14 - Método do Diagrama de Precedência.	44
Figura 2.15 - Dependência ou Relações de Precedência.	45
Figura 2.16 - Método do Caminho Crítico (CPM) – Passagem Para Frente.	51
Figura 2.17 - Método do Caminho Crítico (CPM) – Passagem Para Trás.	52
Figura 2.18 - Restrições de Atividades do <i>Primavera Project Enterprise</i>	54
Figura 2.19 - Estrutura do <i>Last Planner</i>	56
Figura 2.20 - Níveis de Gerenciamento de Restrições das atividades no Sistema de Planejamento.	56
Figura 2.21 - Fluxo para a Emissão do <i>Lookahead</i>	57
Figura 2.22 - Cronograma na forma tabular e na forma gráfica no <i>Primavera P3e</i>	59
Figura 2.23 - Cronograma sumarizado em formato estruturado de EAP no <i>Primavera P3e</i>	59
Figura 2.24 - Dados adicionais: Recursos necessários.	60
Figura 2.25 - Estrutura Analítica dos Recursos no <i>Primavera P3e</i>	62
Figura 2.26 - Calendário de recurso no <i>Primavera P3e</i>	63
Figura 2.27 - Detalhes de recursos do <i>software Primavera P3e</i>	64
Figura 2.28 - Alocação de recursos (M.O. e Material) no plano do projeto.	66
Figura 2.29 - Cálculo de programação por nivelamento de recursos no <i>Primavera P3e</i>	67
Figura 2.30 - O Modelo Geral de Administração da Produção.	73
Figura 2.31 - Diagrama de Fluxo do Processo de Gerenciamento de Projetos.	75
Figura 2.32 - Áreas estudadas da Administração da Produção.	76
Figura 2.33 - Fluxograma resumido do Ciclo de Pedidos.	80
Figura 2.34 - Modelo de Planejamento e Controle da Produção.	90
Figura 2.35 - Correlação TI x SIG x <i>Primavera</i>	95

Figura 3.1 - Correlação das técnicas e áreas de conhecimentos da Metodologia de Planejamento proposta.....	113
Figura 3.2 - JIT X SIG X MRP	117
Figura 4.1 - Bloco de Coroamento.	119
Figura 4.2 - Dimensões do Bloco de Coroamento.	120
Figura 4.3 - Armadura da Estaca.....	122
Figura 4.4 - Fuste apiloado.	123
Figura 4.5 - Diagrama de blocos (<i>chart view</i>).	126
Figura 4.6 - Quadro de EAP (WBS table).	127
Figura 4.7 - Quadro de Atividades em formato de planilha.	128
Figura 4.8 - Atividades em formato de blocos de rede.	128
Figura 4.9 - Detalhes das Atividades	129
Figura 4.10 - Relacionamentos lógicos entre atividades	130
Figura 4.11 - Exemplo dos tipos de relacionamentos.....	130
Figura 4.12 - Rede do Projeto.....	131
Figura 4.13 - Rede pela Quadro de Atividades e no Diagrama de Barras.	132
Figura 4.14 - Cálculo da programação.....	133
Figura 4.15 - Sumário das atividades programadas.....	134
Figura 4.16 - Cálculo da Programação para frente e para Trás.....	135
Figura 4.17 - Dicionário de Recursos.....	136
Figura 4.18 - Detalhes do recurso com o preço e disponibilidades do recurso Madeirite	137
Figura 4.19 - Alocação dos recursos nas atividades do projeto.	138
Figura 4.20 - Planilha de recursos.	139
Figura 4.21 - Configuração do <i>Layout</i> versus Programação do Canteiro.....	143
Figura 4.22 - Ciclo de Pedido x Ciclo de Entrega.	144
Figura 4.23 - Programação <i>Job-Shop</i> no Sistema <i>Primavera P3e</i>	146
Figura 4.24 - Gerenciador de Metodologias - Inspeção de Concreto.....	148
Figura 4.25 - Gerenciador de Metodologias – Plug-in	149
Figura 4.26 - Diagrama de Planejamento do Fluxo do Processo.	150
Figura 4.27 - Diagrama de Execução do Fluxo do Processo.	151
Figura 4.28 - Diagrama de Controle do Fluxo do Processo.....	152
Figura 4.29 - Compartilhamento dos dados do projeto.....	159
Figura 4.30 - Criação de documentos.	160
Figura 4.31 - Alocação de documentos no planejamento do projeto.....	161
Figura 4.32 - Localização de documentos	162
Figura 4.33 - Criação de notificação e envio via <i>e-mail</i>	164
Figura 4.34 - Histórico das notificações.	164
Figura 4.35 - Navegador de Notificações.....	165
Figura 4.36 - Notificação via Quadro de Anotações.	166
Figura 4.37 - Transformação do <i>Primavera</i> (.xer) em web (.htm).....	166

Figura 4.38 - Publicação do plano do projeto como um <i>Web site</i> .	167
Figura 4.39 - Definição do <i>Layout</i> .	168
Figura 4.40 - Exemplo de <i>Layout</i> : recebimentos de materiais.	169
Figura 4.41 - Formatos para arquivamento do projeto.	170
Figura 4.42 - Relatório de notificação.	170
Figura 4.43 - Autorizações dos participantes do Sistema.	172

Lista de Quadros

Quadro 2.1 - Tipos de Atividades do Cronograma de um Projeto.....	41
Quadro 2.2 - Relacionamentos com Defasagem (<i>Lag</i>) no Gerenciador de Projetos.....	46
Quadro 2.3 - Restrições Adicionais.....	53
Quadro 2.4 - Quadro de Detalhes de recursos do <i>software Primavera P3e</i>	65
Quadro 2.5 - Oportunidades de Melhorias.....	93
Quadro 2.6 – Entradas do sistema de Base de Dados.....	105

Lista de Abreviaturas

BOM	<i>Bill of Material</i> (Lista de Materiais)
CAM	<i>Computer Aided Manufacturing</i> (Manufatura Auxiliada por Computador)
CIM	<i>Computer integration Manufacturing</i> (Manufatura Integrada por Computador)
CPM	Critical Path Method (Método do Caminho Crítico)
EAP	Estrutura Analítica do Projeto
EDI	Electronic Data Interchange (Intercâmbio Eletrônico de Dados)
ERP	Enterprise Resource Planning (Planejamento dos Recursos da Empresa)
GCS	Gestão da Cadeia de Suprimentos
JIT	<i>Just in Time</i>
KANBAN	Sistema de Produção por cartões
MDP	Método do Diagrama de Precedência
MFV	Mapeamento do Fluxo de Valor
MRP	Material Requirements Planning (Planejamento das Necessidades de Materiais)
MRP II	Manufacturing Resources Planning (Planejamento dos Recursos de Manufaturas)
PCP	Planejamento e Controle da Produção
PERT	Project Evaluation and Review Technique (Técnica de Avaliação e Revisão de Projetos)
PMBOK	PMBOK - <i>Project Management Body of Knowledge</i> (Guia do Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos)
SAD	Sistema de Apoio a Decisão
SCM	Supply Chain Management (Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos)
SIG	Sistema de Informações Gerenciais
TI	Tecnologia de Informação
TQM	Total Quality Management (Gestão da Qualidade Total)

“Contemple o mundo com novo frescor, com os olhos de um principiante. Saber que você não sabe e estar disposto a admitir isso sem desculpas nem acanhamento é ser fonte de verdade e preparar o terreno para aprender e progredir em qualquer atividade.”

Epicteto, A Arte de Viver

1. INTRODUÇÃO

1.1. Descrição do Problema

A indústria da construção civil está inserida num mercado cada dia mais competitivo. Apesar disso, continua, em muitos casos, a utilizar conceitos ultrapassados de gerenciamento. A falta de investimentos em tecnologia, planejamento e controle das etapas produtivas ocasionam perdas expressivas nos insumos empregados. As práticas gerenciais encontram-se incompatíveis com a atual solicitação do mercado imobiliário.

Algumas características são peculiares da construção predial, tais como: confecção de produtos exclusivos, imobilidade física, execução no local da obra, valor do terreno dependente de localização, longo prazo despendido entre projeto e construção, produto com ciclo de vida muito longo e fragmentação da indústria da construção civil, incluindo ainda a baixa formação escolar entre os operários. Dessa forma, reúnem-se condições que podem dificultar a melhoria dos processos de construção, sujeitos a interrupções durante seu desenvolvimento. Tais condições podem estar relacionadas à divisão dos tempos praticados em obra, às atividades de fluxo do trabalho ou a fatores externos à empresa no que se refere à aquisição de materiais. Podem ainda ocasionar problemas como a necessidade de realocação de recursos e o aumento do prazo de construção.

Devido a essas características, a indústria da construção civil, bastante diferente da manufatura tradicional, apresenta seu próprio fluxo produtivo, em que algumas fases necessitam de maior tempo para execução. Geram-se também longos prazos no ciclo dos pedidos para os fluxos da construção.

Esses fluxos apresentam gargalos, perdas por processos ineficientes ou flutuações no fornecimento de insumos, podendo ocorrer variações nos prazos previstos para determinadas etapas, com transtornos no andamento do fluxo produtivo que reduzem a confiabilidade nos prazos de entrega.

Um melhor planejamento e controle das obras civis, que reduzam o tempo de construção, são os objetivos do gerenciamento do tempo de projeto (PMI, 2004). No PMBOK (2000) - Guia do Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos – é realçado o gerenciamento do tempo da cadeia de fornecedores, visando à redução do ciclo do pedido. Entretanto, a redução do tempo do ciclo do pedido deve ser alcançada, tanto se diminuindo o tempo médio de entrega dos produtos, quanto aumentando-se a confiabilidade dos prazos negociados. A variação dos prazos deve ser limitada a valores mínimos

(*Forward Scheduling* – Programação para Frente) e máximos (*Backward Scheduling* – Programação para Trás), para planejar o uso dos produtos ou serviços.

A aplicação de métodos de redes para determinação dos prazos de entrega dos produtos pode ocasionar uma forte influência da logística sobre as etapas executivas da construção. A construção predial define-se por ser fixa em determinado local, devendo ser ali planejada e montada. Desta forma, há necessidade de aquisição de materiais e subprodutos acabados, estocagem e outras tarefas que, ao serem otimizadas, podem trazer reduções significativas no encurtamento dos prazos de entrega.

Para estas reduções, o planejador, por meio da correta análise das variáveis que compõem a Cadeia de Suprimentos, é capaz de diminuir a variabilidade dos prazos das várias etapas do fluxo produtivo para cada insumo e promover processos confiáveis, diminuindo o tempo total do ciclo do pedido. Tal diminuição poderá ser conseguida por meio da melhoria dos sistemas logísticos e de informações.

Desta forma, realizaram-se pesquisas para a solução de problemas relacionados ao cumprimento de prazos e ao uso dos recursos de produção. Nesta dissertação, foram estudadas as pesquisas desenvolvidas na área, dentre eles: Koskela (1992), Slack (1999), Goldratt (1997), Tommelein e Weisseberger (1999). Tommelein (1999) busca representar o processo construtivo por meio de instrumentos de mapeamento de cadeia de valor, preocupando-se em estabelecer a lógica de comunicação entre os integrantes desta cadeia.

É necessário detalhar os processos de produção internos que favoreçam a estabilização do ritmo da produção, de tal maneira que o fluxo possa ser contínuo, tornando viável a produção puxada, com a redução dos estoques de matéria-prima e de mão-de-obra. Segundo Slack (1999), este objetivo pode ser alcançado por meio da técnica da produção *Just-In-Time* (JIT), que atende à demanda instantaneamente, com qualidade perfeita e sem desperdícios, ou trazendo um impacto positivo na habilidade da produção, além do aprimoramento da eficiência intrínseca da construtora. Para esta melhoria, o setor de construção deve buscar a racionalização e a padronização de seus processos, tendo como alternativa a produção de componentes parcial ou totalmente fabricados fora do canteiro de obra, sendo entregues posteriormente pelo seu fornecedor.

Ainda segundo Koskela (2002), uma das causas de interrupção dos processos está no fluxo de informações. Pode-se inferir que o problema da produção não está apenas no transporte, na espera ou na movimentação dos recursos de construção, mas, principalmente, na informação que interliga essas atividades e que pode ser visualizada por meio da rede de precedência para a execução, bem como no momento de disponibilidade de seus recursos.

Com o avanço tecnológico, torna-se de grande importância na construção civil desenvolver uma metodologia de gestão de estoques que enfoque as necessidades

gerenciais, utilizando sistemas computacionais que favoreçam o uso do *Material Requirement Planning* (MRP), conjugado ao planejamento da obra, sob o auxílio de práticas logísticas que resultem em construções rápidas, seguras e dentro do orçamento.

Procurou-se identificar como os autores referidos acima abordaram o fluxo produtivo, suas interrupções e o momento em que estas ocorrem, a fim de fornecer informações ao mapeamento do processo. Segundo eles, existem atividades que, quando não verificadas, causam descontinuidades nos processos de produção. Buscou-se identificá-las nos processos, rastreando-as nos serviços de construção. O problema remete a uma fase prévia de definição e identificação das atividades que interrompem o fluxo do trabalho, categorizando-as, para então investigar suas conseqüências para a edificação.

Considera-se a incorporação de técnicas e ferramentas que colaborem para a estabilidade do fluxo de produção no canteiro como um avanço do conhecimento na área de planejamento e programação de obra. Para essas melhorias, alguns instrumentos gerenciais são levados em consideração, tais como: adoção do gerenciamento da cadeia de suprimento com o uso do *Just-in-Time* (JIT) em conjunto com o *Material Requirement Planning* (MRP), sincronizando o fluxo do processo construtivo da obra com o fluxo do processo de produção da cadeia de fornecedores.

Para a construção civil, esse sistema híbrido é conveniente ao gerenciamento das compras dos insumos. Utiliza-se o MRP para controle dos fornecedores (a partir do seu controle das listas de materiais) e o JIT para o controle interno do fornecimento junto às frentes de trabalho da obra.

Para tanto, é necessário o uso de ferramentas baseadas em tecnologias de informação, através da definição de um SIG (Sistema de Informações Gerenciais). Ele vai facilitar o ajuste do fluxo do processo construtivo à logística de abastecimento do canteiro de obra, atuando diretamente na Gestão da Cadeia de Suprimentos. O SIG atuará diretamente no tempo do ciclo do pedido, que, por definição, é o tempo decorrido entre a colocação do pedido pelo gerente e a sua entrega pelo fornecedor.

Quando as decisões são tomadas sem se considerar todas as informações necessárias da obra e dos colaboradores do empreendimento (dentre eles, os fornecedores), podem ocasionar perdas de trabalho, indefinições do produto e considerações inadequadas ou insuficientes sobre as necessidades do projeto, afinal, o principal uso da informação é na tomada de decisão. A informação com qualidade para tomada de decisão deve ser precisa, oportuna e completa (REZENDE, 2000).

A motivação para este projeto de pesquisa surgiu da constatação de que, em obras prediais, há, freqüentemente, a ocorrência de mão-de-obra ociosa no canteiro, devido aos atrasos de entrega de materiais e insumos dos fornecedores, o que aumenta os custos desta mão-de-obra e gera atrasos no cronograma da construção. Desta forma, com o

mapeamento do fluxo produtivo, verificou-se que ações da gerência poderiam ser planejadas para colaborar com a continuidade da programação.

A proposta deste trabalho é o desenvolvimento de uma metodologia que possibilite o planejamento do projeto de construção predial, identificando atividades que interrompam a execução dos processos de construção, documentando sua ocorrência e estabelecendo a continuidade do fluxo do trabalho. Com esta medida, podem-se realizar correções adequadas nos processos e nos cronogramas da obra, principalmente no que compete à aquisição dos materiais para a execução das tarefas. Com isto, a redução das paradas na execução do produto aumenta os índices de desempenho do processo, com a respectiva melhoria da produtividade.

Ao revisar a literatura, observa-se o uso sistemático de técnicas de gerenciamento de projetos/aquisição de material e de melhorias na gestão dos estoques, principalmente em manufaturas industriais. Elas minimizam a interrupção do trabalho, reduzem os atrasos, a postergação de tarefas e os custos, além de trazer vantagens à coordenação das informações, favorecendo o planejamento de toda a cadeia de fornecedores do empreendimento.

1.2. Questões da Pesquisa

As questões centrais da pesquisa são: como as atividades nos processos de produção contribuem para a continuidade do fluxo do trabalho? Quais as atividades que interrompem o fluxo e onde elas interferem no planejamento da construção? Quais técnicas e instrumentos são utilizados para eliminar ou reduzir as perdas e esperas no sistema construtivo? Como elas podem ser usadas? Como gerenciar todas as informações do processo de produção?

1.3. Pressupostos

A continuidade no fluxo de trabalho é obtida com a identificação antecipada das atividades que provocam a interrupção do fluxo e sua eventual remoção da programação das atividades.

Para as melhorias, alguns instrumentos e técnicas gerenciais, como a aplicação dos conceitos de Administração da Produção, podem ser utilizados, tais como: o *Just-in-Time* e o MRP.

Uma dificuldade é o fato de que, apesar de boa parte da literatura apresentar instrumentos para resolver problemas em obras, alguns no nível operacional e outros, na área gerencial, não se observam mecanismos que promovam a troca de informações entre estes níveis. A pesquisa utiliza informações da interface de planejamento (nível gerencial) para o processo de produção (nível operacional). Pretende-se identificar uma metodologia de interligação de informações entre a obra e seus fornecedores, dando origem a um Sistema de Informações Gerenciais (SIG), integrado no processo de construção de prédios.

O foco será dado à análise do gerenciamento da cadeia de suprimentos, a partir da sincronização do fluxo do processo construtivo da logística de abastecimento do canteiro de obras, objetivando a redução dos tempos de espera e a eliminação das paradas no processo produtivo. Devido à falta destes recursos no momento da utilização e na redução/eliminação dos estoques no almoxarifado, gera-se um desembolso tardio na compra destes materiais. Assim, baseando-se em ferramentas de Tecnologia de Informação (TI) para a melhor configuração do SIG, será avaliada a relação do fluxo do processo construtivo da obra com a cadeia de fornecedores, contemplando ganhos significativos de produtividade e prazo no projeto.

A dissertação pretende discutir os procedimentos impostos pela coordenação e planejamento internos da construtora ao SIG para uma redução (ou se possível uma eliminação) das perdas e dos tempos de espera que ocasionam as paradas no processo construtivo. Mas, para que esses objetivos sejam alcançados, o gerenciamento do projeto não pode apenas vislumbrar solução para os problemas do canteiro, mas sim, para todo o sistema da cadeia de valor. É necessária uma gestão integrada com seus colaboradores (projetista, fornecedores, etc.), em que se fará do uso da Gestão da Cadeia de Suprimentos.

O projeto é visto na literatura como a área onde mais se necessita de trabalho colaborativo e onde as vantagens da simultaneidade das atividades são certamente reconhecidas. À medida que o projeto e a construção civil vêm crescendo em complexidade, equipes maiores são necessárias para se completar a mesma tarefa. A cooperação destas equipes é rara, ainda que uma tomada de decisão compartilhada seja de suma importância. A comunicação e a colaboração se tornam chave em termos de eficiência e custo.

Para isso, devem ser utilizados mecanismos de comunicação com ferramentas para acesso às informações por todos os envolvidos no empreendimento. Na implantação de algumas funcionalidades, como acesso simultâneo aos dados, gerenciamento de dados em um nível lógico, propagação das alterações e cronogramas, o desenvolvimento de um banco de dados se faz necessário. Para desempenhar tais atividades, gestores atualmente utilizam o *software* de gerenciamento de projetos Primavera P3e (*Enterprise*), que utiliza conceitos de base de dados e integração com seus colaboradores, via internet.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo Geral

As melhorias do fluxo produtivo reduzem o tempo de execução das tarefas. Tais melhorias requerem uma análise do fluxo de trabalho, visando identificar todas as etapas que devem ser medidas e controladas, principalmente aquelas que apresentam tempo de espera para a sua execução.

O planejamento é uma ferramenta gerencial que está intimamente ligada à efetividade dos projetos (PMI, 2004). Conseqüentemente, a concepção de uma metodologia de planejamento, com acompanhamento adequado do fluxo produtivo, aumentará a confiabilidade dos serviços prestados, reduzindo o tempo esperado do projeto.

Objetiva-se desenvolver uma metodologia de planejamento para o gerenciamento da construção baseada em práticas definidas pelo PMBOK e auxiliada por um sistema de informações conduzido pelo *software* Primavera P3e, mapeando e identificando as atividades que prejudiquem a continuidade dos processos de produção. Este sistema deverá indicar em que momento devem ser utilizadas as técnicas de melhoria e/ou otimização de processos para impedir ou minimizar as interrupções.

Ao investigar as paradas no desenvolvimento dos processos de construção, a dissertação tem por objetivo propor alternativas na gestão de processos e no planejamento e controle da produção, principalmente no que se refere à gestão de estoque de materiais. Entende-se que o planejamento vai além do orçamento e da programação, passando pela padronização, pela melhoria dos processos de produção e pelas parcerias firmadas entre empresas do empreendimento a ser construído.

1.4.2. Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são:

- Analisar o fluxo de produção da obra;
- Definir quais são as atividades que provocam a interrupção do fluxo e avaliar a sua eventual remoção na programação da obra;
- Estabelecer procedimentos no gerenciamento do escopo, tempo, aquisição e informação de um projeto;
- Propor redução dos desperdícios da construção, principalmente de espera e estoque;
- Elaborar a gestão dos estoques de acordo com o planejamento da obra;

- Analisar o abastecimento da obra pela cadeia de fornecedores;
- Estabelecer critérios para sincronizar o fluxo de fabricação da obra com a dos fornecedores;
- Confrontar técnicas industriais num ambiente de projetos;
- Avaliar a logística de entrega interna e externa do empreendimento;
- Estabelecer procedimentos no gerenciamento das comunicações a partir do uso das tecnologias de informações;
- Desenvolver metodologia de planejamento para a obra - Sistema de Informações Gerenciais;
- Desenvolver metodologia de planejamento entre a obra e os fornecedores - Sistema de Informações Gerenciais Integrado.

1.5. Relevância do Estudo

Pretende-se, por meio dos resultados esperados por esse estudo, propor mudanças no gerenciamento dos processos, aumentos na produtividade, redução dos desperdícios e, possivelmente, prover ao gerente a confiabilidade de honrar os prazos dos empreendimentos na construção civil.

A construção civil é caracterizada por uma produção altamente diferenciada, de volume variado, de pouca repetitividade e que agrega alto valor ao produto final. A construção predial tradicional ainda apresenta algum atraso na organização do processo, apesar da melhoria dos equipamentos e materiais. A possível mudança do processo com o uso de novos conceitos tecnológicos e gerenciais, tal como a aplicação de conceitos da Cadeia de Suprimentos, juntamente com técnicas de Administração da Produção (JIT e MRP), pode ser uma solução para os problemas relacionados a prazo e fluxo construtivo de uma obra.

A dissertação insere-se nas áreas de gestão de estoques (e da cadeia de suprimentos), análise de processos (pela administração da produção) e de gerenciamento de projetos (pelo uso das TI's). Para a convergência dessas áreas de estudo no planejamento da construção, será desenvolvida, com base nas tecnologias de informação, a concepção de um SIG - Sistema de Informações Gerenciais - da obra, e, posteriormente, sua integração com os fornecedores será simulada. Aspira-se à continuidade dos processos de produção na construção, com repercussões no planejamento que contribuam com a discussão do conhecimento relativo a interrupções no fluxo de trabalho nos canteiros.

1.6. Limitações da Pesquisa

A pesquisa tem como limitações:

- Analisar unicamente construções prediais;
- Pesquisar atividades baseadas na tecnologia convencional, isto é, em processos de produção dos elementos construtivos “in loco”. Eventualmente, podem-se adotar processos construtivos pré-fabricados ou industrializados;
- Na elaboração dos fluxogramas, considerar somente o processo de articulação da informação, não abordando os trâmites contratuais entre fornecedores;
- Não houve preocupação com a exatidão de dados de produção como: duração das atividades, ritmo de trabalho, descrição de materiais, tamanho de equipes e número de operários;
- Em termos de planejamento, para a definição da metodologia, não foi possível analisar todas as fases de construção da obra, limitando-se a um elemento construtivo da edificação - o bloco de coroamento da fundação do prédio.

1.7. Organização e Estrutura do Trabalho

O procedimento de pesquisa é composto de duas fases. A primeira é formada pela revisão da literatura, para a identificação e definição das áreas de estudo de Gerenciamento de projetos. Nesta fase inicial, procurou-se selecionar as áreas de gerenciamento apresentadas pelo PMBOK, relevantes aos objetivos do trabalho. A segunda fase é o desenvolvimento de uma metodologia de planejamento amparada pelo sistema de informação gerencial integrado - Primavera.

O presente trabalho é estruturado em cinco capítulos, dispostos de forma a apresentar o assunto seqüencialmente a partir do problema estudado, finalizando com a definição do SIG.

No Capítulo 2, é apresentada a revisão bibliográfica; no Capítulo 3, a metodologia; no Capítulo 4, o Sistema de Informações Gerenciais (SIG) Integrado; e finaliza-se com a conclusão, no Capítulo 5.

No Capítulo 2, a análise dos problemas dos fluxos para a indústria da construção civil, procura inferir tempos do ciclo do pedido e analisar a cadeia de suprimentos, considerando-se a logística de abastecimento. Também se apresentam técnicas de gerenciamento de projetos, instrumentos de administração da produção para melhorias no

processo produtivo e proposta de solução de problemas de comunicação com o uso das tecnologias de informações e suas derivações no contexto da engenharia.

No Capítulo 3, apresenta-se a metodologia de trabalho para o planejamento e controle dos fluxos, voltada para a implantação das técnicas de gestão de estoques JIT e MRP, em conjunto com as boas práticas de gerenciamento de projetos.

No Capítulo 4, desenvolve-se o Sistema de Informações Gerenciais (SIG), pelo *software* Primavera P3e, com a adequação das práticas gerenciais em conjunto com os fornecedores.

Finaliza-se, no Capítulo 5, com a conclusão do estudo e as sugestões para melhoria dos atuais procedimentos gerenciais na área de execução de projetos de construção civil, apresentando-se definições de novas metodologias informatizadas de planejamento e administração de estoque, com incentivos a estudos complementares que possam trazer incrementos ao assunto.

2. REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA

2.1. Introdução

A redução do tempo junto à cadeia de suprimentos é apresentada como uma das metas mais importantes na visão dos planejadores, vindo ao encontro das expectativas das empresas que, ao alcançarem-na, aperfeiçoam seus processos produtivos.

Segundo o PMBOK (PMI, 2004), o gerenciamento do tempo de projeto gera melhorias para o processo do empreendimento, que se refletem no atendimento das expectativas gerenciais. A metodologia caracteriza-se pela redução do tempo do ciclo do pedido, e deve ser implementada nas atividades do processo produtivo importantes para a obra. Entretanto, a redução do tempo do ciclo do pedido deve ser alcançada, tanto se diminuindo o tempo médio de entrega do produto, quanto se aumentando a confiabilidade dos prazos negociados. A variação dos prazos deve ser limitada a valores mínimos (*Forward Scheduling* – Programação para Frente) e máximos (*Backward Scheduling* – Programação para Trás), que permitam ao planejador coordenar o uso do produto ou serviço necessitado. A construção civil tem algumas características peculiares, tais como:

- Produtos exclusivos;
- Imobilidade física da construção;
- Execução no local da obra;
- Produto com ciclo de vida muito longo;
- Grande fragmentação dos componentes para toda a construção;
- Baixa formação escolar da maior parte dos executores.

Tais fatores poderiam desestimular avanços na melhoria dos processos, entretanto, apesar das dificuldades, há oportunidade de grandes ganhos organizacionais e financeiros, caso seja possível adequar o fluxo da construção com análises da Cadeia de Suprimentos e com um Sistema de Informações Gerenciais baseado em Tecnologia da Informação, dentre outras técnicas, necessárias para o controle de todo o planejamento das obras prediais, conforme Figura 2.1, apresentada na página seguinte.

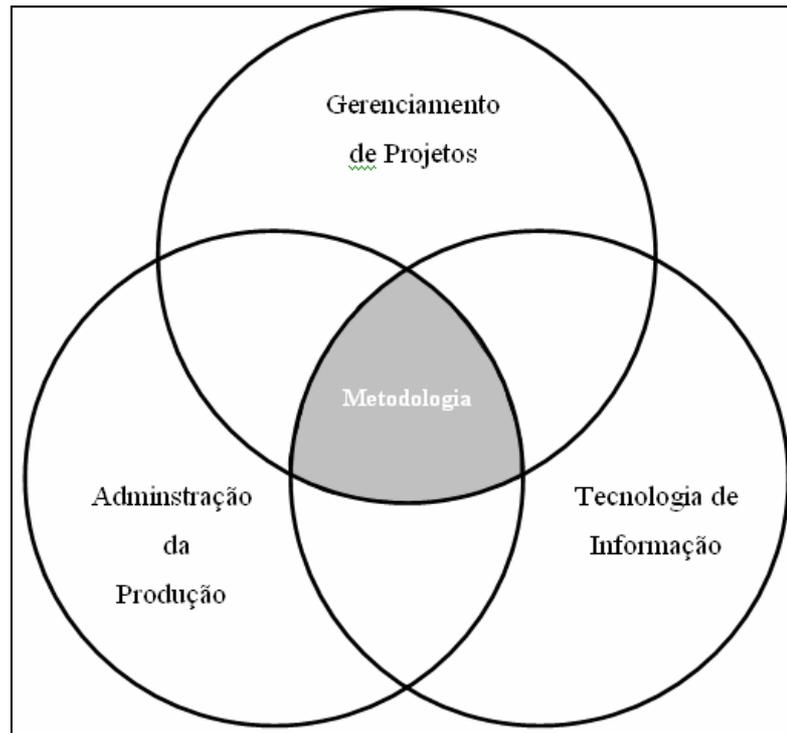


Figura 2.1 – Áreas de conhecimento da Metodologia de Planejamento.

Para este trabalho, os conceitos de Gerenciamento de Projetos e de Administração da Produção, na construção civil, consideram a análise do gerenciamento da Cadeia de Suprimento pelo *Just-In-Time*, em conjunto com o MRP - (*Material Requirements Planning* - Planejamento das Necessidades de Materiais), a partir da sincronização do fluxo do processo construtivo de uma obra ao fluxo do processo de produção da cadeia de fornecedores.

2.2. Gerenciamento de Projetos

Para o gerenciamento de projetos, a empresa precisa de uma metodologia que descreva sua complexidade, envolvendo recursos, tempo, custos e objetivos, conforme Figura 2.2, na próxima página. Alguns fatores são determinantes para o sucesso do projeto: metas claramente definidas, competência gerencial, adequada alocação de recursos, comunicação, planejamento, programação e controle eficientes, capacidade de atualização de dados e informações e apropriação de técnicas e tecnologias.

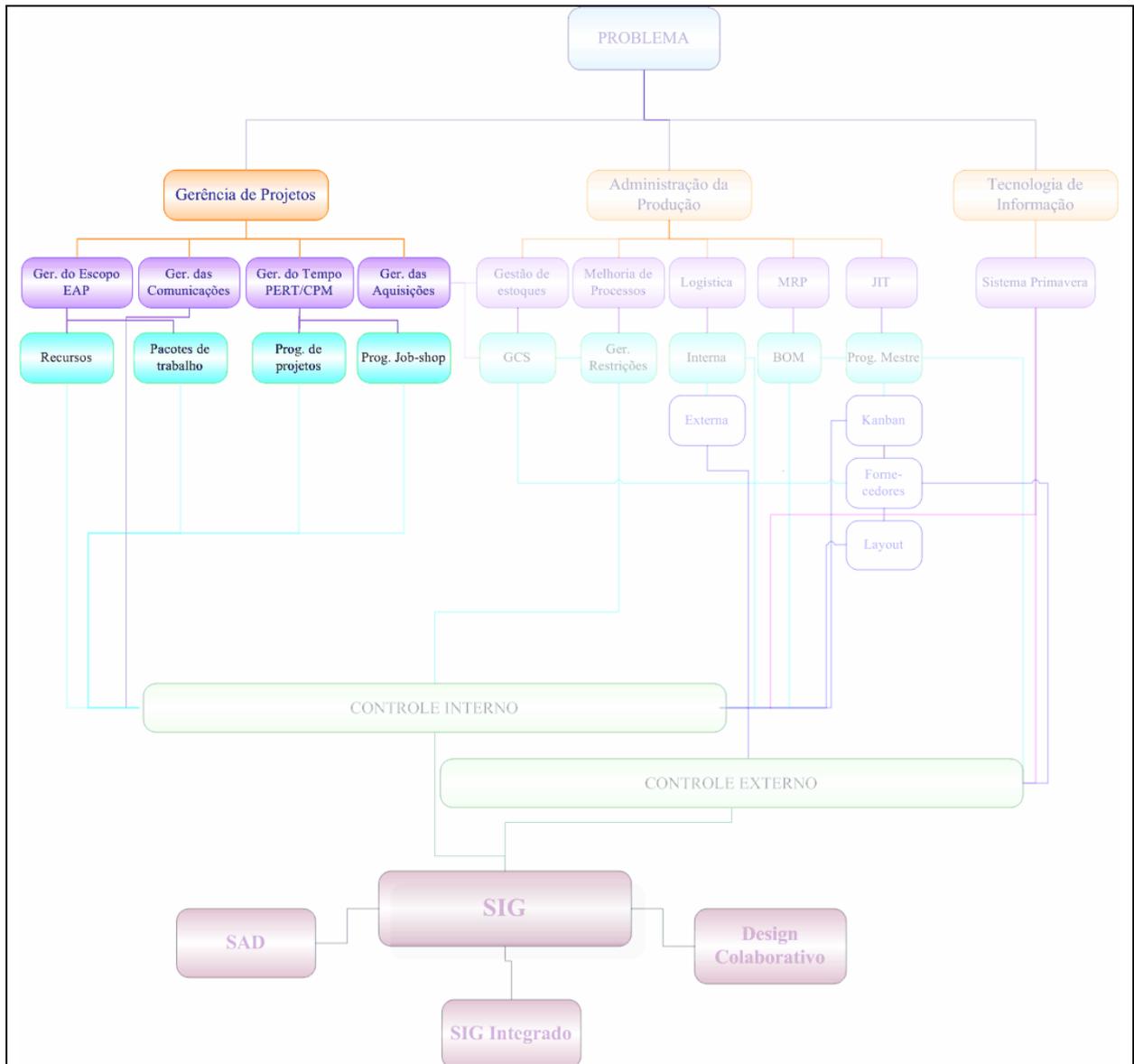


Figura 2.2. Áreas estudadas do Gerenciamento de Projetos.

A visão do projeto como um modelo de mudanças concebidas como uma simples transformação de *inputs* em *outputs*, apresenta os seguintes princípios:

- A transformação total de um projeto pode ser decomposta em tarefas, que são gerenciáveis e compreensíveis;
- Um projeto pode ser realizado de forma otimizada por meio da forma de execução de cada tarefa e da seqüência de execução de todas as tarefas em conjunto.

Segundo PMBOK (PMI, 2004), 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”, conforme Figura 2.3, abaixo:

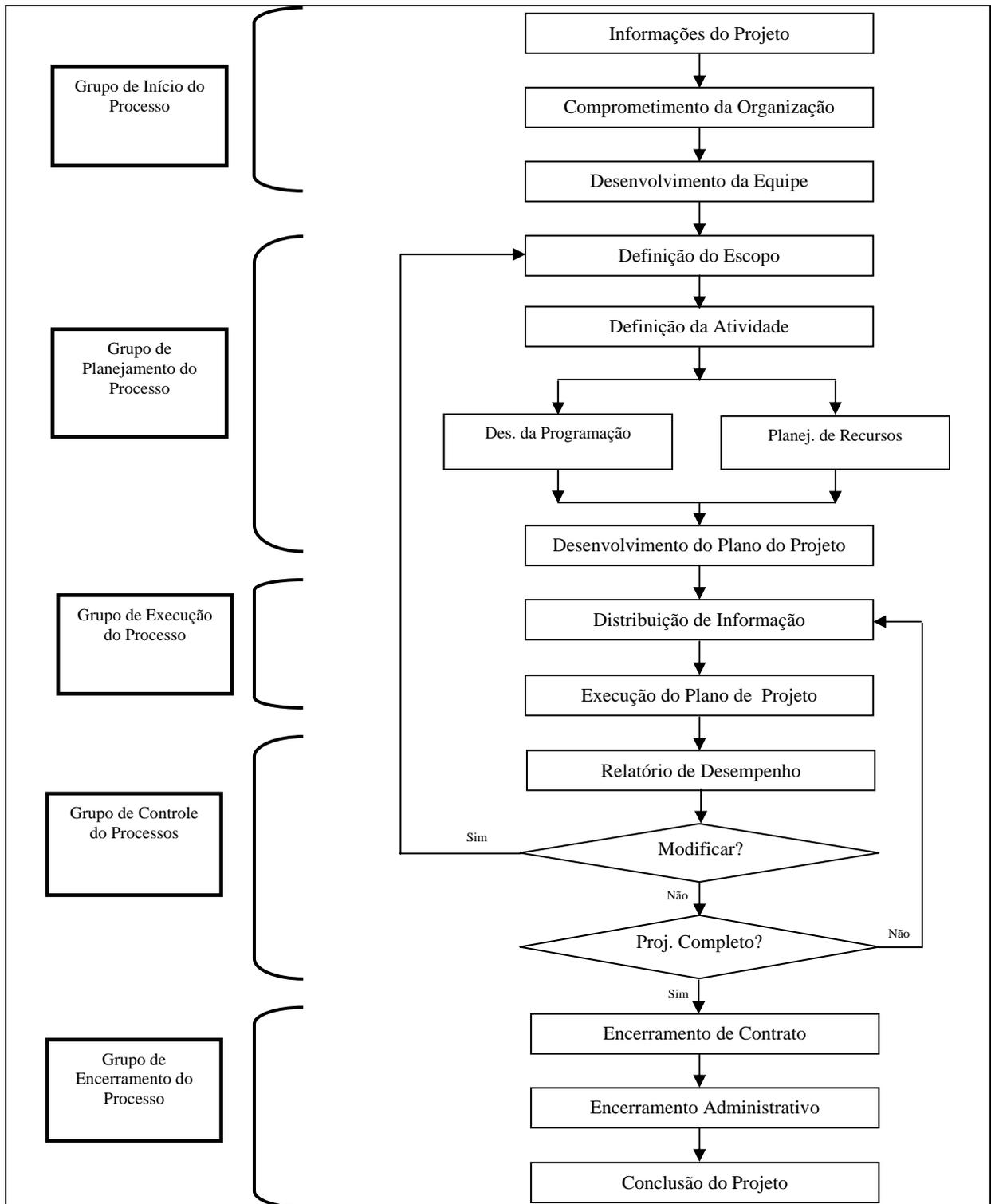


Figura 2.3 - Fluxograma de Gerência dos Processos do Projeto.

Atualmente, no que se refere ao gerenciamento de projetos da construção civil, utiliza-se, dentre outros, um programa de computador chamado *Primavera Project*

Enterprise (2005) ou *Primavera P3e*. É constituído por uma suíte (conjunto de *softwares*) especificamente desenvolvida para suporte ao gerenciamento integrado de projetos, nas áreas corporativa e operacional de empresas de pequeno, médio e grande porte.

Dentre os *softwares* disponíveis no mercado, esta dissertação adotou esse, pois, devido à sua base de dados centralizada na gestão da informação e conhecimento do empreendimento, pode ser utilizado como suporte ao Sistema de Informações Gerenciais (SIG) do projeto em estudo

Segundo o manual do *Primavera Project Enterprise* (2005), o Gerenciamento de Projetos é um sistema para planejamento, acompanhamento e controle. Por meio do *Primavera P3e*, uma organização pode guardar e gerenciar seus projetos em um local centralizado, além de publicar planos dos projetos como um *Website* via Intranet ou Internet.

O *site* criado pelo Gerenciador de Projetos do *Primavera P3e* permite que a equipe de projeto e outras partes interessadas possam acessar as informações usando um navegador de internet (*Web Browser*).

Os dados da empresa estabelecem a estrutura empresarial necessária para administrar múltiplos projetos – dos mais altos níveis da organização aos níveis individuais, executores de atividades específicas. Eles estão disponíveis para todos os projetos da empresa e fornecem a estrutura necessária para um gerenciamento centralizado de projetos e recursos, conforme apresentado na Figura 2.4, a seguir:

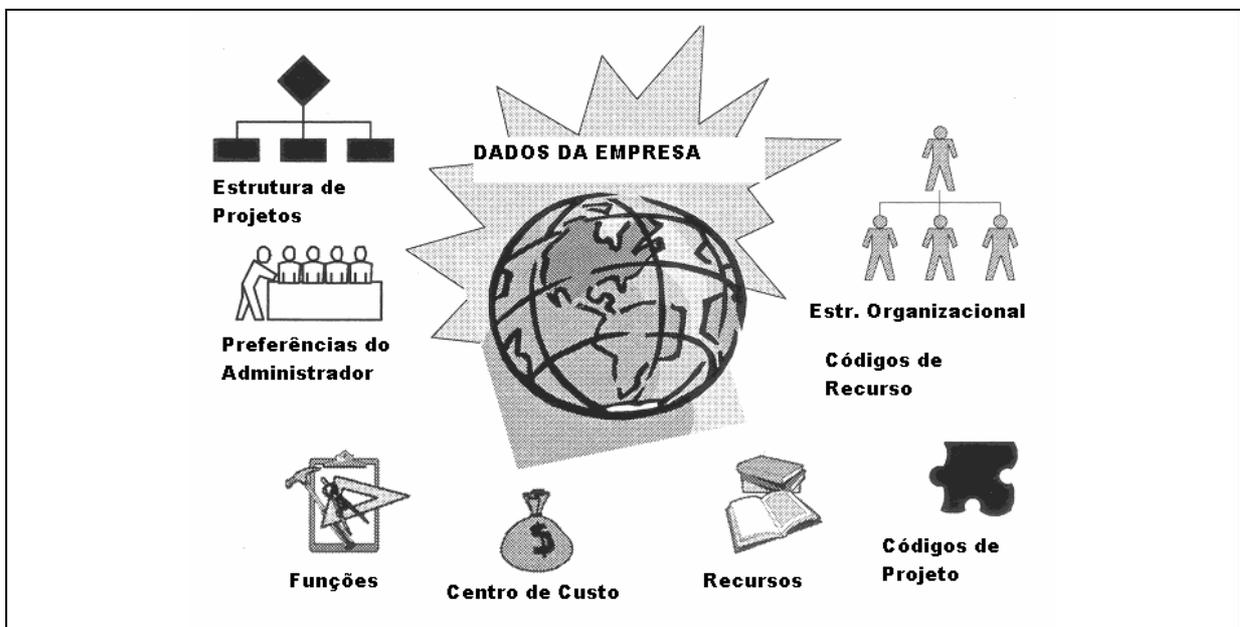


Figura 2.4 - Dados da empresa.

Fonte: Manual *Primavera Project Enterprise* (2005), adaptado.

Segundo o PMBOK (PMI, 2004), o Gerenciamento de Projetos é o processo de alcançar as metas dentro dos limites de tempo, orçamento e restrições de pessoal, conforme citado na Figura 2.5. Existem nove áreas de Conhecimento da Gerência de Projetos: Integração, Escopo, Custo, Qualidade, Recursos Humanos, Comunicações, Riscos, Aquisições e Tempo. Neste trabalho serão analisadas mais profundamente as áreas de: Escopo, Tempo, Recursos, Aquisições e Comunicações.

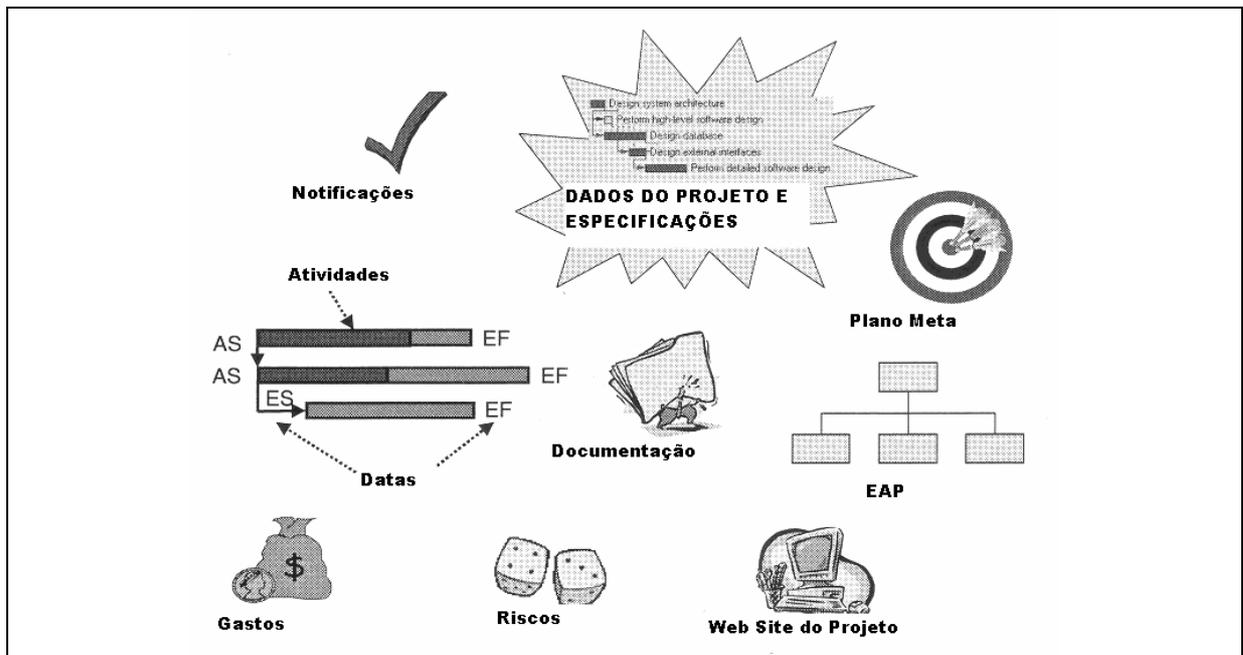


Figura 2.5 - Dados do projeto.

Fonte: Manual *Primavera Project Enterprise* (2005), adaptado.

2.2.1. Gerenciamento do Escopo do Projeto

Os projetos de construção civil apresentam-se, na maioria das vezes, com um alto grau de complexidade em sua estrutura de produtos e, para um gerenciamento eficaz, faz-se necessário fragmentar este ambiente complexo em estruturas menores até a definição dos seus respectivos pacotes de trabalho (atividades necessárias para a conclusão de um subproduto – elemento construtivo). Para isso, os conceitos de EAP (Estrutura Analítica de Projetos) tornam-se de grande ajuda para uma melhor administração dos recursos e entregas parciais do empreendimento (PMI, 2004).

Para Martins (2000), uma vez definido o produto ou a sua alteração, este deve ser documentado. Uma das formas mais usuais de documentação é a Decomposição. Faz-se um desenho do produto decomposto, como visto na Figura 2.6.

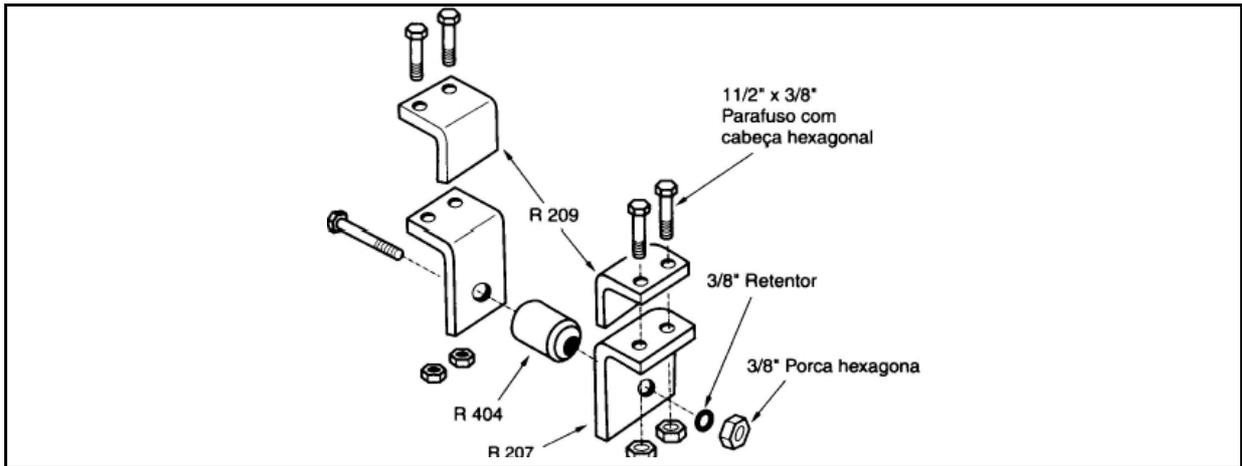


Figura 2.6 - Item decomposto.

Fonte: Martins (2000)

Assim, a EAP (Estrutura Analítica de Projetos) é uma decomposição hierárquica a ser executada pela equipe do projeto para atingir os objetivos e criar as entregas necessárias. Organiza e define o escopo total do projeto, subdividindo o trabalho em partes menores e mais facilmente gerenciáveis, em que cada nível descendente representa uma definição cada vez mais detalhada do trabalho. É possível agendar, estimar custos, monitorar e controlar os denominados pacotes de trabalho os componentes de nível mais baixo da EAP (PMI, 2004).

A EAP representa o trabalho especificado na declaração do escopo. Os componentes que compõem a EAP auxiliam todos os colaboradores a visualizar as entregas. A preparação de uma declaração do escopo detalhada do projeto é essencial para o sucesso deste e é desenvolvida a partir das principais entregas, premissas e restrições documentadas durante seu início, na declaração do escopo preliminar. Durante o planejamento, o escopo do projeto é definido e descrito mais especificamente porque se conhecem mais informações sobre este. Necessidades, desejos e expectativas das partes interessadas são analisados e convertidos em requisitos. As premissas e restrições são analisadas e, se necessário, adaptadas, para garantir que estejam completas. A equipe do projeto e outras partes interessadas, que possuem uma visão mais clara da declaração do escopo preliminar, pode realizar e preparar as análises (PMI, 2004).

O PMBOK (PMI, 2004) estabelece como premissas para o sucesso do projeto: o *Planejamento do escopo* - criação de um plano de gerenciamento do escopo, a *Definição do escopo* - desenvolvimento de uma declaração do escopo detalhada, a *Criação da EAP* - subdivisão das principais entregas e do trabalho em componentes menores e mais facilmente gerenciáveis e a *Verificação do escopo* - formalização da aceitação das entregas, conforme se verifica na Figura 2.7, abaixo.

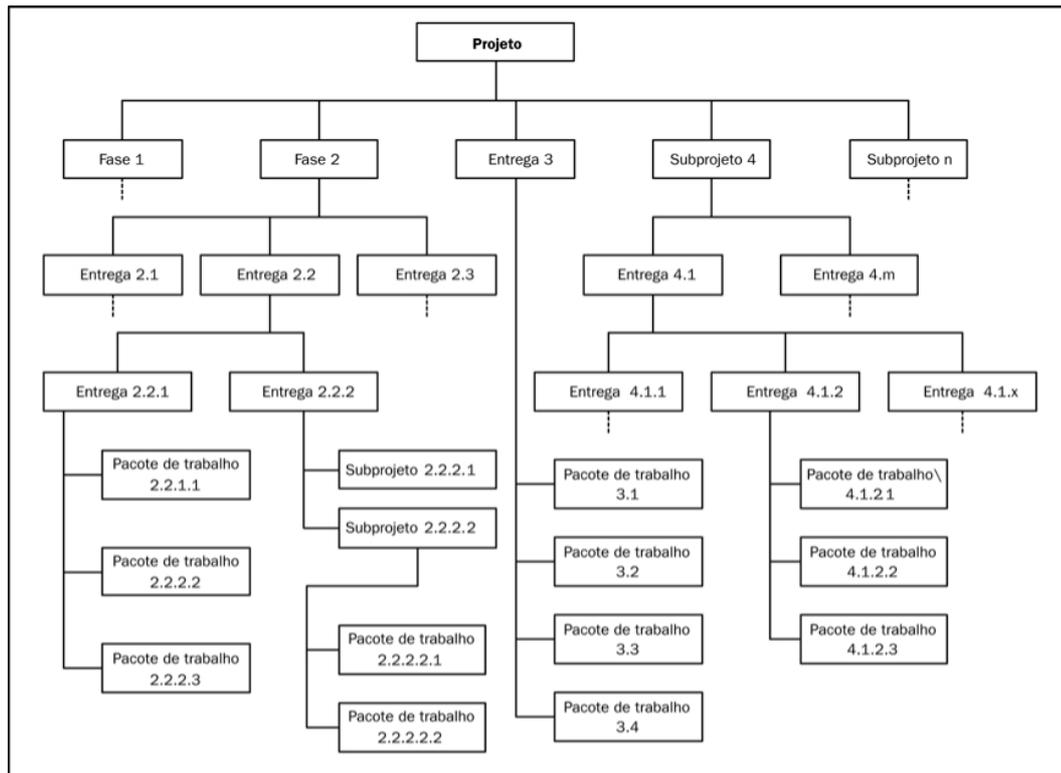


Figura 2.7 - Exemplo de estrutura analítica do projeto com alguns ramos decompostos até o nível de pacotes de trabalho.

Fonte: PMI, 2004

A Declaração do Escopo do Projeto descreve, em detalhes, as entregas e trabalhos necessários para criá-las. Além disso, permite que a equipe realize um planejamento mais detalhado, orientando seu trabalho durante a execução e fornece a linha de base para avaliar solicitações de mudanças ou de trabalho adicional, verificando se estão contidos dentro ou fora dos limites do projeto. O gerenciamento do escopo pode determinar e eficácia com que a equipe de gerenciamento poderá planejar gerenciar e controlar a execução do projeto (PMI, 2004).

Mesmo sendo cada projeto exclusivo, no caso da construção predial, uma Estrutura Analítica de Projetos (EAP) ou *Work Breakdown Structure* (WBS) de um projeto anterior semelhante pode ser usada como modelo para um novo, pois a maioria deles se assemelha até certo ponto. Seus ciclos de vida podem ser iguais ou semelhantes, acarretando entregas também iguais ou semelhantes necessárias para cada fase. Muitas áreas de aplicação ou organizações executoras possuem modelos padrão de EAP, conforme a Figura 2.8, abaixo.

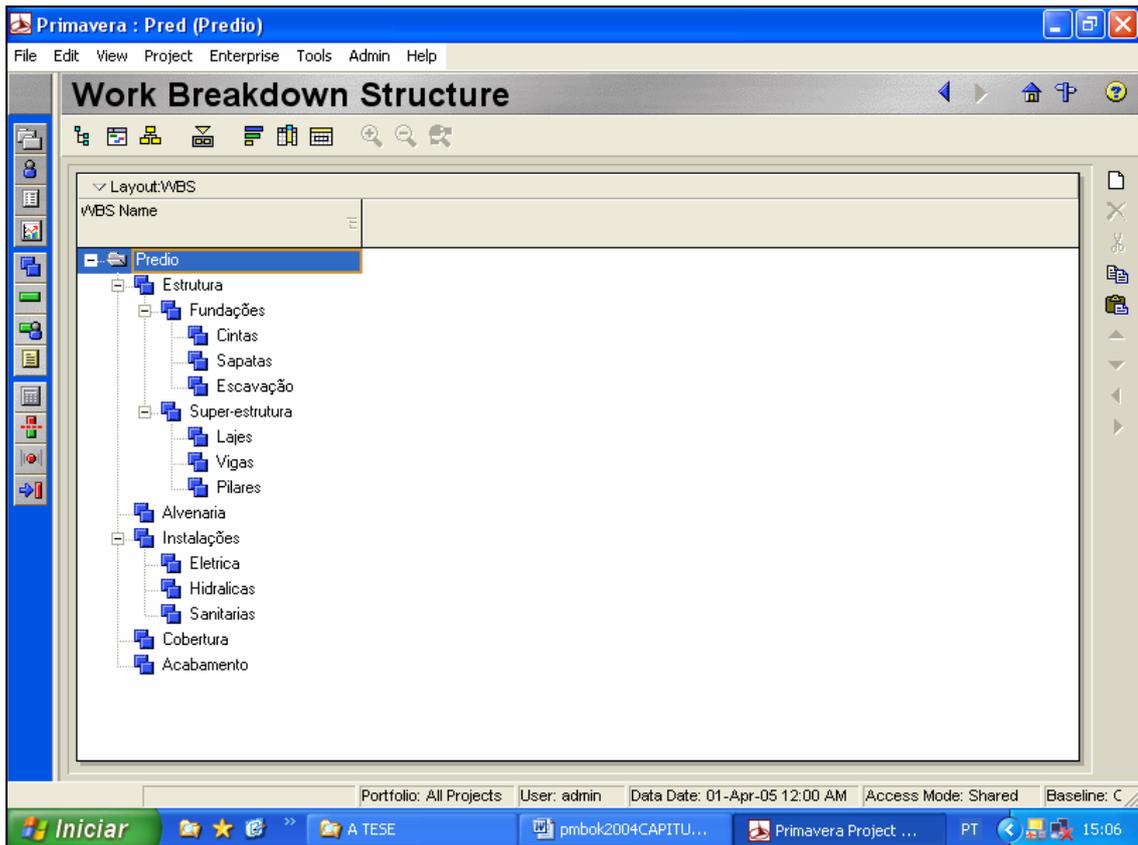


Figura 2.8 - Exemplo de Estrutura Analítica do Projeto para Prédios no Gerenciador de Projetos (Primavera P3e).

Inicialmente, para a confecção de uma EAP, os responsáveis (e especialistas) do projeto aplicam-se à área de decomposição da estrutura do produto (SLACK, 1999), subdivisão das entregas em componentes menores e mais facilmente gerenciáveis, até que o trabalho e as entregas estejam definidos até o nível de pacote de trabalho. O nível de pacote de trabalho é o nível mais baixo na Estrutura Analítica do Projeto (EAP) e é o ponto no qual o custo e o cronograma do trabalho podem ser estimados de forma confiável. O nível de detalhe dos pacotes de trabalho irá variar de acordo com o tamanho e complexidade do projeto (PMI, 2004).

A capacidade de planejar, gerenciar e controlar o trabalho aumenta na medida em que este é decomposto em níveis mais baixos de detalhe (PMI, 2004). Assim, para uma decomposição do trabalho total do projeto cumprem-se, usualmente, as seguintes etapas:

- Identificação das entregas e do trabalho relacionado;
- Estruturação e organização da EAP;
- Decomposição dos níveis mais altos da EAP em componentes detalhados de nível mais baixo;

- Desenvolvimento e atribuição de códigos de identificação aos componentes da EAP;
- Verificação do grau de decomposição do trabalho.

A decomposição dos componentes de nível mais alto da EAP exige a subdivisão do trabalho para cada uma das entregas ou subprojetos em seus componentes fundamentais, que representam produtos, serviços ou resultados verificáveis. Cada componente deve ser totalmente definido e atribuído a uma unidade organizacional executora específica, que aceita a responsabilidade pelo seu término, conforme Figura 2.9, a seguir. Os componentes são definidos em termos de como o trabalho do projeto será realmente executado e controlado.

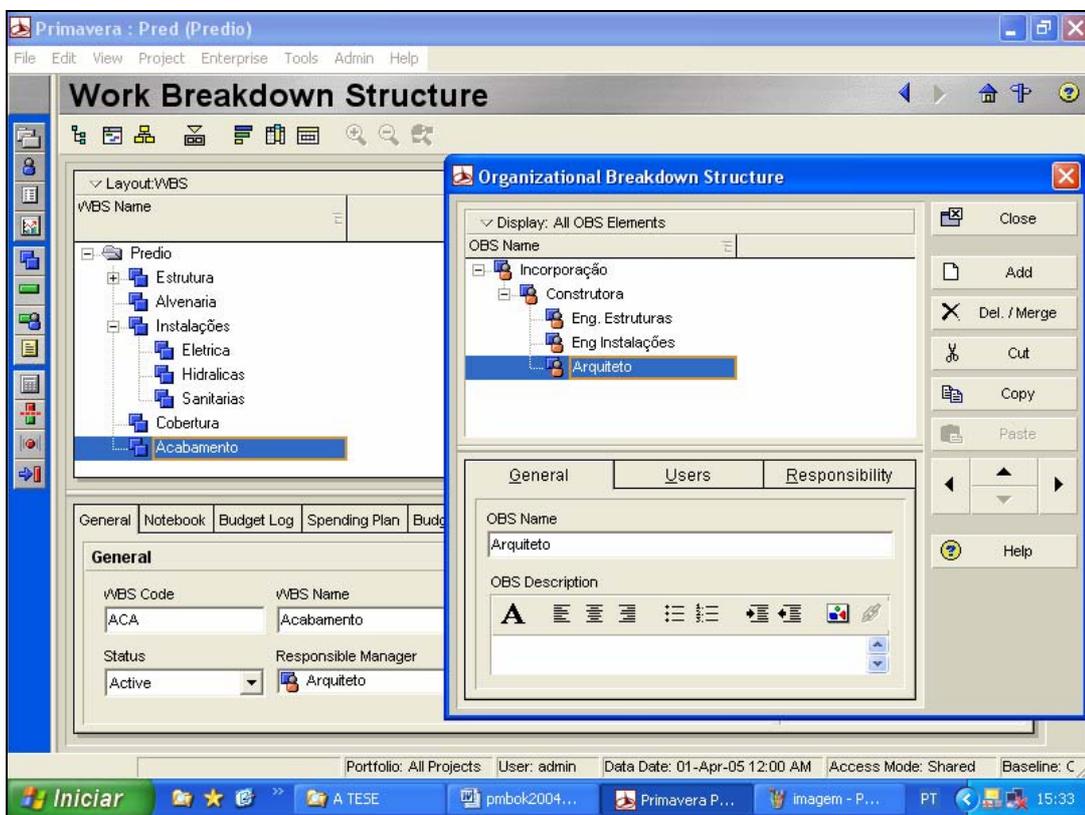


Figura 2.9 - Alocação de Responsabilidade na EAP no Primavera P3e.

Para verificar se a decomposição está correta, é preciso determinar se os componentes de nível mais baixo da EAP são necessários e suficientes para o término das entregas de nível mais alto correspondentes.

Para o PMBOK (PMI, 2004), a EAP não deve ser confundida com outros tipos de estruturas analíticas, usadas para apresentar as informações do projeto. Outras estruturas usadas em algumas áreas de aplicação ou em outras áreas de conhecimento incluem:

- Organograma (ORG). Fornece uma representação hierarquicamente estruturada da organização do projeto, relacionando os pacotes de trabalho com as unidades organizacionais executoras;
- Lista de preço de materiais (LPM). Apresenta um quadro hierárquico das montagens, submontagens e componentes físicos necessários para fabricar um produto manufaturado. Posteriormente, a lista de materiais fornecerá suporte ao MRP da obra pelo desenvolvimento do BOM (*Bill Of Material*);
- Estrutura Analítica dos Riscos (EAR). Uma representação hierarquicamente estruturada dos riscos identificados do projeto ordenados por categoria;
- Estrutura Analítica dos Recursos (EAR). Uma representação hierarquicamente estruturada dos recursos, por tipo a ser usado no projeto.

A Estrutura Analítica do Projeto apresenta a função de identificar cada componente da EAP, desde o pacote de trabalho até as contas de controle. Esses identificadores fornecem uma estrutura geral para a apresentação dos custos, cronograma e informações de recursos (PMI, 2004).

Nesta dissertação, representa-se a EAP atendendo às estruturas dos itens 1, 2 e 4, acima. Seguem as correlações abaixo:

- EAP x Organograma: define os responsáveis pelas entregas internas (pacotes de trabalho) ou externas (fornecedores);
- EAP x Lista de preço de materiais: auxilia no MRP do empreendimento;
- EAP x Estrutura Analítica dos Recursos: define os recursos disponíveis na empresa e, na falta deles, quais fornecedores podem suprir tais deficiências.

Com o detalhamento do escopo do projeto, o Controle do Escopo é desenvolvido para analisar e controlar as mudanças, documentando-as no plano de gerenciamento. Ele define os procedimentos para efetuar mudanças tanto no escopo do projeto, quanto no escopo do produto. O sistema inclui a documentação, os sistemas de acompanhamento e os níveis de aprovação necessários para autorizar mudanças. O sistema de controle de mudanças do escopo é integrado ao Sistema de Informações do Gerenciamento de Projetos (SIG).

2.2.2. Gerenciamento de Tempo do Projeto

O Gerenciamento de Tempo do Projeto inclui os processos necessários para conseguir o término no prazo. Os processos de gerenciamento de tempo incluem os seguintes itens, verificáveis na Figura 2.10, em seqüência:

- A definição da atividade - identificação das atividades específicas do cronograma que precisam ser realizadas para produzir as várias entregas do projeto;
- O seqüenciamento de atividades - identificação e documentação das dependências entre as atividades do cronograma;
- A estimativa de duração da atividade - estimativa do número de períodos de trabalho que serão necessários para terminar as atividades individuais do cronograma;
- O desenvolvimento do cronograma - análise dos recursos necessários, restrições do cronograma, durações e seqüências de atividades para criar o cronograma do projeto;
- O controle do cronograma - controle das mudanças no cronograma do projeto (PMI, 2000).

GERÊNCIA DO TEMPO DO PROJETO			
	Entradas	Ferramentas e Técnicas	Saídas
Definição das Atividades	<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 das Atividades	<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 das Atividades	<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
Desenvolvimento do Cronograma	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diagrama de rede do projeto 2. Estimativas da duração da atividade 3. Recursos requeridos 4. Descrição do quadro de recursos 5. Calendários do projeto e dos recursos 6. Restrições 7. Premissas 8. Folgas e flutuações 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Análise matemática (sem a consideração de limitação de recursos e outras restrições) 2. Compressão da duração 3. Simulação 4. Nivelamento heurístico dos recursos 5. Softwares de gerência de projeto 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cronograma do projeto 2. Detalhes de suporte (histograma de recursos, cronograma de pedidos e entregas, avaliação dos riscos) 3. Plano de gerência do cronograma (como gerenciar mudanças) 4. Atualização dos recursos requeridos
Controle do Cronograma	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cronograma do projeto 2. Relatórios de performance 3. Requisições de mudanças 4. Plano de gerência do cronograma 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sistema de controle de mudança do cronograma 2. Medição de performance 3. Planejamento adicional 4. Softwares de gerência de projetos 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Atualizações do cronograma 2. Ações corretivas 3. Documentação de informações e dados

Figura 2.10 - Visão Geral da Gerência do Tempo do Projeto.

Fonte: PMI, 2000.

2.2.2.1. Definição da Atividade

No PMBOK (PMI, 2004), o primeiro passo é a definição das atividades do cronograma o que envolve identificar e documentar o trabalho a ser realizado. O processo de Definição da Atividade identificará as entregas no nível mais baixo da Estrutura Analítica do Projeto (EAP), a que chamamos pacote de trabalho. Para fornecer uma base para a estimativa, elaboração de cronogramas, execução, monitoramento e controle do trabalho do projeto, os pacotes de trabalho do projeto são planejados (decompostos) em componentes menores, chamados de atividades do cronograma. A definição e o planejamento das atividades do cronograma fazem com que os objetivos do projeto sejam atendidos.

Durante a definição da atividade, a declaração do escopo do projeto é responsável pela definição das suas entregas, restrições e premissas. As restrições são fatores que irão limitar as opções do gerenciamento, como marcos do cronograma, com datas de término impostas, exigências de gerência ou de contrato. As premissas são fatores considerados verdadeiros para o planejamento do cronograma do projeto, como horas de trabalho por semana, ou o período do ano em que o trabalho de construção será realizado.

A definição das atividades do projeto na Estrutura Analítica do Projeto (EAP) é a principal entrada para a definição do cronograma.

O plano de gerenciamento do projeto é feito após contemplação do cronograma, o qual fornece orientação sobre o desenvolvimento e planejamento das atividades e o plano de gerenciamento do escopo do projeto.

Cada pacote de trabalho dentro da EAP é decomposto nas atividades necessárias para produzir as entregas do pacote de trabalho. Essa definição é freqüentemente realizada pelos responsáveis pelo pacote de trabalho - membros da equipe do projeto ou especialistas experientes no desenvolvimento de escopo, EAP e cronogramas do projeto.

No caso de construções prediais, uma lista de atividades padrão ou parte de uma lista de atividades de um projeto anterior são freqüentemente usadas como modelo para um novo. As informações sobre os atributos das atividades, relacionados nos modelos, também podem conter uma lista de habilidades de recursos - competências funcionais - e as horas necessárias de trabalho, identificação de riscos, entregas esperadas e outras informações descritivas. Os modelos também podem ser usados para identificar etapas do cronograma. Durante o planejamento inicial, quando as informações estão menos definidas, as atividades podem ser mantidas sem grande detalhamento (PMI, 2004).

A definição do escopo do projeto, contudo, é insuficiente para decompor um ramo da EAP até o nível de pacote de trabalho. Esses componentes são selecionados e usados pela equipe do projeto para planejar e programar o trabalho futuro em níveis mais altos, dentro

da EAP. As atividades do cronograma, usadas para esses componentes, bem como para elaboração de cronogramas, execução, monitoramento ou controle detalhados do trabalho, podem ser atividades de resumo, apesar de insuficientes para qualquer estimativa.

Após o estudo da EAP e do planejamento, produz-se uma lista de atividades, ampla e detalhada, que inclui todas as atividades do cronograma planejadas para serem realizadas no projeto. A lista de atividades é usada no cronograma e é um componente do plano de gerenciamento do projeto.

Para o uso do *software Primavera Enterprise P3e*, essas atividades são os elementos fundamentais de trabalho para que o projeto atenda à previsão do tempo estipulado. Uma atividade é a unidade de acompanhamento mais detalhada na programação de um projeto, que contém toda a informação sobre o trabalho a ser realizado.

Nesse caso, as atividades representam o nível mais baixo de uma EAP, sendo a menor subdivisão de trabalho que permite ao planejador controlar os recursos disponíveis. A Figura 2.11, abaixo, possibilita a opção de visualizar os atributos das atividades no *Software Primavera P3e*.

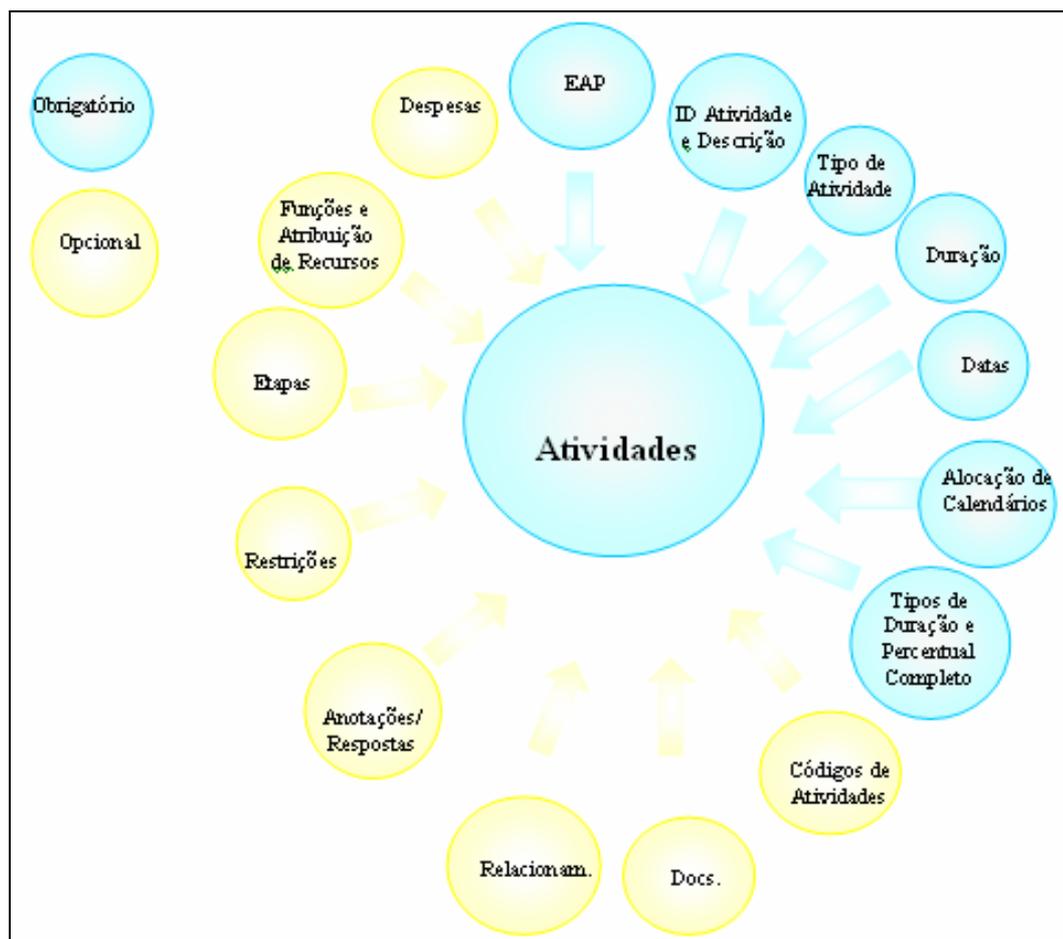


Figura 2.11 - Atributos das Atividades do *Software Primavera P3e*.

Fonte: Manual do *software Primavera P3e*, adaptado

Desenvolver o plano de gerenciamento do projeto é produzir um plano de gerenciamento do cronograma que defina o formato e estabeleça os critérios de seu desenvolvimento e controle. Os processos de Gerenciamento de Tempo do Projeto, suas ferramentas e técnicas associadas, variam por área de aplicação, sendo documentados no plano de gerenciamento do cronograma (PMI, 2004). Assim, faz-se necessária a classificação das atividades pelas suas principais características, conforme Quadro 2.1 extraído do Manual *Primavera Project Enterprise P3e*. (2005), e Figura 2.12, ambos a seguir.

Quadro 2.1 - Tipos de Atividades do Cronograma de um Projeto.	
Dependente de Tarefa	Este tipo de atividade é considerado quando o trabalho necessita ser concluído em um dado período, independentemente da disponibilidade de recursos alocados para a atividade.
	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Os recursos são calculados para trabalhar de acordo com o calendário da atividade ◆ A duração é determinada pela semana trabalhada do calendário, associada à atividade.
Dependência do Recurso	Tipicamente usado quando múltiplos recursos associados à mesma atividade podem produzir independentemente.
	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Os recursos da atividade são calculados de acordo com o calendário individual. ◆ A duração é determinada pela disponibilidade de recursos associada ao trabalho da atividade.
Nível de esforço	Este tipo é considerado para atividades em contínuo progresso, dependentes de outras atividades.
	<ul style="list-style-type: none"> ◆ A duração é determinada por suas atividades predecessoras / sucessoras. ◆ O usuário não pode alocar restrições.
Marco de Início	Este tipo é considerado para marcar o início de uma fase, ou para comunicar as entregas de projetos.
	<ul style="list-style-type: none"> ◆ A duração da atividade é zero ◆ Somente tem data de início ◆ O usuário pode atribuir restrições, despesas, produtos do trabalho e documentos.
Marco de Fim	Este tipo é considerado para marcar o fim da fase ou para comunicar as entregas de projetos.
	<ul style="list-style-type: none"> ◆ A duração da atividade é zero ◆ Somente tem data de término ◆ O usuário pode alocar restrições, despesas, produtos do trabalho e documentos.
Resumo EAP	Considerado para atividades em contínuo progresso dependentes de outras atividades.
	<ul style="list-style-type: none"> ◆ A duração é determinada pelo início mais cedo e término mais tarde das atividades que se encontram no mesmo nível da EAP

Fonte: Manual *Primavera Project Enterprise P3e*. (2005).

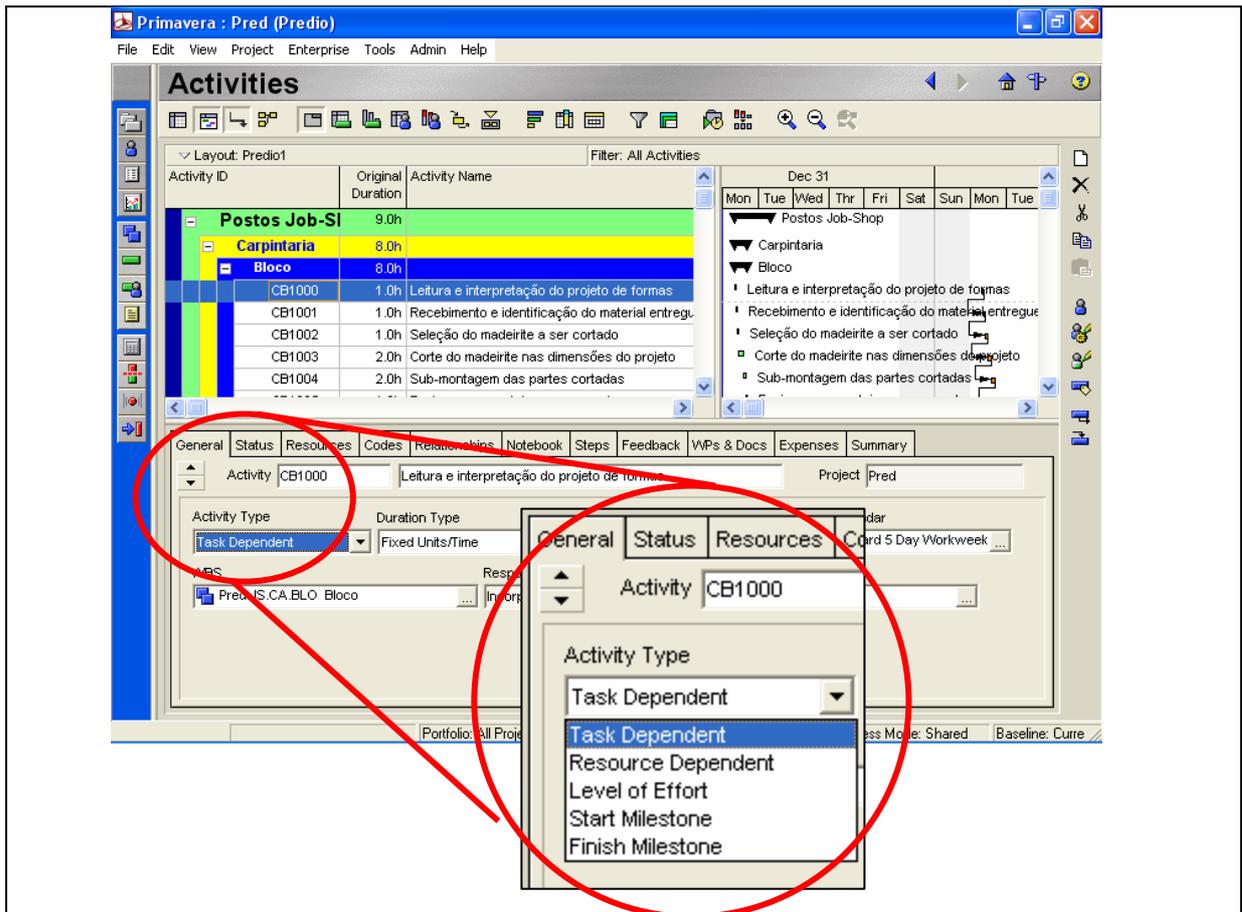


Figura 2.12 - Tipos de Atividades do *Primavera Project Enterprise*.

Os atributos para cada atividade do cronograma no *Primavera P3e* incluem: identificador, códigos, descrição, predecessoras, sucessoras, relacionamentos lógicos, antecipações e atrasos, recursos necessários, datas impostas, restrições e premissas, vistos na Figura 2.11, acima. Os atributos da atividade podem também incluir a pessoa responsável pela execução do trabalho, a área geográfica ou o local onde o trabalho precisa ser realizado e o tipo de atividade do cronograma, como nível de esforço, esforço distinto e esforço distribuído, conforme Figura 2.13, abaixo.

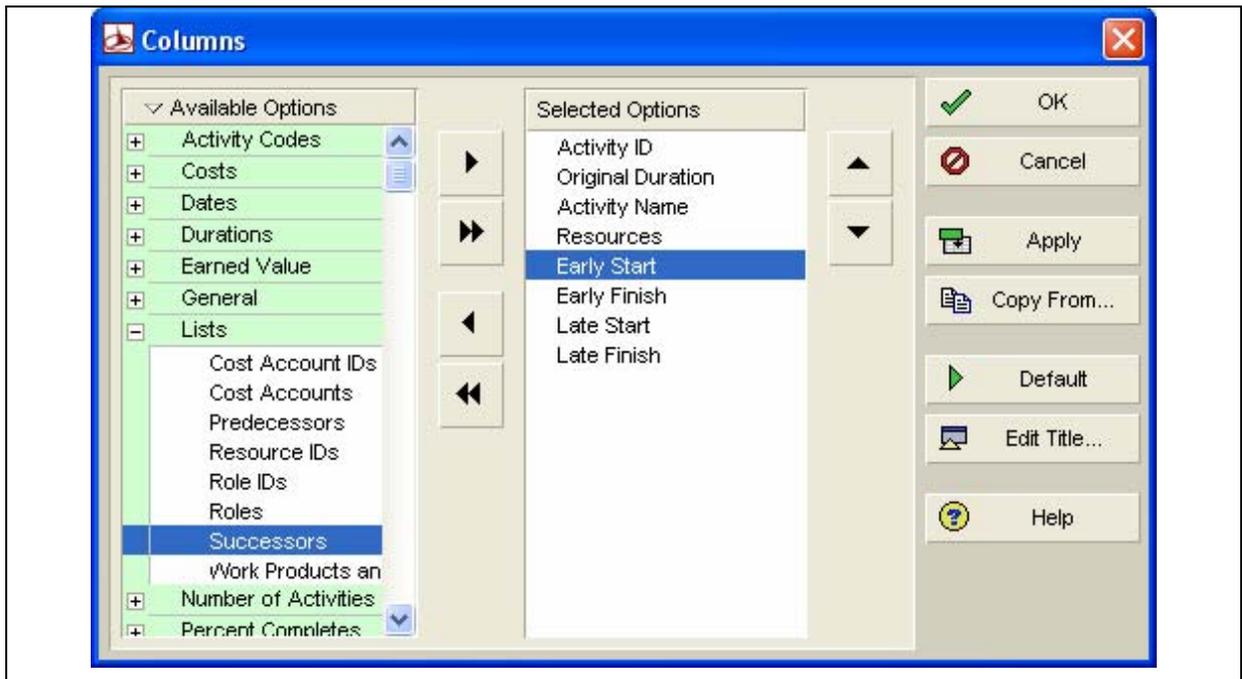


Figura 2.13 - Atributos das Atividades do software Primavera P3e.

2.2.2.2. Seqüenciamento de atividades

O seqüenciamento envolve a identificação e a documentação dos relacionamentos lógicos entre as atividades do cronograma. Para dar suporte ao desenvolvimento posterior de um cronograma do projeto realista e alcançável, as atividades podem ser seqüenciadas logicamente usando as relações de precedência adequadas, além de antecipações e atrasos (PMI, 2004).

Para o seqüenciamento, precisamos da declaração do escopo do projeto que contém a descrição do escopo do produto, onde são inseridas as características que freqüentemente podem afetar o seqüenciamento de atividades, a lista de atividades, os atributos da atividade e para facilitar todo este trabalho, a EAP do projeto.

O seqüenciamento também pode ser feito através de um *software* de gerenciamento de projetos (*Primavera P3e*) ou de técnicas manuais. Técnicas manuais e automatizadas podem ser usadas em conjunto.

Seqüenciamento de Atividades: Ferramentas Técnicas (PMI, 2004).

Dentre os vários métodos de construção de diagramas de rede para o seqüenciamento das atividades, cita-se aqui o mais utilizado atualmente pelos planejadores de projetos, selecionado para o desenvolvimento da Metodologia de Planejamento dessa dissertação.

Método do Diagrama de Precedência (MDP)

É um método de construção do cronograma do projeto, por meio de um diagrama de rede que usa caixas ou retângulos, chamados nós, representando atividades, e os conecta por setas que mostram as dependências. A Figura 2.14, subsequente, mostra um diagrama de rede do cronograma do projeto simples desenhado com o MDP. Essa técnica, também chamada de atividade no nó (ANN), é o método usado em muitos dos pacotes de *software* de gerenciamento de projetos, como o *Primavera P3e*.

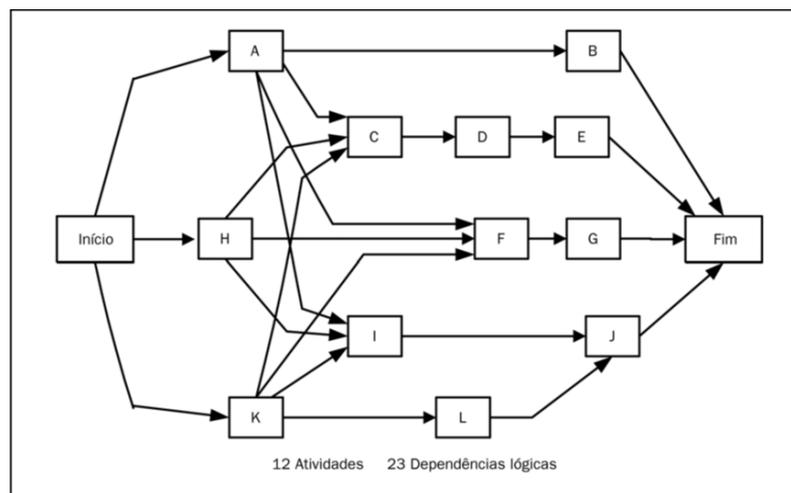


Figura 2.14 - Método do Diagrama de Precedência.

Fonte: PMI, 2004.

O MDP (Método do Diagrama de Precedência) inclui quatro tipos de dependências ou de relações de precedência, conforme Figura 2.15, abaixo:

- Término para início: o início da atividade sucessora depende do término da atividade predecessora;
- Término para término: o término da atividade sucessora depende do término da atividade predecessora;
- Início para início: o início da atividade sucessora depende do início da atividade predecessora;
- Início para término: o término da atividade sucessora depende do início da atividade predecessora.

No MDP, o tipo mais comumente usado de relação de precedência é o de término para início. As relações do tipo início para término são raramente usadas.

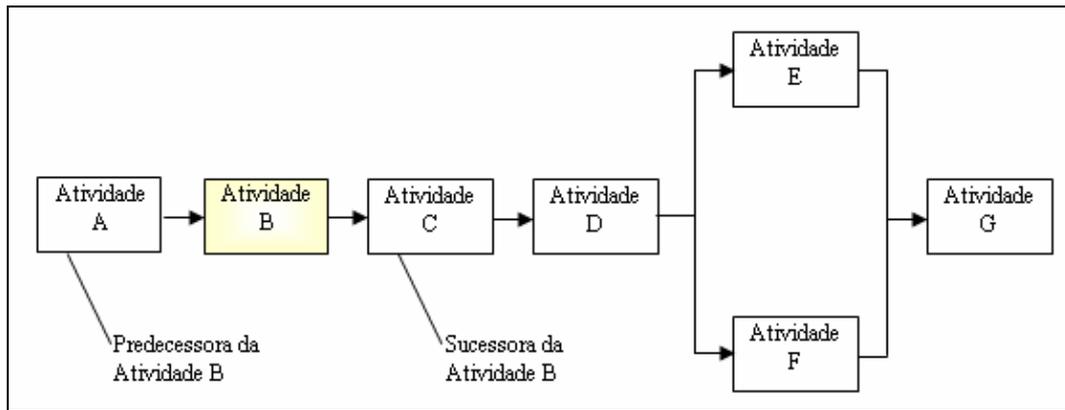


Figura 2.15 - Dependência ou Relações de Precedência.

Fonte: Manual *Primavera Project Enterprise P3e*. (2005).

O Método do Diagrama de Precedências (MDP) quando utilizado o *software Primavera P3e*, torna-se uma técnica para criação de um diagrama de rede lógica, composta de:

- Uma caixa ou retângulo que representa cada atividade;
- Linhas com setas conectadas às caixas que representam os relacionamentos lógicos entre as atividades;
- Predecessor: controla o início ou fim de outra atividade subsequente;
- Sucessor: depende do início ou fim de outra atividade;
- O início se dá com a primeira atividade na rede, seguido de cada sucessora, ou, de outra maneira, o início se dá com a última atividade na rede, seguida de cada predecessora.

O gerenciador de projetos admite quatro tipos de relacionamentos, conforme Figura 2.15, acima. Na seqüência de diagramas, a atividade A representa a predecessora, e a atividade B, a sucessora.

O deslocamento ou o atraso entre uma atividade e outra é especificado por uma defasagem (*lag*). No Quadro 2.2, abaixo, são demonstrados os relacionamentos com *lag*.

Quadro 2.2 - Relacionamentos com Defasagem (Lag) no Gerenciador de Projetos.	
	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Sempre expresso em dias. ◆ Calculado com base no calendário da atividade sucessora. ◆ Pode ser adicionado em qualquer tipo de relacionamento. ◆ Pode ser um valor negativo ou positivo.
Início para o Fim com Lag	<ul style="list-style-type: none"> ◆ O exemplo seguinte mostra que a atividade A precisa ser completada sete dias antes do início da atividade B. <div style="text-align: center;"> </div>
	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Outro exemplo, a atividade A pode iniciar cinco dias após a atividade B. <div style="text-align: center;"> </div>

Fonte: Manual Primavera Project Enterprise P3e. (2005), adaptado.

A aplicação de antecipações e atrasos no gerenciador de projetos determina as dependências que podem exigir uma antecipação ou um atraso para definição do relacionamento lógico. O uso de antecipações, atrasos e de suas premissas relacionadas é documentado (MACHADO, 2003).

Uma antecipação permite o início da atividade sucessora numa data anterior à programada inicialmente, enquanto um atraso leva a um retardo da atividade sucessora.

Portanto, os diagramas de rede do cronograma do projeto são representações esquemáticas das atividades do cronograma do projeto e dos relacionamentos lógicos entre elas, também chamados de dependências. Na determinação da dependência, três tipos são levados em conta de dependências para definir a seqüência entre as atividades (MACHADO, 2003):

- Dependências obrigatórias. A equipe de gerenciamento de projetos determina quais são as dependências obrigatórias durante o processo de estabelecimento da seqüência de atividades. As dependências obrigatórias são aquelas inerentes à natureza do trabalho realizado;

- Dependências arbitradas. As dependências arbitradas são totalmente documentadas, pois podem criar valores de folga total arbitrários e limitar as opções posteriores de elaboração de cronogramas. As dependências arbitradas são chamadas algumas vezes de lógica preferida, lógica preferencial ou lógica fina;
- Dependências externas. As dependências externas são as que envolvem um relacionamento entre as atividades do projeto e as atividades que não são do projeto, como por exemplo, a atividade que necessite de materiais dos fornecedores.

2.2.2.3. Estimativa de duração da atividade

O processo de estimativa de duração das atividades do cronograma usa informações sobre escopo de trabalho da atividade do cronograma, tipos de recursos necessários, estimativas das quantidades de recursos, seus calendários e disponibilidades. O processo de estimativa de duração da atividade exige que a quantidade de esforço de trabalho (homens/hora), de recursos a serem aplicados, assim como o número de períodos de trabalho necessário para terminar a atividade do cronograma, seja determinado. Todos os dados e premissas que dão suporte à estimativa de duração são documentados para cada estimativa (PMI, 2004).

A estimativa do número de períodos (tempo) de trabalho necessário para concluir a atividade do cronograma pode exigir que se considerem as restrições dos recursos como um requisito relacionado ao tipo específico de trabalho. O *software* de gerenciamento de projetos *Primavera P3e* utiliza um calendário de projeto e calendários de recursos de período de trabalho alternativos, geralmente identificados pelos recursos que exigem períodos de trabalho específicos. As atividades do cronograma serão programadas de acordo com o calendário do projeto. Atividades para as quais os recursos estão atribuídos também serão programadas de acordo com os calendários de recursos adequados, conforme o item 2.7.3, Gerenciamento dos Recursos do Projeto, que se segue.

Para se estimarem as durações das atividades da construtora e das organizações envolvidas no projeto, pode-se manter um banco de dados de estimativas de duração e de outros dados históricos de referência. Esse tipo de informação de referência está disponível comercialmente e é muito útil quando as durações das atividades não são determinadas pelo conteúdo real do trabalho. Futuramente, essas bases de dados darão suporte à gestão do conhecimento da empresa.

As informações históricas sobre as durações prováveis de muitas categorias de atividades estão frequentemente disponíveis em registros dos resultados de projetos

anteriores, com detalhes suficientes para auxiliar no desenvolvimento de estimativas de duração.

As restrições e premissas da declaração do escopo do projeto são consideradas na estimativa das durações das atividades do cronograma, juntamente com a lista de atividades, seus atributos e recursos necessários.

A estimativa de recursos afetará a duração da atividade do cronograma, pois os recursos atribuídos e sua disponibilidade irão influenciar de forma significativa a duração da maioria das atividades. A duração total do projeto é calculada como um resultado (*output*) do processo desenvolvimento do cronograma.

Estimativa de Duração da Atividade: Ferramentas e Técnicas (PMI, 2004).

A duração das atividades é freqüentemente difícil de estimar devido a vários fatores que podem influenciá-la, como níveis de recursos ou produtividade. Atualmente, existem várias técnicas apresentadas pelo PMBOK, tais como:

- A opinião especializada - orientada pelas informações históricas, pode ser usada sempre que possível;
- A estimativa análoga da duração - significa usar a duração real de uma atividade anterior semelhante como base para a estimativa da duração de uma futura atividade;
- A estimativa da base das durações das atividades - pode ser determinada quantitativamente, multiplicando-se a quantidade de trabalho a ser realizado pelo valor da produtividade, denominadas estimativas paramétrica.
- As estimativas de três pontos - se baseia na determinação de três tipos de estimativas: Mais provável, Otimista e Pessimista.

Uma estimativa de duração da atividade pode ser construída usando uma média das três durações estimadas. Muitas vezes, essa média irá fornecer uma estimativa de duração da atividade mais exata do que a estimativa mais provável de um único ponto. Similar a esse último método e consagrado na área de gerenciamento, existe o método PERT, onde para este cada atividade são atribuídas três durações distintas.

- Duração otimista: A;
- Duração mais provável: M;
- Duração pessimista: B;

Determina-se a duração média (T) da atividade por meio da expressão:

$$T=(A + 4 \times M + B)/6 \quad (2.1)$$

Essa aproximação é proveniente da hipótese de que sua duração não é fixa, mas é uma variável aleatória que segue uma distribuição de probabilidade. Caso seja decidido utilizar o método PERT, poderão ser desenvolvidos cálculos estatísticos que mostram a probabilidade de um projeto ser terminado até certa data. Depois de determinada a data média T de cada atividade, aplica-se o algoritmo do método do caminho crítico para a determinação da duração do projeto (MARTINS, 2000). Para a utilização do método CPM, deve-se determinar uma única duração para cada atividade e aplicar o algoritmo do caminho crítico, conforme será visto no item de Desenvolvimento de Cronograma.

Ao fim, dá-se o desenvolvimento do cronograma do projeto propriamente dito. Um processo iterativo determina as datas de início e de término planejadas.

2.2.2.4. Desenvolvimento do cronograma

O desenvolvimento do cronograma pode exigir que as estimativas de duração e as estimativas de recursos sejam revisadas para criar um cronograma do projeto aprovado, que possa servir como uma linha de base (Plano meta) em relação à qual o progresso pode ser acompanhado. O desenvolvimento do cronograma continua durante todo o projeto, sofrendo as respectivas atualizações.

Desenvolvimento do Cronograma: Ferramentas e Técnicas (PMI, 2004).

a. Análise de rede do cronograma

A análise de rede do cronograma é uma técnica que gera o cronograma do projeto. Ela emprega o modelo de cronograma e várias técnicas analíticas, como o método do caminho crítico e o nivelamento de recursos, dentre outras, para calcular as datas de início e de término mais cedo e mais tarde, além das datas de término e de início agendadas para as atividades remanescentes. Se o diagrama de rede do cronograma, usado no modelo, possuir *loops* de rede ou terminações abertas na rede, então esses *loops* e terminações abertas são ajustados antes da aplicação de uma das técnicas analíticas.

b. Método do caminho crítico

Para Martins (2000), o método do caminho crítico é utilizado para o gerenciamento dos tempos. A aplicação desse método na programação da produção ocorre toda vez em que haja a necessidade de se programarem produtos únicos e não repetitivos, como em vários empreendimentos de construção civil.

O emprego da técnica de programação do Método do Caminho Crítico (*Critical Path Method - CPM*) por meio do Gerenciador de projetos *Primavera P3e*, serve para calcular a programação dos projetos. O CPM usa a duração das atividades e os relacionamentos entre elas para calcular datas programadas. Este cálculo é feito em dois passos:

- O caminho crítico é o maior caminho contínuo de atividades dentro de um projeto que determina a data de término do projeto;
- Um atraso em uma atividade provoca atraso em outras; e no projeto como um todo.

O método é uma técnica de análise de rede que calcula as datas teóricas de início e de término mais cedo, como na Figura 2.16, abaixo, e de início e término mais tardios, de todas as atividades do cronograma, realizando análises dos caminho de ida e de volta pelos caminhos de rede do cronograma do projeto, como na Figura 2.17, subsequente.

Em qualquer caminho de rede, a flexibilidade do cronograma é medida pela diferença positiva entre as datas mais tarde e mais cedo, e é chamada de "folga total". Os caminhos críticos têm uma folga total nula ou negativa. Quando a folga total de um caminho de rede for nula ou positiva, então a folga livre - o atraso total permitido para uma atividade do cronograma sem atrasar a data de início mais cedo de qualquer atividade sucessora - poderá também ser determinada.

O *software Primavera P3e* programa o projeto para calcular as datas previstas das atividades, após sua definição, adicionando detalhes e relacionamentos entre as mesmas e favorecendo a gestão dos materiais do projeto pelas seguintes regras:

- A passagem para frente calcula as datas cedo de início e término, determinando para o planejador a data em que o material deve estar no canteiro de obras;
- A passagem para trás calcula as datas tarde de início e término, determinando para o planejador a data limite (máxima) em que o material deve estar no canteiro de obras;
- A folga total determina a flexibilidade dos ciclos de pedidos e de entregas do material;
- O Gerenciador de Projetos não calculará a programação até que os relacionamentos circulares (*loops*) estiverem eliminados;
- Finais abertos são atividades sem predecessora ou sucessora.

Algoritmo de Programação do *Primavera P3e*

a) Passagem para Frente

- Datas cedo são os períodos em que uma atividade pode iniciar e terminar desde que suas predecessoras tenham sido finalizadas;
- O cálculo começa com as atividades sem predecessoras;
- $\text{Início Cedo} + \text{Duração} - 1 = \text{Término Cedo}$

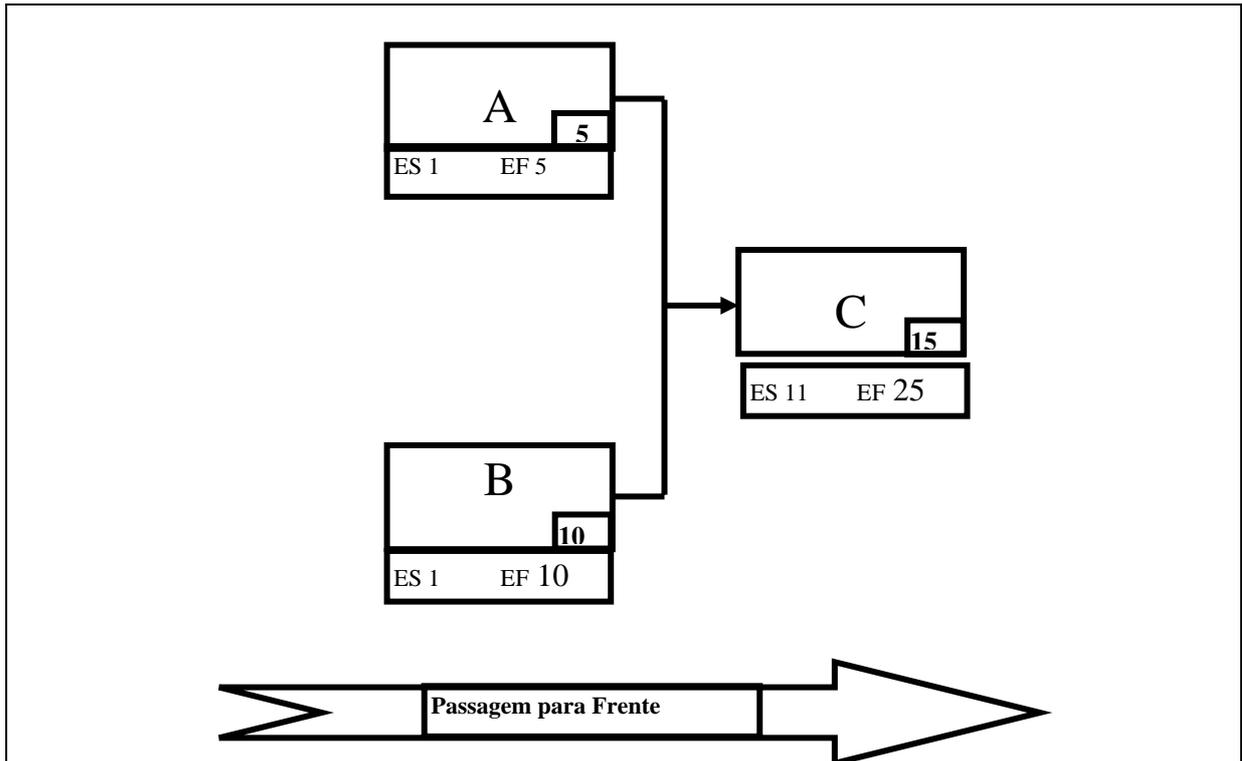


Figura 2.16 - Método do Caminho Crítico (CPM) – Passagem Para Frente.

Fonte: Manual *Primavera Project Enterprise* (2005), adaptado.

b) Passagem para Trás

- Datas tarde são os períodos mais tardios em que uma atividade pode iniciar e terminar, sem comprometer o final do projeto.
- O cálculo começa com as atividades sem sucessoras;
- $\text{Final Tarde} - \text{Duração} + 1 = \text{Início Tarde}$

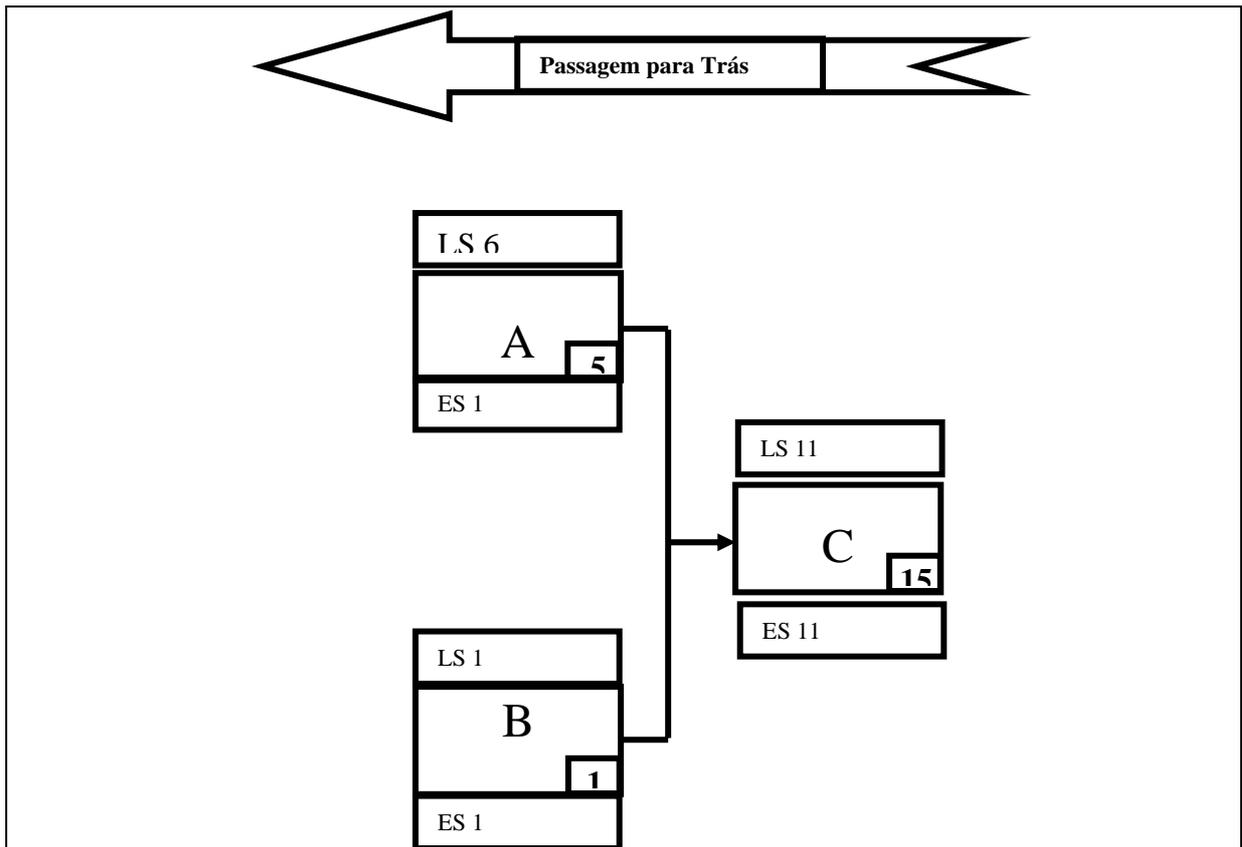


Figura 2.17 - Método do Caminho Crítico (CPM) – Passagem Para Trás.

Fonte: Manual *Primavera Project Enterprise* (2005), adaptado.

2.2.2.5. Restrições genéricas impostas ao planejamento da produção

SLACK *et al* (1997) destaca a existência dos seguintes fatores ligados às restrições às quais as atividades de planejamento e controle estão sujeitas:

- Restrições de custos - os produtos devem ser produzidos dentro de custos determinados;
- Restrições de capacidade - os produtos devem ser produzidos dentro dos limites de capacidade projetados;
- Restrições de tempo - os produtos devem ser produzidos dentro de um intervalo de tempo, no qual eles ainda tenham valor para o consumidor;
- Restrições de qualidade - os produtos devem ter conformidade às tolerâncias projetadas.

Ballard (1996) analisa a questão operacionalmente, sugerindo que tipos diferentes de ordens de serviço possuam diferentes restrições. Estas restrições podem ser contratuais, de projeto, de materiais, de serviços preliminares, de espaço, de equipamentos, de mão-de-obra, de permissões, de inspeções e de aprovações. Segundo Ballard (2003), o responsável pelo planejamento deve envolver-se em uma análise das restrições impostas à execução de

cada atividade que entra na programação, de modo que consiga gerenciar ativamente sua produção e entrega de todos os insumos necessários. Na ausência de análise de restrições, a tendência é tornar-se reativo ao que acontece.

Por exemplo, temos como restrição as datas impostas nos inícios ou termos das atividades, que podem ser usadas para limitar o início ou o término, para não começar antes ou terminar depois de uma data especificada. Embora várias restrições estejam normalmente disponíveis no *software* de gerenciamento de projetos, as restrições "não começar antes de" e "não terminar após" são mais freqüentes. As restrições de datas incluem situações acordadas por contrato, uma janela de mercado em um projeto de tecnologia, restrições de clima sobre atividades externas, conformidade imposta pelo governo como reparação ambiental e entrega de material por partes não representadas no cronograma.

Assim, para o planejamento, é conveniente a alocação de restrições, de acordo com o planejamento inicial estimado, conforme Figura 2.18, e Quadro 2.3 - Restrições Adicionais, extraído do Manual *Primavera Project Enterprise P3e* (2005), ambos a seguir.

Quadro 2.3 - Restrições Adicionais.	
Iniciar em	<ul style="list-style-type: none"> • Força a atividade a começar na data da restrição • Desloca ambas as datas cedo e tarde • Atrasa um início cedo ou acelera um início tarde
Iniciar em ou antes	<ul style="list-style-type: none"> • Força a atividade a iniciar não mais tarde que a data da restrição • Desloca a início tarde para a data da restrição. • Afeta as datas tarde de suas predecessoras • Usada para colocar um prazo para início de uma atividade.
Terminar em	<ul style="list-style-type: none"> • Força a atividade para terminar na data da restrição. • Desloca ambas as datas cedo e tarde. • Atrasa um término cedo ou acelera um término tarde. • Usada para satisfazer prazos de término intermediários do projeto.
Terminar em ou antes	<ul style="list-style-type: none"> • Força a atividade para não terminar mais tarde que a data da restrição. • Empurra a data tarde de término para a data da restrição. • Afeta as datas tarde de suas predecessoras. • Usada para estabelecer pontos de conclusão intermediários no projeto.
Terminar em ou depois	<ul style="list-style-type: none"> • Força a atividade para não terminar não mais cedo que a data da restrição. • Empurra a data cedo de término para a data da restrição. • Afeta as datas cedo de suas sucessoras • Usada para prevenir uma atividade do término muito cedo.
O mais tarde possível	<ul style="list-style-type: none"> • Atrasa uma atividade o mais tarde possível sem atrasar suas sucessoras. • Empurra as datas cedo para o mais tarde possível • Também chamada de restrição de folga total igual à zero

Fonte: Manual *Primavera Project Enterprise*, (2005), adaptado.

Em síntese:

- Restrições - São datas de imposições de limites, usadas para refletir as exigências do projeto que não podem ser construídas dentro da lógica;
- Atributos - Restrições são imposições do usuário. Depois de aplicada uma restrição, o projeto precisa ser reprogramado para cálculo de novas datas;
- Benefícios – Elaboração de uma programação que mais exatamente reflita os reais aspectos gerais do projeto, disponibilize um controle adicional ao projeto e que seja usada para impor restrições em todo o projeto ou em atividades individuais.

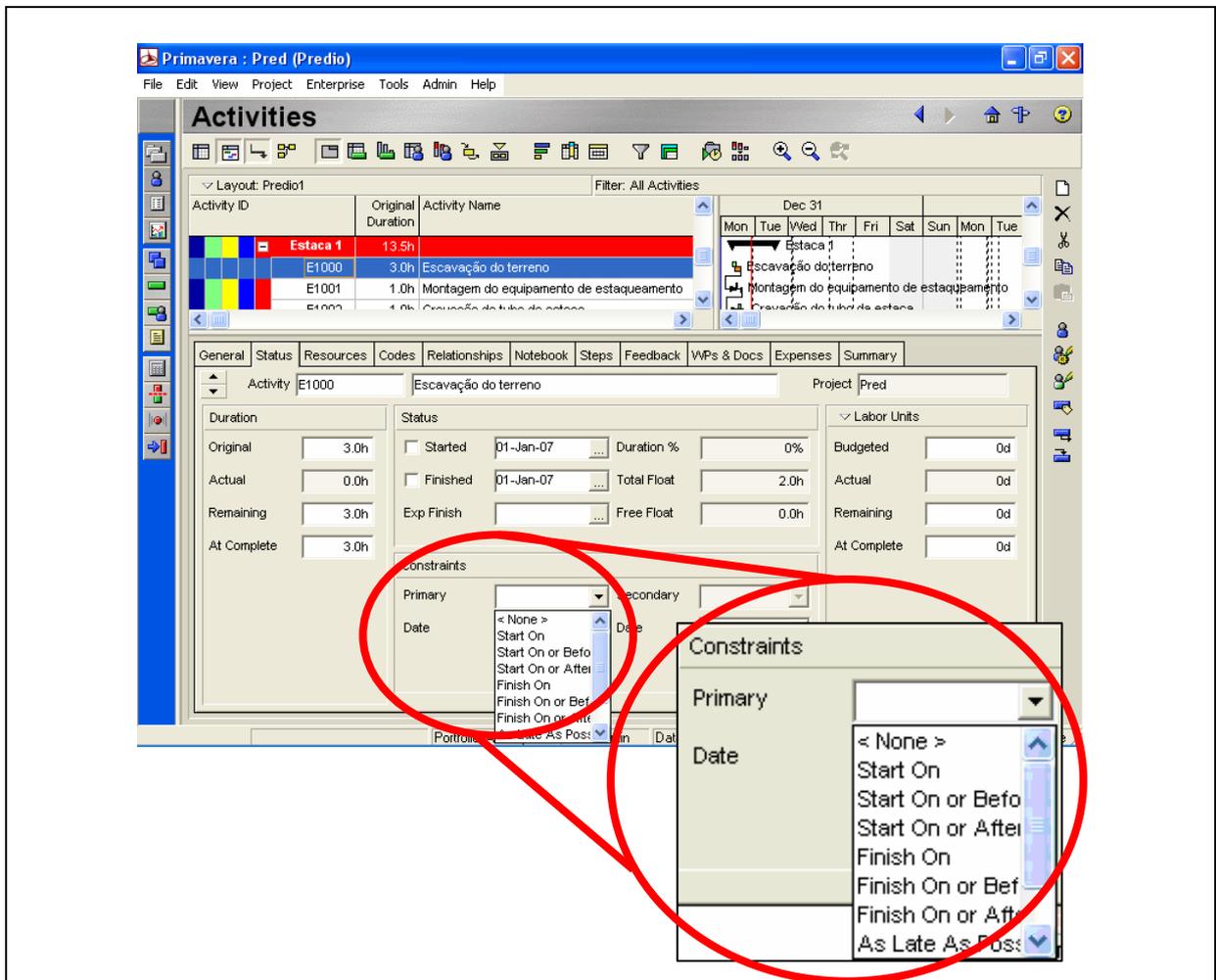


Figura 2.18 - Restrições de Atividades do Primavera Project Enterprise.

Além das restrições (*constraints*) que irão limitar a equipe de gerenciamento de projetos na análise de rede do cronograma no planejamento desenvolvido, existem também as restrições físicas do fluxo do sistema construtivo. Isto acontece pelo fato de que todos os sistemas produtivos convivem com algum nível de variabilidade em seu ambiente de produção, pois são sistemas abertos. Para combater essas restrições, a prática da proteção

da produção existente nas técnicas de administração da produção é recomendada. Os sistemas contemporâneos de administração da produção considerados mais modernos tais como: o sistema *Just-In-Time* ou a Teoria das Restrições apresentam princípios referentes à proteção da produção (GOLDRATT, 1997).

Para Goldratt (1997), a restrição de um sistema é qualquer coisa que o limita para que este atinja um desempenho maior na direção de sua meta. Ela representa pontos gargalos dos processos, porque impõe um impedimento físico para a seqüência de trabalho. A utilização da análise de restrições derivada do conceito da Teoria das Restrições (GOLDRATT, 1997) foca a ação sobre gargalos e criação de *buffers*, buscando a diminuição da incerteza e a variabilidade na produção.

Para um planejamento que retrate a realidade, a administração de todas as restrições pode ser feita por meio dos conceitos de *Last Planner* e *Lookahead Planning*, que segundo Tomellein e Ballard (1997), são ferramentas de planejamento que têm apresentado um bom uso em obras, buscando enquadramento na *Lean Construction*. A remoção das restrições significa eliminar uma situação de rigidez no processo para deixá-lo mais flexível, normalmente ligada ao fator tempo (GOLDRATT, 1997).

Para Bernardes (2003), a obra deve ser planejada com precisão. Essa tarefa é destinada a várias pessoas ou equipes, que têm a responsabilidade de repassar as informações sobre o planejamento a vários níveis hierárquicos da organização e às empresas envolvidas. O planejamento tende a focar os objetivos globais e as restrições que regem o empreendimento. Igualmente necessário, o planejamento físico diário mostra uma visão da obra, definindo quais tarefas específicas serão executadas no dia seguinte. As pessoas ou grupos que produzem esse planejamento diário receberam a denominação de *Last Planner*.

A equipe de planejamento procura adequar o que será feito com o que deve ser feito, verificando as restrições. A tentativa de executar todas as tarefas previstas sem a correta verificação das restrições, pode gerar uma incompatibilidade entre as tarefas programadas e suas respectivas execuções, fazendo com que o planejamento caia em descrédito. A Figura 2.19, abaixo, apresenta, simplificada, a estrutura do *Last Planner*.

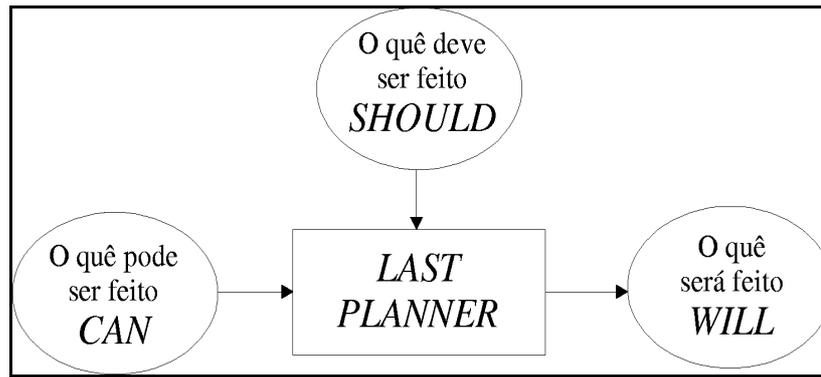


Figura 2.19 - Estrutura do Last Planner.

Fonte: BERNARDES (2001), adaptado.

Para Bernardes (2001) a vantagem do *Last Planner* consiste na qualidade com que os planejamentos diários são produzidos, gerando confiança nas equipes executoras. A qualidade do planejamento pode ser verificada por meio de três características básicas, que são claramente identificadas pelos executores. São elas:

- A seqüência correta de trabalho está definida;
- A quantidade correta de trabalho está definida;
- O trabalho definido é factível de ser executado, ou seja, os pré-requisitos e os recursos necessários estão disponíveis.

Os principais parâmetros dos sistemas de planejamento devem ser apresentados, incluindo diagramas, quantitativos, materiais, especificações, métodos construtivos, interferências, etc. As principais necessidades de apoio devem ser identificadas, incluindo facilidades de transporte, *layout* do canteiro de obras, equipamentos de elevação de cargas, localização de fornecedores, locais para estocagem de materiais, etc.

A metodologia de planejamento proposta busca a integração para os três níveis de gerenciamento das operações, de forma que o controle de performance possa ser feito com precisão. A Figura 2.20, abaixo, apresenta os níveis do Sistema de Planejamento.

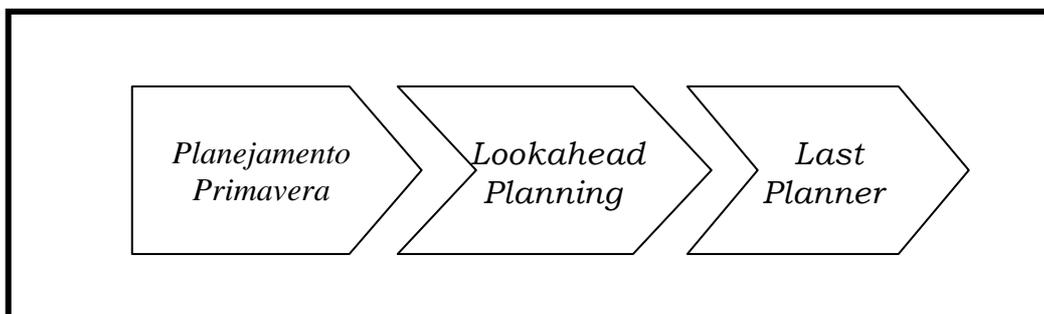


Figura 2.20 - Níveis de Gerenciamento de Restrições das atividades no Sistema de Planejamento.

O primeiro nível de planejamento é denominado Planejamento *Primavera* Macro. Nele, as principais metas são estabelecidas, não sendo necessária, num momento inicial, qualquer informação mais precisa sobre o andamento das atividades. A partir do instante em que se entende que o macro planejamento conseguiu abranger todas as atividades da obra, pode-se dar início ao segundo nível, denominado *Lookahead Planning*. A Figura 2.21, a seguir, apresenta o fluxo para a emissão do *Lookahead*.

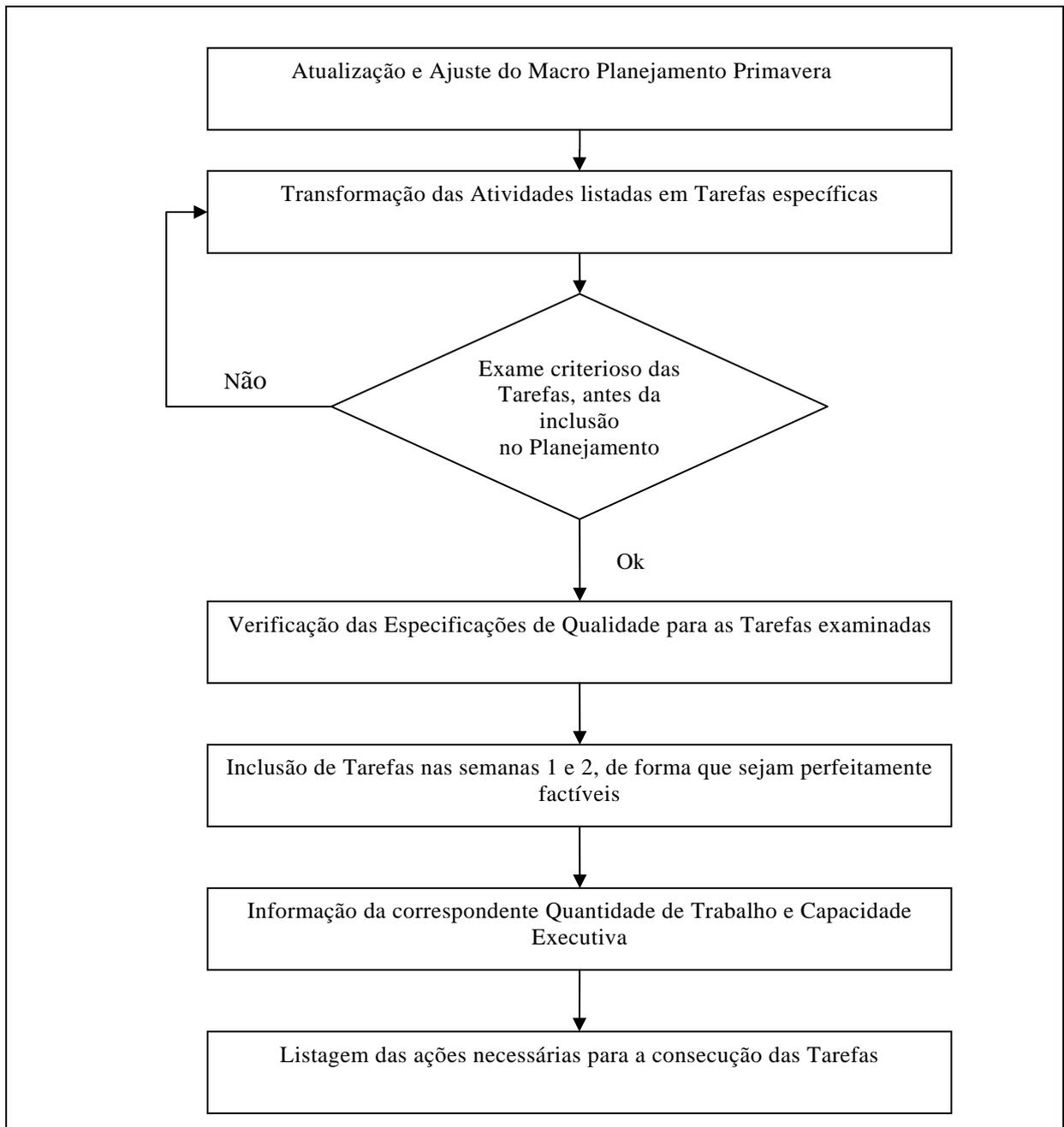


Figura 2.21 - Fluxo para a Emissão do *Lookahead*.

Fonte: Adaptado de Bernardes, (2003).

Conjugadamente ao *Lookahead Planning*, é desenvolvido o *Last Planner*, que é o planejamento da semana seguinte à data em que o planejador ou equipe programa as atividades. Na planilha semanal, são discriminadas todas as tarefas da semana, os responsáveis pelas equipes executoras, a quantidade de executores em cada equipe, as necessidades para execução das tarefas e todas as informações de controle que farão a mensuração da performance da execução frente ao planejado.

Após esta etapa é feita a retro-alimentação do SIG dentro da base de dados do *Primavera P3e* visando à emissão do Planejamento Semanal (*Last Planner*).

2.2.2.6. Controle do cronograma

Após a apresentação das técnicas de elaboração do cronograma do projeto, baseadas apenas nas durações das atividades, sem atentar aos recursos necessários para a execução de cada uma, e tendo o planejamento de recursos realizado um estágio inicial, o cronograma do projeto continuará sendo preliminar até que as atribuições de recursos sejam confirmadas e as datas de início e término programadas sejam estabelecidas.

O cronograma do projeto pode ser apresentado de forma sumarizada, às vezes chamado de cronograma mestre ou cronograma de marcos, ou apresentado em detalhes. Embora um cronograma do projeto possa ser apresentado na forma tabular, ele é mais freqüentemente apresentado de forma gráfica, usando um ou mais dos seguintes formatos:

- Diagramas de rede do cronograma do projeto, com informações sobre a data das atividades, que mostram a lógica de rede do projeto e as atividades de caminho crítico do cronograma, como na Figura 2.22, abaixo.
- Gráficos de barras representando as atividades, que mostram as datas de início e conclusão das atividades, além das durações esperadas. Os gráficos de barras são relativamente fáceis de se ler e são freqüentemente usados em apresentações gerenciais. Uma atividade de resumo mais ampla e abrangente, às vezes chamada de atividade sumarizadora, é usada entre marcos ou entre vários pacotes de trabalho interdependentes e é exibida em relatórios de gráfico de barras para controle e gerenciamento da comunicação. Pode-se ter um cronograma sumarizado em formato estruturado de EAP, como na Figura 2.23, a seguir.

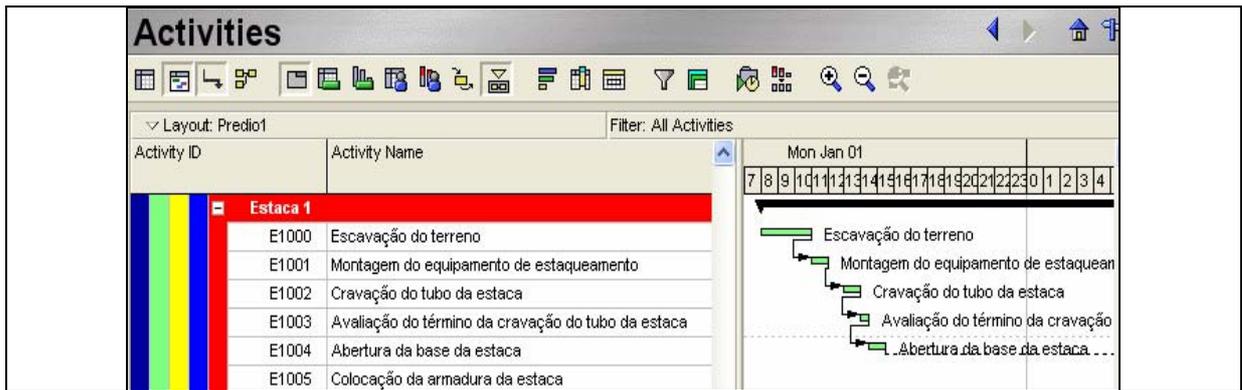


Figura 2.22 - Cronograma na forma tabular e na forma gráfica no *Primavera P3e*.

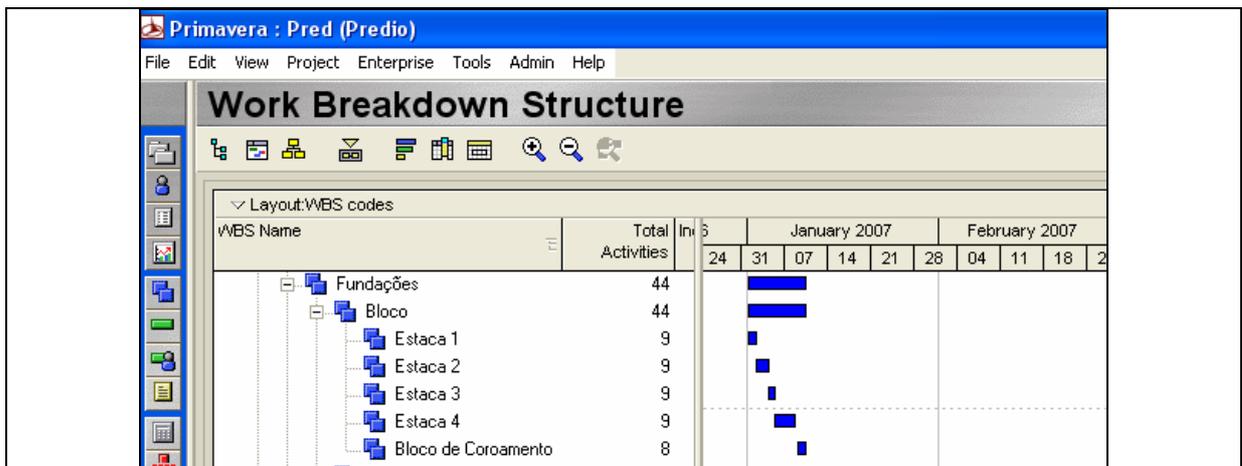


Figura 2.23 - Cronograma sumarizado em formato estruturado de EAP no *Primavera P3e*.

Os dados de apoio do cronograma do projeto incluem pelo menos a quantidade de dados adicionais por área de aplicação. As informações, muitas vezes fornecidas como detalhes de apoio, se incluem, mas não estão limitadas a recursos necessários por período de tempo, histograma de recursos, etc., conforme Figura 2.24, abaixo.

Primavera : Pred (Predio)

File Edit View Project Enterprise Tools Admin Help

Activities

Layout: Predio1 Filter: All Activities

Activity ID	Activity Name	Resources	Roles
Estrutura			
Fundações			
Bloco			
Estaca 1			
E1000	Escavação do terreno		Servente
E1001	Montagem do equipamento de estaqueamento	Equip. de estaqueamento	Técnico, Servente,
E1002	Cravação do tubo da estaca		Servente, Técnico
E1003	Avaliação do término da cravação do tubo da estaca		Engenheiro, Técnico
E1004	Abertura da base da estaca		Técnico, Servente
E1005	Colocação da armadura da estaca	Armadura	Armador,
E1006	Concretagem do fuste da estaca	Concreto Betonado	Pedreiro, Servente,
E1007	Preparação da cabeça da estaca		Pedreiro
E1008	Desmontagem do equipamento de estaqueamento	vibrador de concreto	Servente, Técnico,
Estaca 2			
E2000	Escavação do terreno		Servente
E2001	Montagem do equipamento de estaqueamento	Equip. de estaqueamento	Técnico, Servente,
E2002	Cravação do tubo da estaca		Servente, Técnico
E2003	Avaliação do término da cravação do tubo da estaca		Engenheiro, Técnico
E2004	Abertura da base da estaca		Técnico, Servente
E2005	Colocação da armadura da estaca	Armadura	Armador,
E2006	Concretagem do fuste da estaca	Concreto Betonado	Pedreiro, Servente,
E2007	Preparação da cabeça da estaca		Pedreiro

Portfolio: All Projects User: admin Data Date: 01-Jan-07 Access Mode: Shared Baseline: Curre

Figura 2.24 - Dados adicionais: Recursos necessários.

É usual, no controle do cronograma do projeto aprovado, um componente do plano de gerenciamento do projeto chamado de linha de base do cronograma. Ela fornece a base para medição e emissão de relatórios de desempenho de prazos como parte da linha de base da medição de desempenho. Tais relatórios fornecem informações sobre o desempenho de prazos, como as datas planejadas que foram cumpridas e as que não foram. Os relatórios de desempenho podem também chamar a atenção da equipe do projeto para problemas que poderiam afetar negativamente o desempenho de prazos no futuro.

Controle do Cronograma: Ferramentas e Técnicas (PMI, 2004).

a. Relatório de progresso

O relatório de progresso e a situação atual do cronograma incluem informações como as datas de início e de término reais e as durações restantes das atividades do cronograma não terminadas. Se, além disso, for usada uma medição do progresso como valor agregado, então o percentual completo das atividades do cronograma em andamento poderá também ser incluído.

b. Sistema de controle de mudanças no cronograma

O sistema de controle de mudanças no cronograma define os procedimentos para efetuar mudanças no cronograma do projeto. Inclui a documentação, os sistemas de acompanhamento e os níveis de aprovação necessários para autoriza-las.

c. Medição de desempenho

As técnicas de medição de desempenho produzem a variação de prazos (VP) e o índice de desempenho de prazos (IDP), que são usados para avaliar a extensão das variações que realmente ocorrem no cronograma do projeto. Uma parte importante do controle do cronograma é decidir se a variação no cronograma exige ações corretivas. Por exemplo, um grande atraso em qualquer atividade do cronograma que não esteja no caminho crítico pode ter pouco efeito sobre o cronograma total do projeto, enquanto um atraso muito menor em uma atividade crítica ou quase crítica pode exigir ações imediatas.

d. Software de gerenciamento de projetos

O *software* de gerenciamento de projetos para elaboração de cronogramas possibilita acompanhar as datas planejadas em relação às datas reais e prever os efeitos das mudanças no cronograma do projeto, sejam elas reais ou potenciais, o que demonstra sua utilidade como ferramenta de controle do cronograma.

2.2.3. Gerenciamento dos recursos do projeto

A estimativa de recursos da atividade do cronograma envolve determinar as quantidades de cada recurso que será usado e quando sua disponibilidade para as atividades do projeto.

O processo de estimativa de recursos usa as informações sobre disponibilidade da organização executora, neste caso, a construtora, relativas à pessoal e a aluguel ou compra de suprimentos e equipamentos.

Para qualquer planejamento, deve-se possuir uma lista de atividades que identifique as atividades para os recursos estimados e seus respectivos atributos, desenvolvidos durante o processo de definição da atividade, fornecendo as entradas principais de dados para estimativa dos recursos necessários para cada atividade do cronograma.

Os resultados do processo de estimativa são a identificação e a descrição dos tipos e quantidades de recursos necessários em um pacote de trabalho. A quantidade de detalhes e o nível de especificação das descrições dos recursos necessários podem variar por área de aplicação, ficando definidos na Estrutura Analítica dos Recursos

(EAR) - uma estrutura hierárquica dos recursos identificados por tipo e categoria (PMI, 2004). Ver Figura 2.25, a seguir.

Resource ID	Resource Name	Resource Type	Unit of Measure
MO	Mão-de-Obra	Labor	
MAT	Mateiral	Material	
ma	madeirite	Material	metro quadrado
ci	cimento	Material	kilograma
br	brita	Material	metro cúbico
ar	areia	Material	metro cúbico
fe	ferragem	Material	kilograma
pr	prego	Material	kilograma
PRE	Pré-processado	Material	
EQUIP	Equipamentos/Máquinas	Nonlabor	
be	betoneira	Nonlabor	
ca	carrinho-de-mão	Nonlabor	
vi	vibrador de concreto	Nonlabor	
se	serra de disco	Nonlabor	
mc	mesa de corte e dobra de ferro	Nonlabor	
es	Equip. de estaqueamento	Nonlabor	

Figura 2.25 - Estrutura Analítica dos Recursos no Primavera P3e.

Um calendário composto de recursos do projeto documenta os dias trabalhados e os dias não trabalhados que determinam as datas nas quais um recurso específico, uma pessoa ou material, pode estar ativo ou ocioso, como na Figura 2.26, abaixo. Normalmente, o calendário de recurso do projeto identifica feriados específicos de recursos e períodos de disponibilidade de recursos. O calendário de recurso do projeto identifica a quantidade de cada recurso disponível durante cada período de disponibilidade.

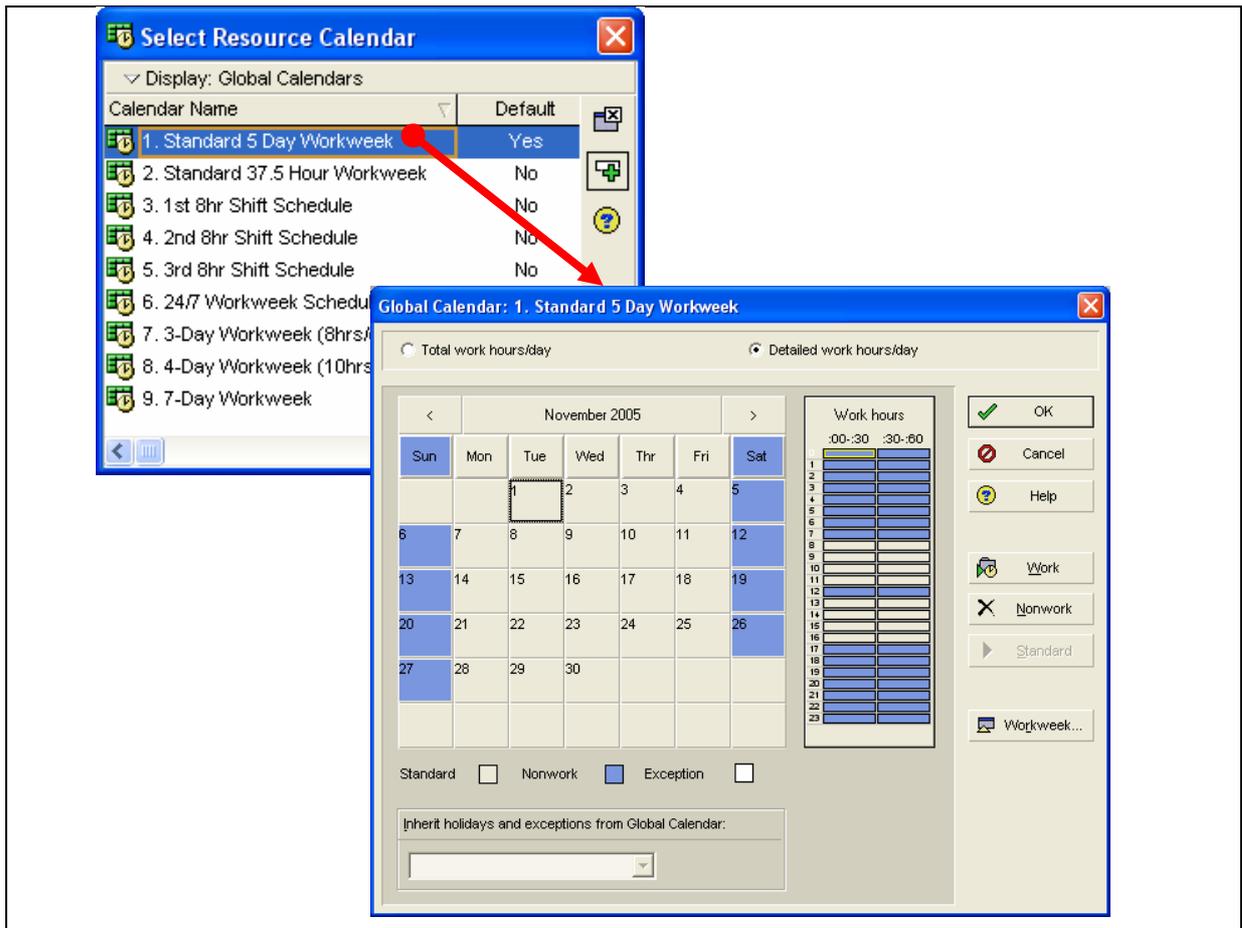


Figura 2.26 - Calendário de recurso no Primavera P3e.

Estimativa de Recursos da Atividade: Ferramentas e Técnicas (PMI, 2004).

a. Opinião especializada

A opinião especializada é freqüentemente necessária para avaliar as entradas relacionadas a recursos.

b. Análise de alternativas

Muitas atividades do cronograma possuem métodos alternativos de realização. Eles incluem o uso de vários níveis de capacidade ou habilidades de recursos, tipos ou tamanhos diferentes de máquinas, ferramentas diferentes (manuais *versus* automatizadas) e decisões de fazer ou comprar, relativas ao recurso.

c. Dados publicados para auxílio a estimativas

Diversas empresas publicam rotineiramente os valores de produção e custos unitários atualizados dos recursos para um extenso conjunto de áreas, material e equipamentos em diversos países e locais geográficos dentro de países.

d Software de gerenciamento de projetos (Primavera P3e)

O *software* de gerenciamento de projetos tem capacidade para ajudar a planejar, organizar e gerenciar "*pools*" de recursos e para desenvolver estimativas em relação a estes. Dependendo da sofisticação do *software*, as estruturas analíticas dos recursos, suas disponibilidades e valores podem ser definidos, além dos seus vários calendários, como nas Figura 2.27 e no Quadro 2.4, apresentados abaixo. Os Recursos no *Primavera P3e* são divididos em três categorias:

- Trabalho (Pessoas):
 - Baseado no tempo;
 - Geralmente re-utilizados entre atividades/projetos;
 - Registrados em termos de preço/unidade, 8 horas/dia.
- Material:
 - Registrado em termos de preço/unidade.
- Não trabalho (Equipamentos):
 - Registrados em termos de preço/unidade.

Figura 2.27 - Detalhes de recursos do *software Primavera P3e*.

Quadro 2.4 - Quadro de Detalhes de recursos do software Primavera P3e.
Classificação Trabalho (Labor Classification) – Indica se o recurso é Trabalho ou não Trabalho.
Moeda (Currency) – indica a moeda associada com o custo do recurso.
Trabalho Excedente Alocado (Overtime Allowed) – marque para indicar que horas de trabalho excedente podem ser informadas.
Fator de Trabalho Excedente (Overtime Factor) – indica o valor pelo qual o preço padrão do recurso deve ser multiplicado para determinar o custo do trabalho excedente.
Calendário (Calendar) – indica o calendário a ser utilizado pelo recurso no cálculo da duração de uma atividade dependente de recurso, acompanhamento e nivelamento.
Padrão de Unidades/Tempo (Default Units/Time) – indica a unidade/tempo que será aplicada quando o recurso é alocado a uma atividade.
Computar Automaticamente Datas Reais (Auto Compute Actuals) – marque para automaticamente calcular a quantidade de trabalho real do recurso de acordo com o plano do projeto.
Calcule Custos das Unidades (Calculate Costs From Units) – marque para calcular o custo de uma atividade baseado nas quantidades de recursos alocadas.

Fonte: Manual *Primavera Project Enterprise*, (2005).

As informações são usados para estimar os tipos de recursos (pessoas, equipamentos e material) que irão influenciar o cronograma do projeto. O processo de estimativa de recursos da atividade é imprescindível para o *software* de gerenciamento, pois ajuda a planejá-los, organizá-los e gerenciá-los, desenvolvendo estimativas de execução dos serviços de cada atividade.

Após a fase de estimativa (definição de recursos) - onde os recursos estão guardados no Gerenciador de Projetos no sistema denominado: Dicionário de Recursos (Figura 2.25) - é chegada a fase seguinte, de sua alocação.

Os procedimentos do sistema *Primavera P3e* para alocação de recursos no plano do projeto podem ser feitos pela adição de um recurso na atividade. Qualquer recurso definido no dicionário pode ser alocado a uma atividade, sendo seu número ilimitado, conforme Figura 2.28, abaixo.

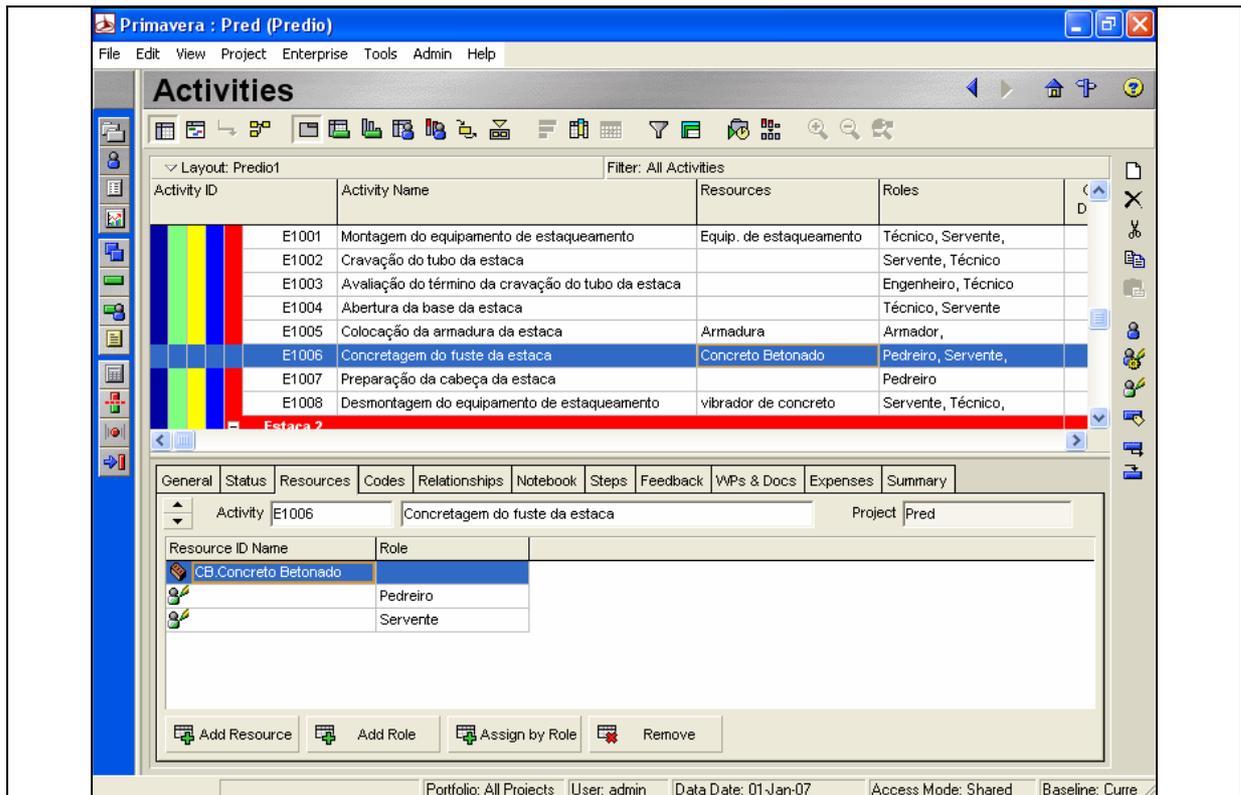


Figura 2.28 - Alocação de recursos (M.O. e Material) no plano do projeto.

Por fim, a análise é feita pelo uso do perfil de recursos que fornece uma vista gráfica de distribuições de unidades/custos por meio do tempo. Eles indicam a quantidade de esforço (homem/hora) necessária para cada recurso do projeto durante cada período de tempo, apresentando as seguintes vantagens no uso do gerenciador de projetos *Primavera P3e*, como, por exemplo:

- Visualizar distribuições de unidades/custos do projeto;
- Visualizar recursos ou funções alocadas;
- A escala de tempo do perfil de recursos combina com a escala de tempo do diagrama de Gantt;
- Formatar colunas, agrupar, ordenar, e filtrar recursos/funções do perfil;
- Determina quantas horas cada recurso/função é programado para trabalhar;
- Identifica alocação de recursos;
- Rastreia gastos por intervalo de tempo.

Para a conclusão deste item (Gerenciamento de Recursos) após a definição, alocação e análise dos recursos empregados, o cronograma do projeto ainda não se apresenta na versão final, pois o impacto dos recursos na rede do cronograma ainda não foi

avaliado. Para esta análise, o nivelamento de recursos apresenta-se como uma técnica de análise de rede aplicada ao cronograma já analisado pelo método do caminho crítico.

O nivelamento de recursos é usado para abordar as atividades do cronograma que precisam ser realizadas para atender às datas de entrega especificadas, e para situações em que recursos necessários críticos ou compartilhados estão disponíveis somente em determinados períodos ou em quantidades limitadas, ou ainda, para manter a utilização de recursos selecionados em um nível constante durante períodos de tempo específicos do trabalho do projeto, como na Figura 2.29, seguinte. Essa abordagem de nivelamento da utilização de recursos pode fazer com que o caminho crítico original mude.

O cálculo do método do caminho crítico produz um cronograma preliminar, de início mais cedo, e um cronograma preliminar, de início mais tarde, que possam exigir mais recursos durante determinados períodos de tempo do que os disponíveis, ou que possam exigir mudanças nos níveis de recursos que não sejam gerenciáveis. É possível alocar os recursos escassos primeiro às atividades de caminho crítico, para desenvolver um cronograma do projeto que reflita essas restrições. O nivelamento de recursos freqüentemente resulta em uma duração projetada do projeto que é mais longa do que o cronograma preliminar. Esta técnica é algumas vezes chamada de método baseado em recursos, especialmente quando é implementada usando-se *software* de gerenciamento de projetos.

A realocação de recursos das atividades não-críticas para as críticas é uma forma freqüentemente utilizada para fazer com que o projeto volte a ter a duração total originalmente pretendida, ou o mais próximo possível dela. Também é possível considerar a utilização de horas extras, fins de semana ou de vários turnos para os recursos selecionados, usando calendários diferentes para se reduzir as durações das atividades críticas.

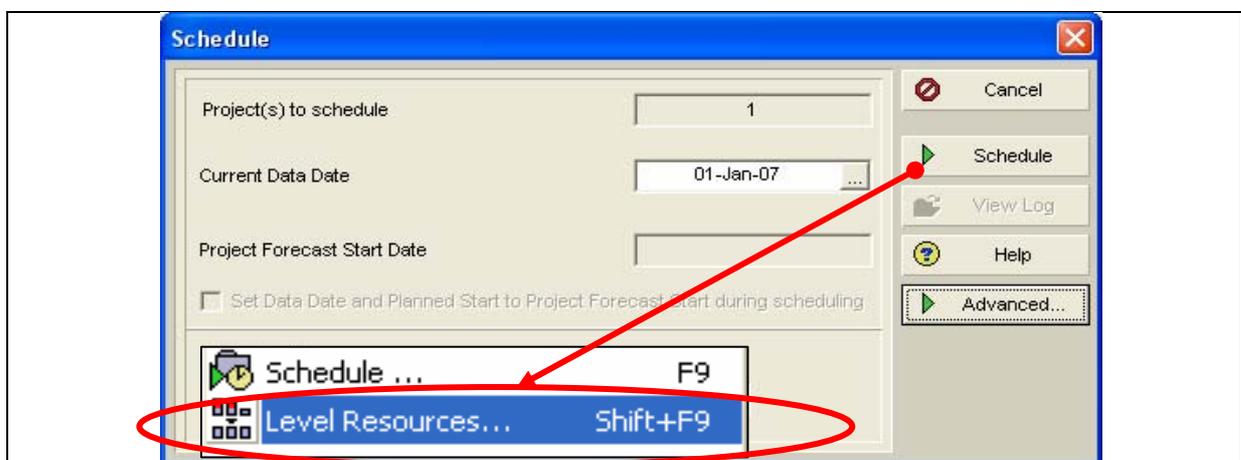


Figura 2.29 - Cálculo de programação por nivelamento de recursos no *Primavera P3e*.

O nivelamento de recursos pode ter um efeito significativo nas estimativas preliminares dos tipos e quantidades de recursos necessários. Se a análise de nivelamento mudar os recursos necessários do projeto, então eles serão atualizados.

Outros pontos importantes que podem ter um grande impacto no cronograma do projeto são os calendários, divididos em dois: o de projeto e o de recursos, que identificam os períodos em que o trabalho é permitido. Os calendários de projeto afetam todas as atividades. Por exemplo, pode não ser possível trabalhar na obra em certos períodos do ano por causa de algum período de chuvas. Os calendários afetam um recurso específico ou uma categoria de recursos específica e refletem como alguns recursos trabalham somente durante o horário comercial normal, enquanto outros trabalham três turnos completos, como é o caso dos equipamentos tipo grua, betoneira etc., conforme apresentado na Figura 2.26.

2.2.4. Gerenciamento de aquisições do projeto

A equipe de gerenciamento de projetos pode buscar, desde o início, o suporte de especialistas nas áreas de contratação, compras e legislação. De uma forma geral, o gerenciamento de aquisições do projeto define:

- Os processos para comprar ou adquirir os produtos necessários de fora da equipe do projeto;
- Os processos de gerenciamento de contratos e de controle de mudanças necessários para administrá-los ou aos pedidos de compra;
- A administração de qualquer contrato emitido com a administração de obrigações contratuais estabelecidas para a equipe do projeto.

Para o PMBOK (PMI, 2004), os processos de gerenciamento de aquisições do projeto incluem:

1. Planejar compras e aquisições - determinação do que comprar ou adquirir e de quando e como fazer isso;
2. Planejar contratações - documentação dos requisitos de produtos, serviços e resultados e identificação de possíveis fornecedores;
3. Solicitar respostas de fornecedores - obtenção de informações, cotações, preços, ofertas ou propostas, conforme adequado;
4. Selecionar fornecedores - análise de ofertas, escolha entre possíveis fornecedores e negociação de um contrato por escrito com cada fornecedor;
5. Administração de contrato - gerenciamento do contrato e da relação entre o comprador e o fornecedor,

6. Encerramento do contrato - terminar e liquidar cada contrato, inclusive com a resolução de quaisquer itens em aberto.

Os processos de gerenciamento de aquisições do projeto envolvem contratos que são documentos legais entre um comprador e um fornecedor. Um contrato é um acordo que gera obrigações para as partes, que obriga o fornecedor a fornecer os produtos, serviços ou resultados especificados e que obriga o comprador a fornecer compensação monetária ou outra compensação de valor. O acordo pode ser simples ou complexo e pode refletir a simplicidade ou a complexidade das entregas.

Um contrato inclui termos e condições e pode incluir outros itens, como a proposta ou qualquer outra documentação em que o comprador esteja se baseando para estabelecer o que o fornecedor deve realizar ou fornecer. É responsabilidade da equipe de gerenciamento de projetos ajudar a adaptar o contrato às necessidades específicas. Dependendo da área de aplicação, os contratos também podem ser chamados de acordo, subcontrato ou pedido de compra. A maior parte das organizações possui políticas e procedimentos documentados que definem especificamente quem pode assinar e administrar esses acordos (PMI, 2004).

Embora a administração dos contratos seja vital para a maioria dos empreendimentos, principalmente os de construções, aqui neste trabalho não será tratada a parte burocrática dos pedidos de compra, mas será dada a devida atenção aos ciclos físicos de entregas de materiais e ao fluxo de informações dos ciclos de produção do projeto.

Um projeto complexo pode envolver o gerenciamento de vários contratos ou subcontratos, simultaneamente ou em seqüência. Nesses casos, o ciclo de vida de cada contrato pode terminar durante qualquer fase do projeto. O gerenciamento de aquisições do projeto é discutido dentro da perspectiva da relação comprador-fornecedor. A relação comprador-fornecedor pode existir, em muitos níveis, em qualquer projeto e entre organizações internas e externas à organização contratante. Dependendo da área de aplicação, o fornecedor pode ser chamado de contratado, subcontratado, vendedor, prestador de serviços ou distribuidor. Dependendo da posição do comprador no ciclo de aquisição do projeto, ele pode ser chamado de cliente, usuário, contratado principal, contratado, organização contratante, agência governamental, solicitador de serviços ou adquirente. Durante o ciclo de vida do contrato, o fornecedor pode ser considerado primeiramente um licitante, depois uma fonte selecionada e, em seguida, o fornecedor ou vendedor contratado (PMI, 2004).

Os termos e condições do contrato tornam-se entradas importantes para muitos processos de gerenciamento do fornecedor. O contrato pode realmente conter as entradas e limitar as opções da equipe do projeto. Considera-se que o comprador de itens para o

projeto pertence à equipe e que o fornecedor é externo a ela. Essa relação também será verdadeira se a empresa executora (construtora, no caso) for o comprador de outros vendedores ou fornecedores de produtos, ou componentes de subprojetos usados em um projeto.

Após toda a definição das relações entre comprador e fornecedor faz-se necessário o conhecimento da "Gestão da Cadeia de Suprimentos" (GCS) ou *Supply Chain Management* (SCM), propondo um gerenciamento eficaz e permitindo que atividades, processos, fluxos de materiais e informações estejam alinhados e integrados de modo a atender às necessidades, conjugando os processos do negócio, desde a obra até os fornecedores originais, que proporcionam produtos, serviços e informações que agregam valor para o produto – o edifício. Desse modo, admite-se que as características das cadeias podem ser transformadas pela prática da GCS, com benefícios para as empresas que compõem a cadeia de suprimentos (ALCANTARA, 1997).

Para o GCS fluir de forma coerente com o ritmo da obra, os conceitos de Logística, em conjunto com os sistemas de controle de materiais (MRP), são de grande importância para o desmembramento do Gerenciamento dos Recursos do projeto. Toda esta integração e organização são coordenadas pelo Sistema de Informações do projeto, isto é, são dependentes do Gerenciamento das comunicações do empreendimento.

2.2.5. Gerenciamento das comunicações do projeto

O gerenciamento das comunicações do projeto é a área de conhecimento que emprega os processos necessários para garantir a geração, coleta, distribuição, armazenamento, recuperação e destinação final das informações sobre o projeto de forma oportuna e adequada. Fornece as ligações críticas entre pessoas e informações necessárias às comunicações bem-sucedidas. Este é o processo necessário para determinar as necessidades de informação e de comunicação das partes interessadas no projeto (PMI, 2004). Os processos de gerenciamento das comunicações do projeto incluem:

1. Planejamento das comunicações - determinação das necessidades de informações e comunicações das partes interessadas;
2. Distribuição das informações - colocação das informações necessárias à disposição das partes interessadas, no momento adequado;
3. Relatório de desempenho - coleta e distribuição das informações sobre o desempenho. Isso inclui o relatório de andamento, medição do progresso e previsão;

4. Gerenciamento das partes interessadas - gerenciamento das comunicações para satisfazer os requisitos das partes interessadas, resolvendo problemas com elas.

Esses processos interagem entre si e também com processos de outras áreas de conhecimento. Cada processo pode envolver o esforço de uma ou mais pessoas, ou grupos de pessoas, com base nas necessidades do projeto. Embora os processos estejam apresentados aqui como elementos distintos com interfaces bem definidas, na prática eles podem se sobrepor e interagir de várias maneiras.

Bernardes (2002) comprova a existência de fluxo de informações verbais entre os responsáveis pelo planejamento tático e pelo planejamento operacional em obras. Este autor detecta que a falta de tempo e o desconhecimento a respeito dos processos por parte do responsável pelo planejamento tático são as causas da inexistência de planos formais e conclui pela necessidade de conscientização (mudança de cultura) junto a esses profissionais.

Segundo Silva (2004), para um adequado gerenciamento das informações, é importante dar ênfase às seguintes categorias:

- Modelagem da informação;
- Planejamento;
- Troca de informações;
- Tomada colaborativa de decisões.

A partir destas categorias, deve haver as seguintes condições:

1. Com a *modelagem da informação*, capturar e representar diferentes formas de informação (geometria, processos, custos, etc.); definir diferentes representações de projeto, ou seja, a mesma informação deve ser apresentada de modos diferentes, conforme a cultura do grupo que recebe a informação; navegar por meio de diferentes representações e visões; armazenar informações de projeto, mantendo uma memória para uso futuro; e modelar o produto de uma maneira integrada;
2. Com o *planejamento*, identificar e distribuir atividades independentes do projeto; identificar e explorar a informação existente (história do projeto); monitorar o processo de desenvolvimento do produto, planejar as ações apropriadas, definir os responsáveis por essas ações e os recursos envolvidos em sua execução;
3. Com a *troca de informação*, trocar dados entre as equipes de profissionais envolvidas e entre *softwares* utilizados por diferentes equipes;

4. Com a *tomada colaborativa de decisões*, testar a responsabilidade relativa a eventos diferentes, ou seja, o impacto das mudanças, como elas se propagam e a quem elas afetam, além de verificar estratégias (otimizações, interferências, encadeamento de atividade).

Em suma, a transparência do processo de planejamento das comunicações determina as necessidades de informações e comunicações das partes interessadas; isto é, quem precisa de qual informação, quando, como ela será fornecida e por quem.

O gerenciamento das partes interessadas ocasiona maior probabilidade de o projeto não se desviar do curso por causa de problemas não resolvidos das partes interessadas, melhorando a capacidade das pessoas operarem em sinergia e limitando as interrupções. Em geral, o gerente de projetos e a equipe de planejamento e controle são os responsáveis pelo gerenciamento das partes interessadas (PMI, 2004).

2.2.6. Gerenciamento de projetos de construção de edificações

A edificação contempla um grande número de funções e operações, as quais requerem um arranjo mais refinado entre as empresas e seus respectivos colaboradores. O grau de especialização que se requer é bastante grande e as responsabilidades implícitas na tarefa de construção devem ser compartilhadas por profissionais de diversas formações, reunidos em caráter temporário. Estes tipos de construções necessitam de recursos significativos, em nível técnico e financeiro, sendo necessária a união de conhecimentos distintos, fornecidos por diferentes especialistas (BALDWIN, 2000).

A necessidade de comunicação e de soluções para o projeto não se restringem apenas ao grupo de projetistas. A influência que o projeto mantém sobre as atividades de execução demonstra que a participação da equipe de produção nas decisões é de grande importância (TOMMELEIN e BALLARD, 1997). A união de descrições parciais de projeto faz crescer, para as organizações do setor da construção, a importância da natureza gerencial do processo de projeto, a qual envolve interfaces entre o projeto do produto, o projeto do processo e as parcerias entre empresas colaboradoras.

Segundo Koskela e Ballard (1997), o gerenciamento de projetos é uma das áreas mais abandonadas na construção civil. Com base nos resultados de pesquisas realizadas pelos autores, o planejamento e o controle na construção são áreas onde imperam o caos e a improvisação. Essas pesquisas destacam as causas mais significativas para os problemas de gerenciamento, tais como: a pobreza nas especificações e na comunicação dos detalhes do projeto, conhecimento técnico insuficiente dos projetistas e falta de confiança em planejamento prévio para os trabalhos com projetos.

Ainda, segundo Koskela e Ballard (1997), os projetos de construção civil requerem vários planejamentos feitos por pessoas diferentes, em setores distintos da organização e em momentos também diferentes. A direção da organização enfoca os objetivos globais do projeto que norteiam os processos de planejamento dos demais níveis da empresa. Estes, por sua vez, procuram trabalhar no detalhamento dos meios para alcançar os objetivos estabelecidos. Objetivos estes que, neste trabalho, devem ser alcançados por um gerenciamento eficaz e por práticas advindas da Administração da Produção, em busca de qualidade e melhorias nos processos construtivos.

2.3. Ambiente de Projetos Versus Ambiente de Manufatura Industrial

A Figura 2.30, a seguir, ilustra o conjunto de atividades presentes na Administração de Operações e o relacionamento existente entre elas, de acordo com o modelo geral proposto por Slack, Chambers e Johnston (2002).

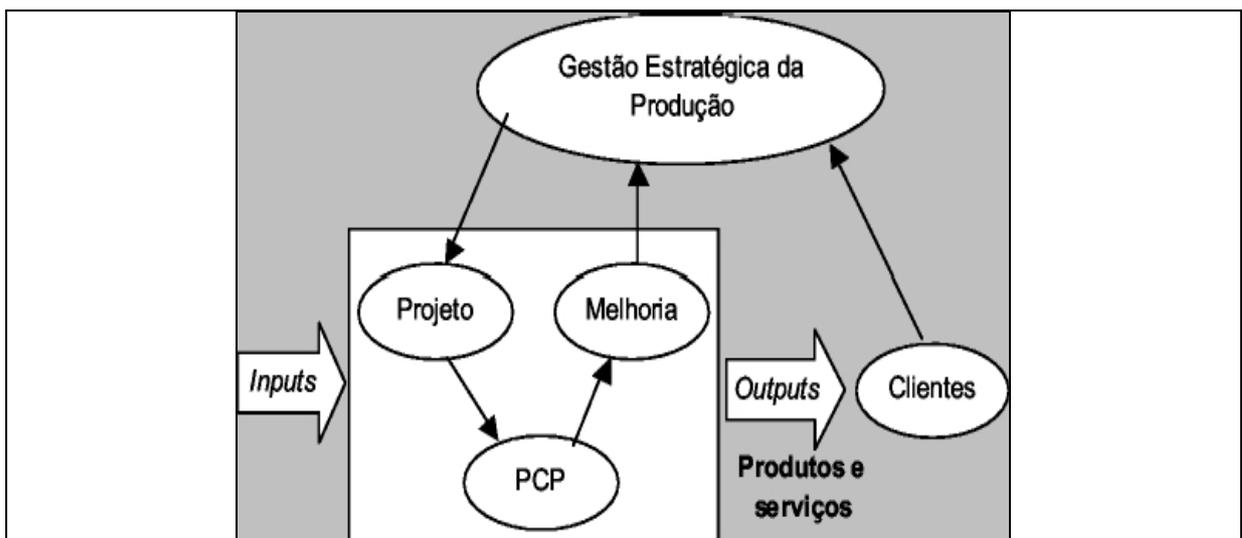


Figura 2.30 - O Modelo Geral de Administração da Produção.

Fonte: Slack, 2002.

Segundo o modelo apresentado por Slack de manufatura industrial, representado na Figura 2.30, acima, a atividade de produção inicia-se com a inserção estratégica da função Produção na organização. Esta inserção direciona estratégias de produção para o desenvolvimento de projetos, o Planejamento e Controle da Produção (PCP) e a melhoria contínua do sistema produtivo. Este último gera produtos que, ao chegarem aos clientes, passam por avaliações sobre suas percepções a respeito do que experimentaram. A análise das percepções dos clientes orienta a inserção estratégica da produção, os projetos, o PCP e a busca por melhoria, gerando um ciclo virtuoso para a indústria.

Dentro do sistema produtivo, observa-se uma relação íntima entre os projetos e o PCP (Planejamento e Controle da Produção). Segundo esta metodologia, estrutura-se o sistema de produção, detalhando especificações de produtos e processos produtivos na etapa de projeto. Em seguida, coloca-se o sistema produtivo em funcionamento por meio da atividade de Planejamento e Controle da Produção (PCP). À medida que o sistema vai funcionando, busca-se continuamente a melhoria do desempenho da produção, gerando outro ciclo virtuoso interno. Observa-se que, ao incluir-se a atividade de projeto no gerenciamento da produção, em especial, o projeto do processo produtivo, estabelece-se uma estreita relação entre ações gerenciais voltadas à preparação e ao planejamento do funcionamento do sistema produtivo. Esta relação possui um significado especial para a proposta desta dissertação, no sentido de levantar um conjunto das diversas ações a serem desempenhadas pelo planejador de produção, para cada processo produtivo ou pelos encarregados de cada área, com a finalidade de evitar a ocorrência de perdas.

Segundo o PMBOK, (PMI, 2004) os aspectos que caracterizam genericamente um sistema produtivo por projeto são os objetivos, a complexidade, a unicidade, a incerteza, a natureza temporária e ciclo de vida. Relata-se a seguir o que abrange esses aspectos:

- Objetivo: envolve um resultado final definido em termos de custo, qualidade e prazos dos resultados das atividades;
- Complexidade: muitas tarefas diferentes são necessárias para atingir os objetivos;
- Unicidade: um projeto é usualmente único, não um empreendimento repetitivo;
- Incerteza: como os projetos são únicos, nunca foram executados antes, carregam um elemento de risco;
- Natureza temporária e ciclo de vida: como os projetos possuem início e fim definidos, requerem um processo de mobilização temporária e desmobilização de recursos na medida em que avança sua evolução.

O ciclo de vida do Gerenciamento de Projetos é composto dos seguintes grupos de processos, como na Figura 2.31, abaixo.

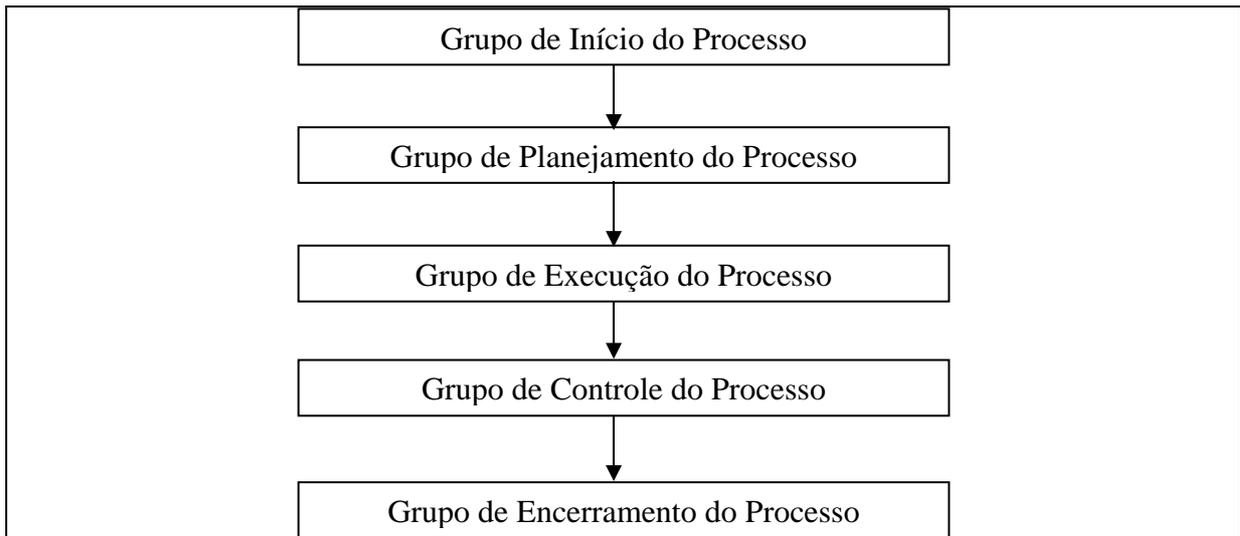


Figura 2.31 - Diagrama de Fluxo do Processo de Gerenciamento de Projetos.

Fonte: PMI (2004).

O foco deste trabalho dentro do Sistema de Planejamento e Controle da Produção está na interrupção do fluxo construtivo devido à falta de material no tempo e na quantidade adequados às necessidades das frentes de trabalho da obra, trabalhando sempre em sincronia com todo o Sistema de Gerenciamento do Projeto. Faz-se necessário que a produção do canteiro e o planejamento do projeto estejam em sintonia. Uma vez que a empresa possua um departamento responsável pela aquisição de materiais, a administração dos recebimentos de pedidos de materiais programados deve ser em função de uma estimativa de produção - cronograma do empreendimento - tendo como consequência o controle total destes tempos de giro de estoque.

Além de permitir o controle de toda a cadeia de suprimentos, a gestão dos estoques é um ponto crítico dentro deste cenário. Visando manter estoques cada vez mais reduzidos, a empresa poderá obter grande auxílio no gerenciamento de projetos junto a seus principais fornecedores, por meio de tecnologia avançada, como os *softwares* de gestão de manufatura e de gerenciamento de projetos.

Enfatiza-se nesta dissertação o uso do computador em toda a administração das operações, como será visto nos próximos itens deste capítulo, não só nos controles gerenciais como também na operação propriamente dita: como no CAM (*Computer Aided Manufacturing* - Sistema Auxiliar de Manufatura) e CIM (*Computer Integration Manufacturing* – Sistema de Manufatura Integrada por Computador).

No entanto, antes mesmo de se ter toda a administração das operações sendo gerenciada por *softwares*, é necessário um estudo para sua aplicabilidade e a adaptação das técnicas, no âmbito do gerenciamento de projetos, através da Administração da Produção em ambientes de Projetos de construção predial.

2.4. Administração da Produção

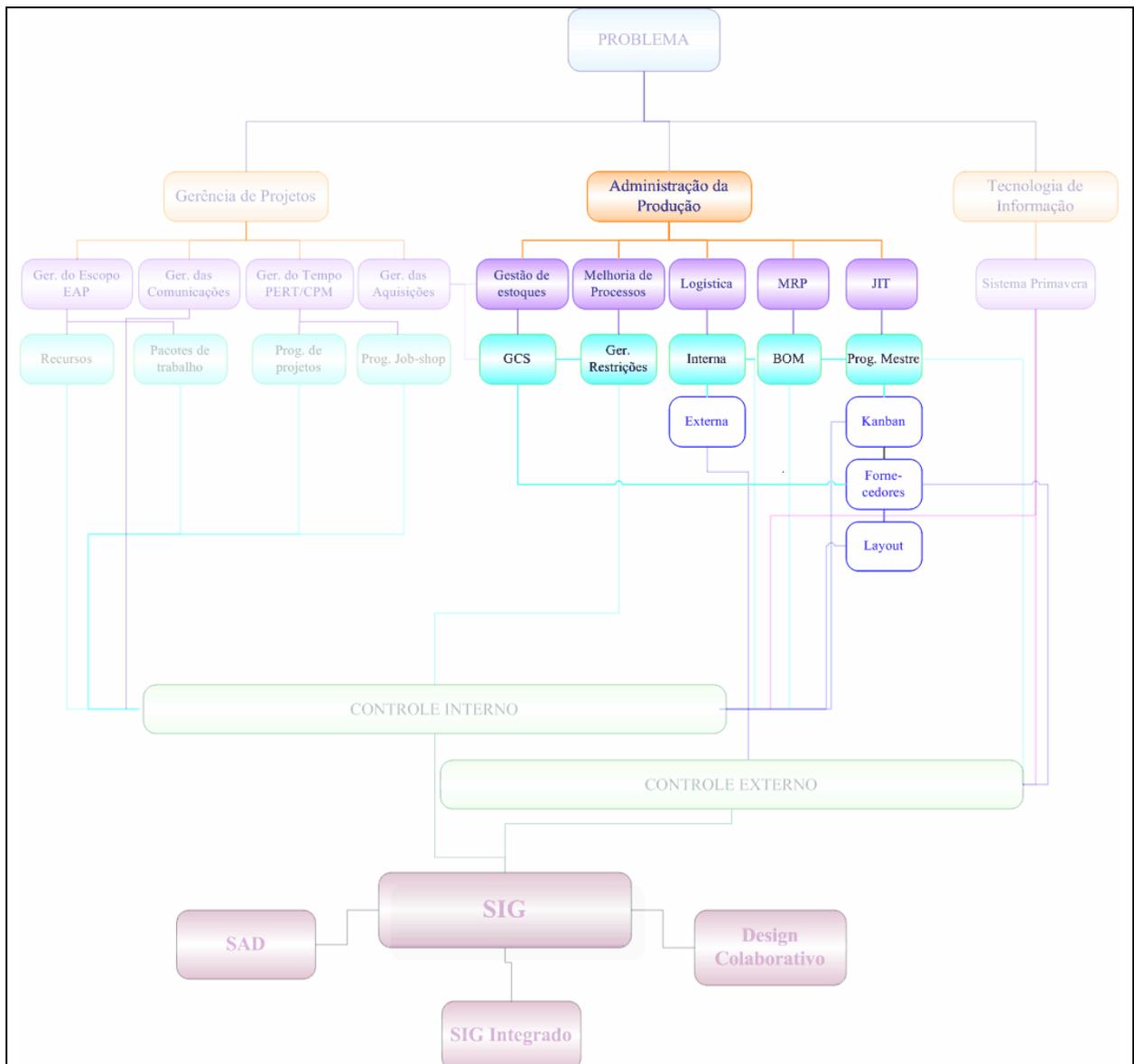


Figura 2.32 - Áreas estudadas da Administração da Produção.

2.4.1. Planejamento e Controle da Produção (PCP)

No ambiente de projetos do sistema produtivo observa-se um vínculo entre o projeto e o PCP. Segundo a metodologia de planejamento proposta (Figura 2.32, acima), estrutura-se o sistema de informações da produção detalhando-se as especificações de projeto pela EAP e os processos produtivos pelos fluxogramas. Posteriormente, desenvolvem-se os cronogramas pelas técnicas CPM / PERT. Logo, ao se incluir o planejamento do produto no gerenciamento da produção, em especial o projeto do processo produtivo, estabelece-se uma forte relação entre ações gerenciais e o planejamento do funcionamento do sistema produtivo. Esta relação é crucial para o desenvolvimento do Sistema de Informações

Gerencial (SIG) do projeto, com a finalidade de evitar a ocorrência de perdas em qualquer fase do processo construtivo.

Após a confecção do cronograma e da definição das atividades do projeto com o seu valor especificado, a cadeia de valor pode ser totalmente mapeada e as etapas que geram desperdício, eliminadas ou, pelo menos, reduzidas, fazendo com que as etapas restantes, que criam valor, fluam pelo processo, respeitando as restrições do projeto. Com esta atitude, podem-se realizar correções adequadas provocando a redução no número de paradas para a conclusão do produto (ALVES, 2000).

Segundo Neves (2000), o produto final da indústria da construção civil se define por ser fixo em determinado local, devendo ser nele planejado e montado. Desta forma, há necessidade de aquisição de materiais e subprodutos acabados (exemplo, pré-moldados e componentes metálicos), transporte, estocagem e outras tarefas que, ao serem otimizadas, podem gerar grandes ganhos ao processo final.

2.4.1.1. Gestão de estoques

O estoque de produtos em processo é formado por todos os materiais que usados no processo fabril. Eles são, em geral, produtos parcialmente acabados que estão em algum estágio intermediário da produção. É considerado produto em processo qualquer peça ou componente que já foi de alguma forma processado, mas que adquire outras características no fim do processo produtivo (SLACK, 1999). O nível de estoques de produtos em processos depende em grande parte da extensão e complexidade do processo produtivo. Quanto maior for o ciclo de produção, maior o nível esperado de produtos em processo (BROWN, 1982).

Deve-se ter especial atenção para o nível de produtos em processo, pois quanto maior ele for, maiores serão os custos. Uma gestão de estoques eficiente deverá reduzir o estoque dos produtos em processo, o que deve acelerar a rotatividade do estoque e diminuir a necessidade de caixa (CAMARGO, A.S.A.; AMARANTE, F.G., 1999).

Segue-se, assim, a filosofia *Just-In-Time*, que significa, “a tempo” ou “no momento exato”. Qualquer que seja a diferença entre os dois significados, a meta do Sistema Toyota de Produção é clara: efetuar as entregas no momento exato, com o propósito de eliminar o estoque. Esse objetivo é controlado em grande parte pela relação entre o prazo de entrega e o ciclo de produção. Sendo o prazo de entrega maior que o ciclo de produção, a produção iniciada após um pedido será recebida exatamente no prazo marcado, sem geração de estoque (CHOW, 1994).

Como o fluxo de construção da obra deve estar em sincronia com as entregas dos fornecedores, a gestão dos estoques dos fornecedores deve ser cuidadosa.

No caso dos fornecedores de materiais acabados, considera-se que as empresas estocam seus produtos e aprendem ao longo do tempo sobre as características da distribuição da demanda no *lead-time* de suprimento da obra. Segundo Silver (1981), as duas classes de proposições mais comuns nos modelos de estoque são:

- Assumir uma determinada forma da distribuição da demanda, do *lead-time* de suprimento ou da demanda no *lead-time* de suprimento (quase sempre a Distribuição Normal);
- Assumir que os parâmetros da distribuição são conhecidos, sobretudo sua média e desvio-padrão.

Com relação à primeira classe de premissas, já foi demonstrado que assumir a Distribuição Normal da demanda no *lead-time* de suprimento pode levar a significativas distorções na gestão de estoques. Mentzer e Krishnan (1988) investigaram o efeito da premissa da normalidade na determinação dos pontos de pedido para alcançar os níveis de serviço desejados. Os autores testaram duas diferentes distribuições para o *lead-time* de suprimento (Poisson e Geométrica), comparando-as com o caso da Distribuição Normal da demanda no *lead-time* de suprimento. Diferenças consideráveis foram relatadas com relação aos pontos de pedido e aos níveis de serviço alcançados por ciclo de giro de estoque, ilustrando os riscos associados a custos excessivos de manutenção de estoques (elevados pontos de pedido) e a custos excessivos da falta de estoques (baixos pontos de pedido).

Com relação à segunda classe de premissas, pode ser argumentado que a média e a variação da demanda no *lead-time* de suprimento podem ser facilmente calculadas a partir de dados históricos.

Após a análise da administração da demanda da obra por parte dos fornecedores, o inverso deverá ser feito por parte da obra, isto é, o controle dos ciclos de pedidos para o fornecimento dos materiais.

2.4.1.2. Mapeamento dos ciclos de pedidos entre a obra e os fornecedores

A estrutura de fornecimento de materiais segue os conceitos de demanda dependente e independente que estão relacionados à como a produção escolhe responder à demanda. Em condições de demanda dependente, uma operação somente vai começar o processo de produção de bens ou serviços quando for necessário. Cada pedido aciona as atividades de planejamento e controle para organizar sua produção, como na maioria dos casos da construção civil, como por exemplo, do fornecedor de esquadrias de alumínio. O planejamento e controle necessários para esse tipo de operação podem ser chamados de

planejamento e controle do tipo “obter recursos contra pedido” (*resource-to-order*) (SLACK, 1999).

Outras operações podem ser suficientemente confiantes na natureza da demanda, se não em seu volume e prazos, para manter "em estoque" a maior parte dos recursos requeridos para satisfazer os consumidores (Slack, 1999), como no caso das usinas de concreto cuja operação precisaria de um planejamento e controle do tipo “fazer contra pedido” (*make-to-order*).

Algumas operações produzem bens ou serviços para estoque com antecedência em relação a qualquer pedido firme. Ou porque é mais barato fazer assim, ou porque é difícil criar os bens ou serviços individualmente, ou ainda, devido às particularidades dos processos fabris de cada fornecedor (SLACK, 1999). As olarias funcionam 24 horas por dia, todos os dias, porque qualquer parada prejudicaria a qualidade dos blocos cerâmicos fabricados. Operações desse tipo requererão planejamento e controle do tipo “fazer para estoque”.

Para se definir melhor o mapeamento dos ciclos de pedidos entre a obra e os fornecedores, leva-se em conta a Razão P:D apresentada por Slack (1999).

Outra forma de caracterizar a escala gradual entre o planejamento e o controle do tipo obter “recursos-contra-pedido” e o planejamento e controle do tipo “fazer-para-estoque” é por meio da comparação do tempo total de espera da obra, desde o pedido até o recebimento do produto, ao tempo de demanda D e ao tempo total do processo P. O tempo total P é o tempo que a operação leva para obter os recursos, produzir e entregar o produto ou serviço.

É significativo quando D é menor do que P, porque indica a proporção das atividades da operação que são executadas, na expectativa de eventualmente se receber um pedido firme para o trabalho. Quanto maior for P comparado com D, maior é a proporção de atividades especulativas na operação e, portanto, maior o risco corrido. A redução da razão P: D torna-se, com efeito, uma forma de eliminar parte dos riscos do planejamento e controle da produção.

Segundo Cooper (1997), algumas características importantes definidas pelos planejadores de obras são:

- Disponibilidade do produto;
- Tempo do Ciclo do Pedido;
- Flexibilidade;
- Informação;
- Confiabilidade da entrega;
- Cooperação;

- Embalagem;
- Tempo de transporte;
- Perdas e Danos ao produto.

Ainda segundo Cooper (1997), as fases do Ciclo do Pedido podem ser resumidas pela seguinte seqüência:

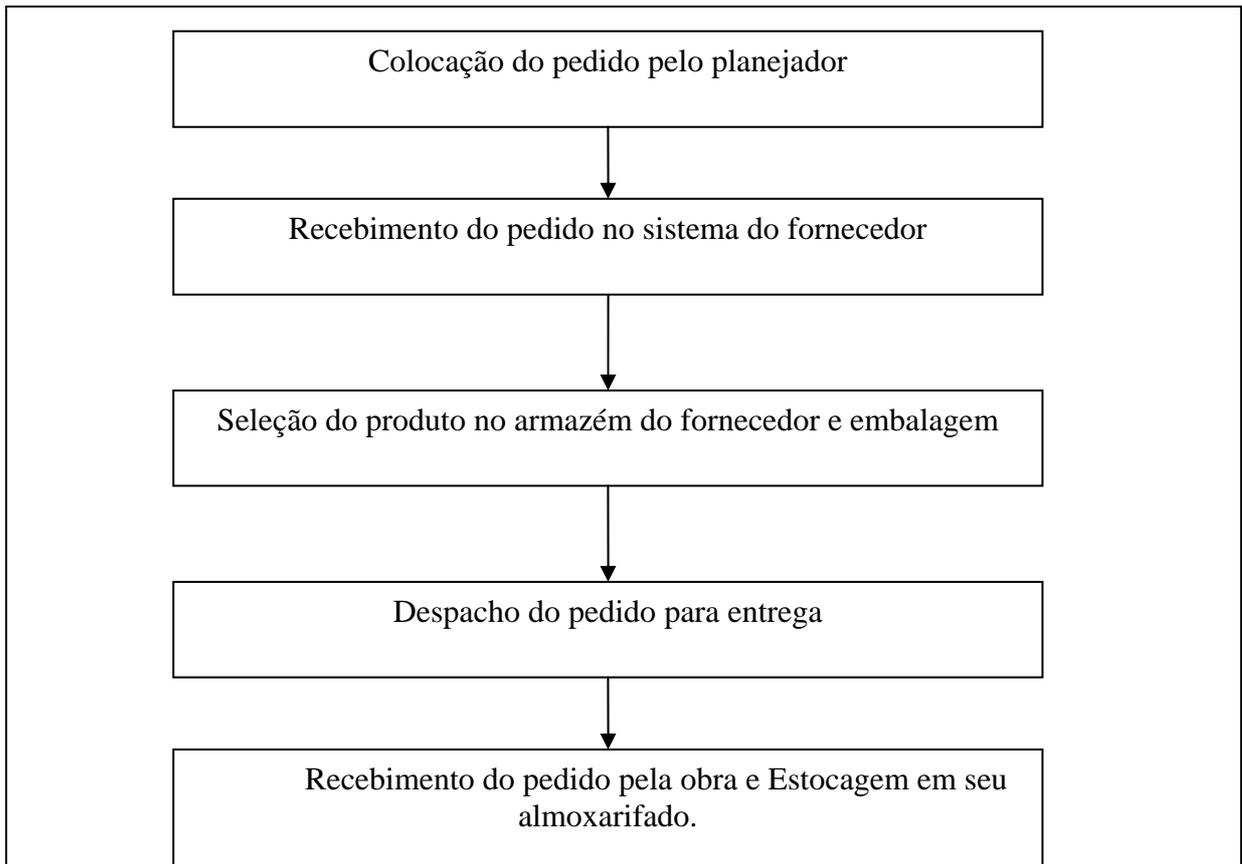


Figura 2.33 - Fluxograma resumido do Ciclo de Pedidos.

Fonte: Adaptado de Cooper (1997).

A indústria da construção civil, devido a suas peculiaridades, apresenta seu próprio fluxo produtivo, bastante diferente da manufatura tradicional. Na construção, tem-se um produto com imobilidade física e de grande valor agregado, onde algumas fases necessitam de maior tempo para execução. Essas características geram diferenças nos tempos do Ciclo do Pedido, conforme Figura 2.33, acima.

Esses fluxos, por outro lado, apresentam gargalos, processos ineficientes ou flutuações no fornecimento de insumos, podendo ocorrer variações nos prazos previstos para determinadas etapas, que criam transtornos no andamento normal do fluxo produtivo.

Essa variabilidade, quando somada às várias etapas executadas, pode resultar na redução da confiabilidade da entrega (KOSKELA, 1999).

No entanto, o desafio do planejador, por meio da análise estatística, é diminuir a variabilidade dos tempos das várias etapas do fluxo produtivo para cada insumo e promover processos mais consistentes e confiáveis, diminuindo o tempo total do Ciclo do Pedido. Tal diminuição poderá ser implantada por meio da melhoria dos sistemas logísticos e de informações, visando aumentar a confiabilidade da entrega à obra.

Para as correspondentes melhorias, algumas ferramentas gerenciais podem ser levadas em consideração, como é o caso da aplicação dos conceitos de Administração da Produção na indústria da construção civil, enfatizando-se a análise da gestão da cadeia de suprimento pelo *Just-In-Time* em conjunto com o MRP, a partir da sincronização do fluxo do processo construtivo de uma obra ao fluxo do processo de produção dos fornecedores.

2.4.1.3. Gestão da Cadeia de Suprimentos (GCS)

A necessidade de maior integração da cadeia de suprimentos está modificando a forma de se fazer negócio, estimulando os administradores a oferecerem seus produtos ou serviços aos seus clientes de maneira mais acelerada, mais barata e melhor que a da concorrência. Portanto, o ganho de competitividade não poderá ser conseguido isoladamente. Ao contrário, para serem bem sucedidos, os administradores precisam trabalhar de modo cooperativo com as melhores organizações de sua cadeia de suprimento e de forma a que os processos se tornem sincronizados (ZILBER e FISCHMANN, 1999).

A cooperação ocorre pela negociação entre empresas na busca do alinhamento dos objetivos do negócio, estabelecendo tendências e padrões ao longo do tempo, no lugar de soluções pontuais. Os parceiros podem negociar nível de serviço, *lead-time* de reposição, preços, contrato de suprimento, lotes mínimos, com quem e com que frequência compartilhar informações.

Segundo Pires (1998), essa nova abordagem (ou novo conjunto de práticas) tem trazido contribuições para empresas de diversos setores, sobretudo para a automobilística. A indústria automobilística tem servido como referência nas questões relacionadas à Administração da Produção e à Gestão da Cadeia de Suprimentos. Com a introdução do JIT (*Just-In-Time*) e o TQM (*Total Quality Management*) passou a ser fundamental o estabelecimento de relações mais estreitas com os fornecedores, para que os produtos pudessem ser entregues com qualidade assegurada e nas quantidades e prazos corretos.

De acordo com Figueiredo e Zambom (1998); Hutt e Speh (2001), uma cadeia de suprimento compreende um sistema constituído por agentes tomadores de decisão

envolvidos em um processo interdependente, que abrange todas as atividades associadas à movimentação de produtos e serviços, por meio de um fluxo em uma direção, envolvendo desde fornecedores de matéria-prima, produção propriamente dita e distribuição, até consumidores finais. Ainda segundo Figueiredo e Zambom (1998), todos os elementos ou os níveis de uma cadeia executam funções importantes, cujos respectivos desempenhos determinam, de forma interdependente, o desempenho do sistema como um todo.

A gestão deste conjunto de atividades é o que os autores Oliver e Webber (1992), designaram como *Supply Chain Management* (SCM), ou Gestão da Cadeia de Suprimentos (BATALHA e SILVA, 2001).

Christopher (2000) destaca que, todos os agentes ou intermediários se ocupam da condução do produto da indústria até o consumidor final, (em nosso caso, para o local da obra) da melhor forma possível. No entanto, o conceito de cadeia de suprimentos tem um foco mais amplo, que abrange todos os elos da cadeia, inclusive fornecedores da indústria, fornecedores de insumos e indústrias de apoio para a cadeia como um todo. Além disso, o conceito de cadeia de suprimento visa à eficiência de todos os elos da cadeia, por meio da sincronização de todas as atividades de produção, de forma a reduzir custos, minimizar ciclos e maximizar o valor percebido pelo cliente final. Mas esta sincronização entre fluxo físico de produtos e fluxo de informações sobre necessidades do mercado pode ser, talvez, o grande desafio dos planejadores.

Desta forma, alguns fatores, como o avanço da tecnologia da informação, a necessidade de se chegar ao consumidor final com um preço mais competitivo, bem como o surgimento de novas formas de relacionamento interorganizacionais, estão levando as empresas produtoras e os seus intermediários a repensar seu papel estratégico e sua atuação dentro da cadeia (Christopher, 2000).

Segundo Aravechia e Pires (2000), para que seja possível gerenciar as empresas sob essa nova perspectiva, têm surgido várias práticas e ferramentas que visam, sobretudo, à obtenção de uma maior sinergia na gestão da cadeia produtiva, proporcionando a obtenção de maiores vantagens competitivas aos seus participantes. Para tanto, é fundamental que as unidades de negócio participantes da cadeia apresentem um alinhamento das metas do negócio, de maneira consistente e integrada. Para King e Phumpiu (1996), a análise da competitividade da cadeia de valor é um conceito fundamental na iniciativa de implementar o GCS.

O desempenho de uma Cadeia de Suprimentos é grandemente influenciado pelas políticas de gestão. Quanto maior for a cooperação entre os parceiros, maiores vantagens resultarão para as empresas individuais e para a competitividade da cadeia. Nesse sentido, o compartilhamento da informação aumenta a visibilidade de todos os elementos sobre

comportamentos futuros e possibilita que cada empresa se prepare para atender possíveis variações no nível de pedidos.

A integração no contexto intra e interempresarial, na medida em que a GCS focaliza a maneira pela qual as empresas implementam os seus processos de fornecimento, a tecnologia e a coordenação das funções de produção, logística e materiais, tanto dentro de cada empresa como entre as empresas é um fator determinante na melhoria da operação logística da cadeia de suprimentos sendo, portanto, capaz de alavancar a competitividade da cadeia de suprimentos como um todo.

2.4.2. Logística de entrega interna e externa

No contexto de entregas, a logística externa se baseia na análise da Gestão da Cadeia de Suprimentos (GCS), pois deve verificar a estrutura de fornecimento de materiais de cada fornecedor envolvido no empreendimento devido à demanda da obra, levando em conta a Razão P:D, conforme visto no item 2.8.1.2.

Zilber e Fischmann (1999) também destacam a difícil questão da conciliação de interesses que, por vezes, são heterogêneos. O encadeamento de empresas envolve as atividades logísticas de entrega externas às empresas, desde os fornecedores e sub-fornecedores até o cliente final. Assim, as diferenças de estratégias e metas de cada uma devem ser consideradas, permanecendo, contudo, uma percepção crítica para o sucesso de ambas, que é a focalização no consumidor final.

Integrando soluções logísticas, o potencial de desenvolvimento de novos sistemas cresce significativamente, e neste contexto é que serão exploradas as chamadas soluções integradas, como: *Kanban* + MRP + JIT + Código de Barras + GCS, entre outras. A integração, além de possibilitar novos sistemas logísticos, quebra o paradigma de que soluções diferentes são concorrentes, e não complementares.

A logística externa compreende as entregas realizadas dentro do prazo pelo elo fornecedor, as entregas devolvidas, parciais ou integralmente, o recebimento de produto de acordo com as especificações de qualidade e validade, o atendimento do pedido e o tempo de entrega do fornecedor. O nível de serviço, prestado pelos fornecedores, pode ser medido por indicadores de desempenho, como a quantidade ou percentagem de entregas realizadas dentro do prazo, o tempo de entrega, o recebimento do pedido de acordo com as especificações, ou a percentagem de entregas devolvidas parcial ou integralmente.

O processo de planejamento do canteiro contém diversas condicionantes que vão, desde a melhor utilização do espaço físico disponível, de forma a possibilitar a eficiência da produção com a segurança necessária aos funcionários, até a minimização e facilitação da logística interna (materiais, produtos e mão-de-obra).

A logística interna, por outro lado, compreende os custos de pedido, custos de estoques e armazenagem, custo de transporte, giro de estoques, produtos perdidos (avaria ou data de validade vencida) e produtos faltantes. Logo, sua função tem como objetivo minimizar as distâncias entre os materiais, equipamentos e o local de utilização, ou seja, diminuir o fluxo de transporte no interior do canteiro de obras.

A partir daí, se avalia o desempenho logístico do empreendimento e de toda a cadeia, por meio de indicadores da logística interna e externa. No que se refere à logística interna, a entrega dos materiais pelo almoxarifado da obra para as frentes de trabalho é regida pelo sistema *JIT*. Além de eliminar desperdícios, o *JIT* procura utilizar a capacidade plena dos operários, pois a eles é delegada autoridade para produzir itens de qualidade para atender, em tempo, o próximo passo do processo produtivo. Em um sistema *JIT*, onde a qualidade é essencial, o trabalhador tem a autoridade de parar um processo produtivo, se identificar algo que não esteja dentro do previsto. Deverá, também, estar preparado para corrigir a falha. Essa atitude seria impensável nos sistemas tradicionais de produção em massa, onde a linha jamais poderia ser parada (MARTINS, 2000).

2.4.3. *JIT (Just-In-Time)* na Construção Civil

O conceito de *JIT* se expandiu pelo mundo, e hoje é mais uma filosofia gerencial, que procura não apenas eliminar os desperdícios, mas também colocar o componente certo, no lugar certo e na hora certa. As partes são produzidas em tempo (*Just-In-Time*) de atenderem às necessidades de produção. O *JIT* leva a estoques bem menores, custos mais baixos e melhor qualidade do que os sistemas convencionais.

A aplicação adequada do sistema *JIT* permite que a empresa obtenha maiores lucros e melhor retorno sobre o capital investido, decorrentes de redução de custos, redução de estoques e melhoria na qualidade.

Segundo Martins (2000), um sistema *JIT* deve apoiar-se em alguns elementos básicos, podendo-se destacar:

1. **Programa-Mestre (*Master Plan*)**. O programa mestre de produção é responsável por orientar, com um horizonte de 1 a 3 meses, os postos de trabalho, como também os fornecedores externos (neste trabalho utilizaremos o MRP);
2. **Fornecedores**. O relacionamento com os fornecedores é radicalmente modificado com o *JIT*. Aos fornecedores é solicitado que façam entregas freqüentes (até mesmo várias vezes por dia) diretamente à linha de produção. Mudanças nos procedimentos de entrega, como maior proximidade, são muitas vezes necessárias para que o fornecedor seja perfeitamente integrado ao sistema *JIT*. Dos fornecedores também

se requer que entreguem itens de qualidade perfeita, já que não sofrerão nenhum tipo de inspeção de recebimento - é o *free pass* - (neste trabalho utilizaremos os conceitos da GCS);

3. **Layout.** Com o sistema *JIT*, o *layout* do canteiro é muito diferente, já que é nele mantido entre as estações de trabalho, e não em almoxarifados. O recinto é aberto, de modo a facilitar seu uso nas estações seguintes, sendo normalmente baixo e suficiente apenas para manter o fluxo produtivo. Dentre os tipos principais de *Layout* sugeridos por Martins (2000), neste trabalho utilizaremos o *Layout* por Processo ou Funcional e o *Layout* por Posição Fixa, conforme será visto no item 2.8.8.
4. **KANBAN.** O *JIT* usa um sistema simples (chamado *Kanban*) para retirar as partes em processamento de uma estação de trabalho e puxá-las para a próxima estação de processo produtivo. Este controle interno é feito entre o almoxarifado e as frentes de trabalhos, seja por cartões presos aos carrinhos de transporte de materiais, seja por outros dispositivos desenvolvidos para a obra, visando à melhor adaptação da técnica às peculiaridades de cada canteiro (HEINECK, 2002).

Para Slack (1999), o *JIT* não se apresenta muito eficaz para ambientes com alta complexidade, tornando-o menos capaz de reagir de forma flexível às mudanças, especialmente nos casos em que a complexidade da sua Estrutura Analítica de Projetos (EAP) é muito grande. Assim, o *JIT* tem melhor desempenho nos casos em que a EAP é relativamente simples, a demanda é relativamente previsível (preferencialmente nivelada) e os fluxos de materiais são claramente definidos. Entretanto, os ideais do *JIT* são interessantes para grande variedade de sistemas produtivos, não somente para aqueles com produção estável e de alto volume, ou seja, também se pode usar a programação puxada do *kanban* para itens de alto fluxo e repetitivos, o que dificilmente ocorre em empreendimentos de construção, pois estes representam um ambiente de projeto, conforme definição do PMBOK 2004: "um projeto é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo".

Portanto, o *MRP* pode também lidar com ambientes complexos, com necessidades detalhadas de componentes, tanto para produtos produzidos esporadicamente, como para aqueles produzidos em grandes volumes (SLACK, 1999). Torna-se, assim, uma ferramenta de grande utilidade, pois a área da Construção civil apresenta vasta diversidade de materiais acabados e semi-acabados a serem empregados, o que desenvolve um ambiente produtivo de grande complexidade.

2.4.4. *Material Requirements Planning (MRP I)*

O MRP (*Material Requeriments Planning*) - Planejamento das Necessidades de Materiais é um sistema que ajuda as empresas a fazerem cálculos de volume e tempo em escala e grau de complexidade muito grandes. São sistemas de demandas dependentes que calculam necessidades de materiais e planos de produção, de modo que atendam a pedidos previstos ou conhecidos (MARTINS, 2000).

Dado um produto, ele é decomposto em todos os componentes até o último nível de detalhe, definindo-se sua lista de material, definida como BOM (*Bill Of Material*). O BOM constitui a espinha dorsal do MRP.

Ainda segundo Martins (2000), o funcionamento de um sistema MRP a partir do plano mestre, dos estoques de materiais, do BOM, das restrições de mão-de-obra, de equipamentos e dos lead times, gera as necessidades de compras ou ordens de compras, para os itens fornecidos por terceiros e de fabricação, ou ordens de produção. Para a definição e posterior implantação de um sistema MRP, alguns aspectos devem ser considerados, tais como:

- *Controle de estoques* - essencial para a operação de um MRP. Os sistemas computacionais mantêm um controle de estoques maior, pois os *softwares* tratam as coisas como módulos do sistema, integrando o de estoques a outro de MRP;
- *Plano mestre* - O plano mestre retrata a demanda a ser atendida, tendo o sistema MRP de contemplar as possibilidades de alteração nas demandas por modificação de projeto. Aliás, existem sistemas que trabalham em tempo real, ou seja, em qualquer alteração, seja na demanda, seja no nível de estoques, por exemplo, de um recebimento, o sistema atualiza imediatamente todos os dados.
- *Compras* - Um dos produtos do MRP é a relação dos itens que devem ser comprados. A partir dessa listagem, o departamento de compras pode atuar. Com o advento das parcerias, é grande o número de empresas que têm seus sistemas interligados, e os pedidos de reabastecimento são feitos diretamente pelo computador. Trata-se do EDI (*Electronic Data Interchange*), conforme será visto com mais detalhes no item 4.5.1 (DAUGHERTY , 1996).

O MRP utiliza ordens de produção derivadas do programa-mestre como unidade de controle. Conseqüentemente, o alcance do programa é um aspecto-chave do monitoramento e do controle. Normalmente requerem uma organização complexa, centralizada e computadorizada, para suportar os sistemas *hardware* e *software* necessários.

De uma forma sumarizada, listam-se os benefícios do sistema MRP dentro do contexto dessa dissertação:

- Permite integração dos dados das áreas de materiais, engenharia, vendas, produção, compras e custos necessários ao PCP.
- Aumenta a produtividade na elaboração dos planos, permitindo ensaios e simulações.
- Reduz níveis de estoque, garante o cumprimento dos prazos de entrega e aumenta a produtividade de mão-de-obra pela disponibilidade do material no momento de iniciar a produção.
- Permite antecipação de planos de ação para obtenção de materiais críticos, materiais estes que se apresentam no caminho crítico do projeto, cuja disponibilidade presente ou futura está comprometida.
- Reduz os custos de compras pela negociação de lotes maiores e/ou entregas parceladas dos materiais planejados.
- Suporta a gerência de materiais, fornecendo a posição do estoque em tempo real, o histórico das suas movimentações, a situação dos materiais no processo de compras e de produção.
- Organiza a seqüência de produção de cada posto de trabalho, conforme prioridades estabelecidas.
- Automatiza o processo de requisição e cotação de matérias-primas, colocação e controle de Ordens de Produção.
- Melhora a análise de valor de materiais fabricados, permitindo a rápida obtenção de seu custo projetado, considerando custos de matéria-prima e processo.

Para Slack (1999), o principal objetivo do MRP é realmente fornecer produtos *Just-In-Time*, quando necessário. Seus objetivos para uma fábrica são os de garantir que se produzam os bens no momento em que são necessários para o mercado. No caso da construção, o objetivo é garantir que se produzam os bens (por parte dos fornecedores de materiais) no momento em que são requisitados pela obra, a partir da integração dos Sistemas de Informações Gerenciais entre as empresas envolvidas no empreendimento. Assim, segundo Slack (1999), o MRP começa olhando à frente e identificando quais produtos devem ser entregues em que momento no futuro. Este é um ponto importante: o MRP pode planejar a produção quando queremos antecipar as necessidades futuras de produtos. Ele utiliza a lista de materiais (BOM) para calcular a quantidade daqueles itens que precisam ser solicitados dos setores anteriores no fluxo de produção e, para estes, quantos itens e materiais devem ser solicitados dos fornecedores. Com esta Metodologia, o MRP torna capaz a integração da demanda da obra à rede de suprimentos.

Ainda segundo Slack (1999), o planejamento MRP de materiais comprados visa garantir que as quantidades suficientes de itens estarão disponíveis no sistema, isto é, no caso da construção predial, que o material esteja dentro do almoxarifado da obra, para que possa ser puxado pelo sistema *Just-in-Time*. Pelo uso da programação puxada em empresas que utilizam o sistema MRP para compra de materiais, o programa-mestre de produção é desmembrado para gerar a programação de entrega de fornecedores. Na obra, a movimentação de materiais é governada pelos ciclos *Kanban* entre as diversas operações. O ritmo da obra é determinado pela programação de entrega da obra acabada, seguindo o cronograma do empreendimento desenvolvido por um gerenciador de projetos.

2.4.5. Estrutura Híbrida: MRP + JIT

Martins (2000) e Slack (1999), afirmam que as ferramentas JIT e MRP podem coexistir pacificamente, mesmo existindo grandes diferenças entre ambos, ou como afirma Slack (1999), as ferramentas do MRP e do JIT parecem ser opostas. Enquanto o JIT incentiva um sistema de planejamento e controle "puxado", o MRP é um sistema "empurrado". O JIT tem objetivos que vão além da atividade de planejamento e controle da produção, enquanto o MRP é essencialmente um "mecanismo de cálculo" para o planejamento e controle. Contudo, as duas abordagens podem coexistir no mesmo sistema produtivo, desde que suas respectivas vantagens sejam preservadas.

O MRP é um instrumento de planejamento. A ênfase está na elaboração de um plano de suprimentos de materiais. Por outro lado, o sistema JIT dá ênfase à eliminação dos desperdícios. O MRP utiliza *softwares* cada vez mais sofisticados, enquanto o JIT utiliza sistemas visuais de controle, basicamente cartões coloridos, eliminando praticamente a necessidade de computadores, o que torna mais prático o andamento do fluxo de trabalho no canteiro, principalmente devido ao baixo grau de escolaridade da maioria dos trabalhadores nesta área.

O JIT necessita de um programa mestre estabilizado em base de demanda diária. O MRP permite um plano mestre de demanda variável. Evidentemente, é possível ter os dois sistemas operando simultaneamente na mesma empresa, para produtos diferentes, um de demanda estável e outro de demanda variável.

Tanto o MRP quanto o JIT têm suas particularidades e apresentam vantagens e desvantagens. Na produção repetitiva, o JIT fornece os melhores resultados. O sistema MRP produz melhores resultados para ambientes de fabricação sob encomenda ou em pequenos lotes, onde a produção não é repetitiva. Pode-se citar uma série de vantagens da combinação dos dois sistemas, em vez de utilizar simplesmente o MRP convencional (SLACK, 1999):

- Não há necessidade de se gerar ordens de trabalho entre frentes de trabalhos “encadeadas”;
- A lista de materiais tem menos níveis do que num sistema MRP convencional;
- As informações necessárias referentes a roteiros e processos são mais simplificadas;
- O planejamento e controle dos centros de trabalho são simplificados;
- *Lead time* e estoque em processo são reduzidos.

Assim, analisando conjuntamente as vantagens e desvantagens do JIT e do MRP pode-se definir o uso de uma ou outra ferramenta, ou a combinação entre elas, favorecendo o desenvolvimento de um sistema híbrido eficaz na gestão da cadeia de suprimentos da obra. Mas, para as correspondentes melhorias dentro do contexto de planejamento, o uso da tecnologia computacional torna-se chave para a implementação e funcionamento destes conceitos. Outros aspectos podem ser considerados, como o uso algumas técnicas e ferramentas de otimização de processos para o PCP da obra.

2.4.6. Aplicação das ferramentas de Administração da Produção na construção de edificações

Apresenta-se neste item um conjunto de ações necessárias que podem ser consideradas ferramentas de administração da produção essenciais na construção civil. Segundo Bernardes (2000) destacam-se na concepção do modelo de planejamento para empresas e construção de edifícios:

- Melhoria da organização do tempo de trabalho;
- Estabelecimento de padrões de segmentação da obra que auxiliem na coerência entre níveis de planejamento;
- Implementação de um plano de médio prazo, bem como de uma técnica de preparação do plano de curto prazo;
- Verificação da disponibilidade financeira antes da preparação dos planos;
- Consideração das reais necessidades do sistema produtivo;

Existe uma série de diretrizes sobre o processo de implementação do modelo proposto em empresas de construção, conforme Figura 2.34, na página seguinte (BERNARDES, 2003).

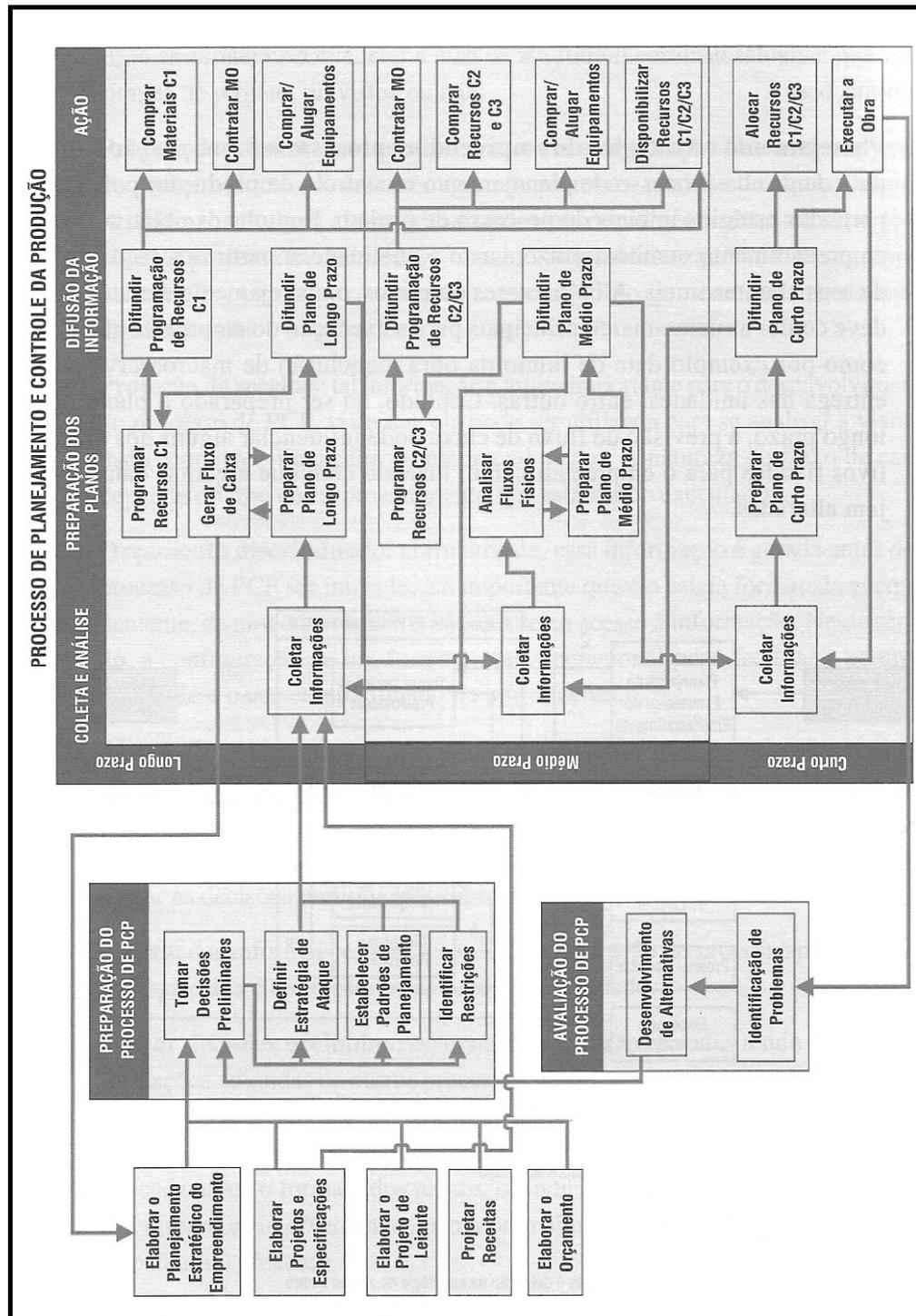


Figura 2.34 - Modelo de Planejamento e Controle da Produção.

Fonte: BERNARDES (2003).

Ainda segundo Bernardes (2003), tais diretrizes são:

- Estabelecer uma equipe de desenvolvimento e implementação que viabilize o desenvolvimento e a implementação do sistema de PCP (Planejamento de Controle da Produção);

- Estabelecer um programa de treinamento que deverá ser direcionado para os funcionários que irão utilizar o sistema, cujo conteúdo deve expressar o significado dos elementos do modelo e seu vínculo junto aos princípios da Construção Enxuta;
- Estabelecer alternativas de participação e de envolvimento, que diz respeito à delegação de tarefas a futuros usuários do sistema;
- Estabelecer tecnologia da informação para minimizar o tempo de preparação dos planos, o que deverá aumentar a eficiência dos funcionários envolvidos com o trabalho;
- Utilizar o sistema de indicadores do PCP para avaliação do processo;
- Considerar os problemas externos na proteção da produção, como chuva, interferência por parte do cliente e outros.

Sendo assim, o sistema de planejamento e controle da produção deverá ser ajustado às particularidades de cada empresa, tendo sempre como forma de organização de suas atividades a programação detalhada da produção, definida logo após a tomada de decisão quanto à capacidade, nível de estoques e pedidos a atender, dentro de uma escala de tempo. Para Martins (2000), a programação detalhada da produção depende do tipo de operação, e são utilizados métodos e técnicas distintos em cada tipo de situação, tais como:

- Programação de Processos Contínuos: A programação da produção deve assegurar uma alta taxa de utilização das instalações, e a seqüência da programação dos produtos deve minimizar os tempos de *setup*.
- Programação *Job-Shop*: Tem por objetivo programar trabalhos ou ordens de produção intermitentes e diversificados em um conjunto de máquinas. Nesse caso, deve-se verificar a questão dos estoques em processo e deve-se estabelecer uma seqüência de trabalhos detalhada em cada uma das máquinas ou processos de fabricação.
- Programação de Projetos: Caracteriza-se como um projeto para a fabricação de um produto, geralmente único e não repetitivo. Nesse caso, é utilizada uma metodologia baseada em redes que tem sido denominada de método PERT-CPM.
- Linhas de Montagem: As linhas de montagem têm uma metodologia de programação própria. Fundamentalmente, deve-se dimensionar o número de estações de trabalho necessárias para produzir a quantidade determinada e balancear o trabalho entre os operadores.

Para esse trabalho, dentre os tipos de programação detalhada da produção, explicitados acima, apenas as Programações de Projeto e *Job-Shop* serão necessárias. A Programação *Job-Shop*, por ser um processo caracterizado por uma série de trabalhos

executados em diferentes equipamentos com seqüências alternativas (podendo ser regida pelo algoritmo de Johnson), sem comprometer o tempo do processo ou a qualidade do produto, torna-se de fácil aplicação nos postos de trabalho (tais como: carpintaria, usina de concreto), para a sub-montagem dos componentes demandados pela construção do prédio, sendo este último ordenado pela Programação de Projetos.

A partir da definição da programação detalhada da produção, diferentes alternativas de *layout* do canteiro devem ser propostas e avaliadas, até que se tenha uma decisão quanto à alternativa definitiva a ser adotada. As alternativas devem ser claramente visualizadas, seja por meio de desenhos computadorizados, gabaritos, modelos em cartolina, madeira, plástico ou, ainda, maquetes. A representação física (em escala) do fluxo de materiais colocada no *layout* proposto permite uma visualização clara do tráfego que o *layout* apresentará. Favorecendo melhorias significantes no PCP da obra, provoca um impacto imediato nos índices de produtividade e qualidade do empreendimento. O NORIE-RS (Núcleo Orientado para Inovação da Edificação), entidade de pós-graduação em engenharia civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, apresenta uma série de melhorias agrupadas por categorias. Citamos as mais importantes para este trabalho na Quadro 2.5 - Oportunidades de Melhoria Organização do Canteiro e da Produção:

Quadro 2.5 - Oportunidades de Melhorias.	
GERENCIAMENTO DO MATERIAL	
	- Critérios para especificação de materiais
	- Qualificação e desenvolvimento de fornecedores e produtos
	- Planejamento e controle dos suprimentos
	- Controle de recebimentos de materiais no canteiro de obra
	- Arranjo físico dos materiais
	- Controle dos estoques de materiais
	- Condições de armazenagem
	- Movimentação de materiais
	- Dimensionamento de estoques
	- Instruções de armazenamento de materiais expostos em canteiro
CONTROLE DE QUALIDADE E PRODUTIVIDADE NO CANTEIRO	
	- Controle de qualidade de materiais
	- Aplicação de técnicas de medição de produtividade
	- Procedimento de controle da geometria da estrutura
	- Execução de ensaios para controle da execução dos serviços
ORGANIZAÇÃO DO CANTEIRO	
	- Melhorias relativas às instalações elétricas e hidráulicas
	- Controle de perdas de materiais
	- Limpeza da obra
	- Organização das ferramentas
PLANEJAMENTO E ORGANIZAÇÃO DA PRODUÇÃO	
	- Racionalização do transporte
	- Centrais de pré-fabricação e montagens dos componentes
	- Entrega programada dos materiais
	- Planejamento operacional da produção
	- Inovações voltadas a mudança no seqüenciamento da produção
	- Argamasseiras, suportes e carrinhos
	- Carrinhos dosadores
	- Carrinhos para transportes de materiais
	- Carrinhos porta-pallets
	- Cavaletes, andaimes e plataformas metálicas
	- Emprego de guas em obras convencionais
	- Máquinas para a preparação de armaduras de concreto armado
	- Máquina para peneirar areia
	- Moedor de entulho e reaproveitamento de materiais
	- Plataforma para carga e descarga de materiais

Fonte: SCARDOELLI *et al.* - Melhorias de Qualidade e Produtividade: Iniciativas das Empresas da Construção Civil (1994).

O uso em conjunto destas técnicas e ferramentas e a organização do canteiro favorecem a aplicação das tecnologias de informação, provendo um Sistema de Informações Gerenciais (SIG) exequível para o desempenho de todas as operações

voltadas ao gerenciamento do projeto e da gestão dos estoques e materiais a serem adquiridos.

Porém, para a implantação de um SIG, há fatores da tecnologia das comunicações que podem afetar o projeto, que são (PMI, 2004):

- A urgência da necessidade de informações. O sucesso do projeto depende da pronta disponibilidade de informações atualizadas freqüentemente, ou relatórios por escrito, emitidos regularmente, seriam suficientes?
- A disponibilidade de tecnologia. Os sistemas já implantados são adequados, ou o projeto precisa de mudanças para poder dar suporte adequado?
- A formação de pessoal esperada do projeto. Os sistemas de comunicações propostos são compatíveis com a experiência e especialização dos participantes do projeto, ou há necessidade de treinamento e aprendizado extensos?
- A duração do projeto. É provável que a tecnologia disponível mude antes de o projeto terminar?
- O ambiente do projeto. A equipe se reúne e opera com a presença física dos membros ou em um ambiente virtual?

Assim, as metodologias usadas para transferir informações entre as partes interessadas no projeto podem variar significativamente. Por exemplo, uma equipe de gerenciamento de projetos pode incluir métodos de comunicação desde simples documentos por escrito até itens que podem ser acessados *on-line* (por exemplo, cronogramas e bancos de dados) (PMI, 2004).

O uso da Tecnologia da Informação (TI) é importante para o processo de comunicação do projeto, pois o uso desta tecnologia faz com que a informação circule muito mais rapidamente dentro da empresa e entre empresas. Quanto mais sofisticado for o sistema de informação, mais completa será a transferência de conhecimento entre as pessoas (CHASE, FROEHLE, e VOSS, 2000).

A redução de custos ocorre em diversas atividades, tais como: na comunicação - pela substituição do telefone, fax e correios pela internet; e na redução do tempo de ciclo de compras - as atividades de preparar pedido de cotação, enviar, receber propostas, adequar propostas e decidir pelo vencedor, podem ser feitas em prazo bem menor. Assim, é dado o aumento da produtividade obtido pela automação e pela padronização de procedimentos.

2.5. Uso das Tecnologias da Informação na Construção

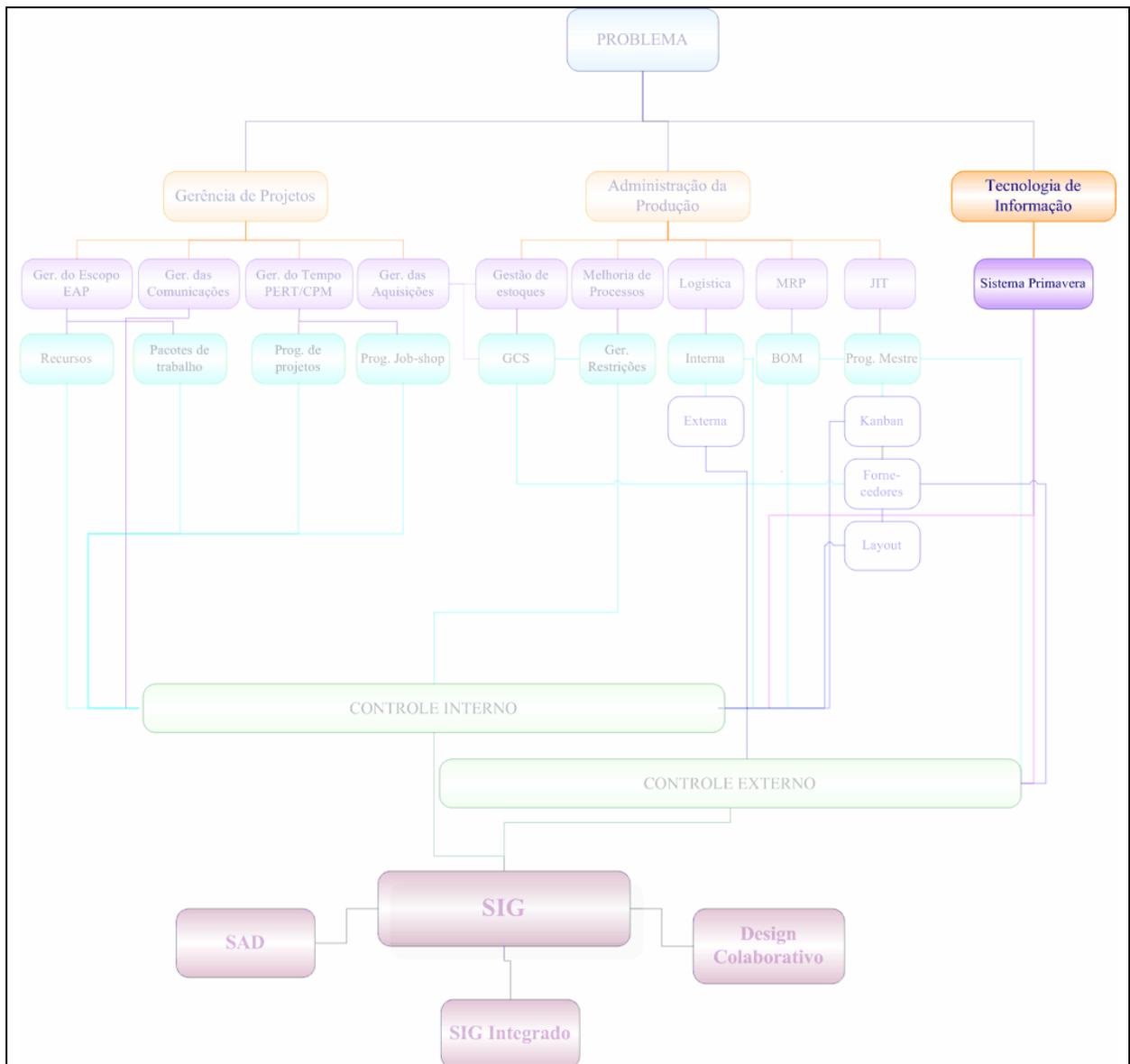


Figura 2.35 - Correlação TI x SIG x Primavera

“TI é a força fundamental na remodelagem de empresas, por meio de sistemas de informação e comunicações de modo que sejam promovidas vantagens competitivas, serviços à clientela e outros benefícios estratégicos.”
(ZUFFO, 2002).

Dá-se o nome de Tecnologia da Informação (TI) às tecnologias utilizadas para capturar, armazenar, processar e distribuir informações eletronicamente. O termo Tecnologia da Informação não se refere apenas ao tratamento das informações por meio de ferramentas eletrônicas. O termo diz respeito também, segundo Laurindo (2002), a aspectos humanos, administrativos e organizacionais. A indústria da construção civil,

contudo, tem investido pouco em TI em relação a outros setores da indústria (BALDWIN, 2000).

As ferramentas de TI têm um papel significativo na melhoria e na velocidade do processo. Assim, um investimento nesta área pode trazer muitos benefícios, aumentando a geração de novas idéias, acelerando o desenvolvimento de novos serviços a partir destas idéias. Porém, para obter esses benefícios, a empresa precisa se preocupar com treinamento, atitudes dos empregados e a percepção de encorajamento gerencial. (CHASE, FROEHLE, e VOSS, 2000).

A informação é uma "matéria-prima" essencial para as empresas da "Era da Informação", essencial para a produção de documentos, execução de tarefas e geração de novos conhecimentos. Na indústria da construção, o tratamento do fluxo de informações entre os vários agentes multidisciplinares dentro de todo o processo é um dos fatores críticos para o sucesso de um empreendimento. Segundo Bergman e Baker (2000), a falta de informação na elaboração de documentos técnicos de projeto representa um grave problema na obtenção de maior produtividade e qualidade no setor. Quando grande volume de informação está circulando entre os membros de um projeto, é fundamental garantir-se que estas informações sejam precisas e relevantes.

O impacto da TI é alto, tanto na estratégia das atividades atuais, quanto na estratégia de futuro da empresa, sendo uma ferramenta essencial para seu negócio. Um exemplo é o uso adequado das *extranets* de projeto ou sistemas de gerenciamento de projeto na *web*. Neste caso, o andamento de todo empreendimento depende do funcionamento ininterrupto da TI envolvida, já que todas as atividades técnicas diretamente ligadas à obra (projeto e execução) dependem das informações lá armazenadas (GABRIEL, 2002).

2.5.1.Requisitos para um ambiente colaborativo

O rápido avanço da Tecnologia da Informação (TI), incluindo-se a *World Wide Web*, o e-mail e a realidade virtual, tem mudado o modo pelo qual a sociedade se comunica. A Engenharia deve acompanhar esta evolução e alcançar os desafios de aumentar a eficiência e reduzir os custos, por meio da melhoria do projeto e da produtividade. As ferramentas necessárias para facilitar estas atividades têm que ser robustas e suficientemente flexíveis para assegurar o seu uso em longo prazo.

Berger e Luckmann (1967) mostram que o profissionalismo não é meramente uma coleção de conhecimentos, fatos e práticas, mas também uma visão global, importante para que os profissionais definam os objetivos a serem alcançados. Esta realidade, a visão global é diferente para cada um dos participantes do processo de projeto, construção, manutenção

e uso do produto final. Em muitos casos, o que um profissional considera importante pode nem sequer fazer parte da visão global de outro profissional. Para facilitar a colaboração efetiva, é necessário, portanto, tomar conhecimento de que diferentes visões globais existem e convivem. Diversos métodos computacionais têm sido criados para facilitar a colaboração nesta área. Seus objetivos têm sido auxiliar os projetistas na comunicação e o gerar um produto de maneira efetiva e, se possível, simultânea. Uma premissa de todos os sistemas é a de que os leitores dos dados irão interpretá-los corretamente, utilizando seu próprio conhecimento profissional.

Moore (2000) afirma que o projeto é uma das tarefas mais complexas realizadas pelo homem e envolve a compreensão e a resolução de muitos problemas. Conseqüentemente, é visto por muitos como a área onde mais se necessita de trabalho colaborativo e onde as vantagens de uma atividade simultânea são certamente reconhecidas. À medida que os projetos de construção civil vêm crescendo em complexidade, equipes maiores são necessárias para se completar a mesma tarefa. A coordenação destas equipes é de grande dificuldade, ainda que uma tomada de decisão compartilhada seja bastante conveniente. A comunicação e a colaboração se tornam chaves em termos de eficiência e custo e o projeto compartilhado se torna uma necessidade para o futuro da engenharia.

2.5.2.Design colaborativo

Para Silva, (2004) existe um sentido de cooperação entre os participantes do projeto, onde as equipes multidisciplinares discutirão cada uma das fases do projeto, procurando levantar previamente os problemas a serem enfrentados posteriormente na fase de produção. Geralmente, é nas últimas fases dos projetos convencionais que mais tempo é gasto. Falhas dos projetos, mudanças de engenharia, mudanças nas especificações e problemas com fornecedores de insumos tornam necessário o re-projeto. Quando a definição do produto é feita com grande detalhamento, uma quantidade substancial de tempo é poupada.

Assim, para alcançar certos objetivos, como a diminuição do tempo de projeto e a redução dos desperdícios, entre outros, a confecção de um banco de dados se faz necessária para que implementação de algumas funcionalidades, como: acesso simultâneo aos dados, gerenciamento de dados em um nível lógico, propagação das alterações e cronogramas. Para desempenhar tais atividades gestores de grandes empreendimentos, atualmente utilizam-se *softwares* de gerenciamento de projetos, como o *Primavera P3e (Enterprise)*, pois este utiliza conceitos de base de dados e integração com seus *Stackholder* via internet.

O trabalho de Alshawi e Ingirige (2003) mostra como o gerenciamento de projetos via *web* e seus recursos adicionais estão intrinsecamente ligados na conquista de inovações, como o aumento da qualidade, competitividade e valor agregado. Contudo, também enfatiza que para um gerenciamento bem sucedido, também devem ser considerados a tecnologia, os processos e as pessoas. Alshawi e Ingirige afirmam ainda que um alto percentual de soluções de TI disponível, hoje foca em tarefas específicas como planejamento, monitoramento, estimativas e projeto. Isso resulta em aplicações com poucos meios de comunicação. A indústria carece de um sistema integrado, o que facilitaria o fluxo de informações entre os vários estágios do projeto.

Independente dos *softwares* utilizados na concepção e desenvolvimento do produto, a integração dos dados requer um modelo computacional central. Porém, a construção de um modelo central não se resume a um banco de dados central para armazenar dados geométricos. Os tipos de dados que devem estar disponíveis podem ser: dados de projeto para engenharia e fornecedores de materiais (listas de materiais), especificações de projeto funcional para fornecedores, dados de projeto para os engenheiros, especificações completas para análise de custos, etc (SILVA, 2004).

Biggs *apud* Silva (2004), lista a comunicação como a causa principal para a maioria das falhas de projeto. O autor percebe que, entre as últimas soluções baseadas em *web*, que podem ser ligadas ao *e-mail* ou ao *software* colaborativo, estão o *Primavera P3e (Enterprise)* e o *MS Project Server*, que podem reduzir a incidência de problemas e transpor problemas de comunicação que levam a falhas de projeto. A evolução rápida da tecnologia da comunicação está fazendo com que projetos distribuídos se tornem viáveis. Atualmente, a Internet, uma rede global, está disponível para pequenas e grandes empresas, sem restrições de local, tempo ou sistema operacional.

Segundo Bodamer *apud* Silva (2004), o uso de iniciativas baseadas na tecnologia da Internet torna a troca de informações mais simples, rápida, acessível e precisa, e traz uma nova oportunidade para acentuar o desenvolvimento da indústria da construção. Estas iniciativas estão ligadas tanto à melhoria no desempenho na gerência de projetos, como na organização da comunicação e na coordenação dos participantes do projeto.

Segundo Prasad (1993) *apud* Silva (2004), para um adequado gerenciamento destas informações, é importante dar ênfase às seguintes categorias: modelagem da informação, planejamento, troca de informações e tomada colaborativa de decisões. A partir destas categorias, deve-se ter condição de:

- a) Com a modelagem da informação:
 - Capturar e representar diferentes formas de informação (geometria, processos, custos, etc);

- Definir diferentes representações de projeto, ou seja, a mesma informação deve ser apresentada de modos diferentes, conforme a cultura do grupo que recebe a informação;
- Navegar por meio de diferentes representações e visões;
- Armazenar informações de projeto, mantendo uma memória para uso futuro;
- Modelar o produto de uma maneira integrada com o planejamento;
- Identificar e distribuir atividades independentes do projeto;
- Identificar e explorar a informação existente (história do projeto);
- Monitorar o processo de desenvolvimento do produto, planejar as ações apropriadas, definir os responsáveis por essas ações e os recursos envolvidos na sua execução.

b) Com a troca de informação:

- Trocar dados entre as equipes de profissionais envolvidas;
- Trocar dados entre *softwares* utilizados por diferentes equipes.

c) Com a tomada colaborativa de decisões:

- Testar a responsabilidade (sensibilidade) relativa a eventos diferentes, ou seja, o impacto de mudanças, como elas se propagam e a quem elas afetam;
- Verificar estratégias (otimizações, interferências, encadeamento de atividade).

O correto gerenciamento das informações, não somente economiza tempo, como também permite que se façam mudanças no cronograma, antecipadamente, sem muito impacto no canteiro de obras, evitando paradas do fluxo produtivo e vislumbrando a eliminação dos desperdícios, tais como: o desenvolvimento de fases que não chegam a ser idealizados, recursos investidos em construção de protótipos desnecessários, mudanças tardias no projeto que tomam obsoletos os esforços, produção de estoques meramente para reserva, sobras e refugos de material, materiais recusados, custo do estoque de produtos acabados esperando aplicação (exemplo, pré-moldado) e falhas ocorridas no canteiro. Estudos recentes mostram que o retrabalho é uma das maiores fontes de desperdício na construção civil, acarretado por falta de informações. Em consequência da diminuição do tempo de projeto, ocorre também a redução de seu custo.

Atualmente, num mundo eletronicamente sincronizado, uma ampla variedade de indústrias atingiu elevados níveis de consistência no processo e na integridade dos dados, alicerces para colaboração entre empresas. Outras, implementaram sistemas integrados de planejamento da cadeia de abastecimento, sistemas ERP (*Enterprise Resource Planning*) e bancos de dados comuns. Ainda, construíram estruturas de gerenciamento do desempenho

orientadas aos resultados, por exemplo, indicadores do desempenho da cadeia de abastecimento, níveis de estoque, capital de giro e nível de serviço.

Dentro do escopo desse trabalho, uma forma de determinação dos indicadores é o estabelecimento de um planejamento que venha atingir níveis de serviços negociados entre todas as empresas envolvidas no empreendimento. Este planejamento, realizado de modo global entre a obra e todos os Colaboradores (projetistas e fornecedores), deve permitir que o fluxo de informação e de decisão contenha regras operacionais que representem os acordos estabelecidos entre os parceiros.

2.5.3. TI integrando a Cadeia de Suprimentos

Segundo Kinsey e Ashman (2000), a TI utilizada para a Gestão da Cadeia de Suprimentos (GCS) é formada, basicamente, por dois componentes - tecnologia e relacionamento (parceria), também considerados os maiores problemas em sua implementação. A tecnologia pode ser representada pela adoção de EDI (*Electronic Data Interchange*), recebimento eletrônico, análises de movimentação de produtos e reposicionamento baseado em *scanners*. Já o outro componente (relacionamento) reflete-se em decisões compartilhadas entre os parceiros no que tange a preço, prazo de entrega, etc.

A Logística de Suprimentos está sendo privilegiada com soluções onde a Tecnologia de Informação (TI) tem facilitado a integração entre fornecedores e clientes, por meio das plataformas de comércio eletrônico desenvolvidas para a aquisição de materiais no segmento B-2-B (FURTADO, 2002).

De acordo com certos autores, tais como Chapman (2000), essa busca pelo aumento de eficiência, redução de custos e competitividade para prover maior valor agregado aos clientes, tem transformado a relação comprador-fornecedor e modificado suas formas de competição, principalmente sob dois aspectos:

- Ganhos de produtividade – o uso das tecnologias de informação e comunicação eleva o grau de conhecimento do negócio e, por conseguinte, torna mais confiável o controle sobre as operações comerciais. Além disso, a integração pelas comunicações e a implantação de processos e sistemas padronizados dentro da empresa e entre empresas, via Redes Locais, Intranet, EDI (*Electronic Data Interchange*) e Internet, proporcionam a redução de custos, com a supressão de erros e duplicação de pedidos e cobranças, racionalizando os processos;
- Relacionamento entre a empresa e o fornecedor – o surgimento de grandes cadeias tem modificado a forma de distribuição. Hoje, a tendência é que a cadeia de distribuição coloque à disposição informações periódicas, que

confirmam aos fabricantes dos produtos facilidade maior de produzir aquilo que o consumidor espera encontrar.

O ponto principal é que a sincronização perfeita é rara. Os *lead times* não podem ser eliminados, apenas reduzidos. A confiabilidade não é perfeita. Isto porque a demanda precisa ser imediatamente visível por toda a cadeia de abastecimento e todos os estágios precisam responder quase que imediatamente à demanda, o que significa nenhuma restrição de capacidade. As cadeias de abastecimento são redes complexas com restrições e custos que precisam ser otimizados. Além disso, os *lead times* entre cada estágio da cadeia de abastecimento precisam ser bastante curtos. Portanto, a confiabilidade entre todos os estágios da cadeia precisa ser excepcional, uma vez que uma única falha levará toda a cadeia de abastecimento a uma interrupção, que se refletirá também no fluxo construtivo de toda a obra (SVENSSON, 2002).

O valor de tal perfeita sincronização é claro. Estoques mínimos de material em processo reduzem drasticamente os custos e aumentam o nível de serviço, conforme preconiza o JIT.

Assim, para alcançar essa sincronização, as informações devem ser compartilhadas entre os elos da cadeia em tempo real, que melhor consegue se ajustar às reais necessidades demandadas. O sistema que sustenta a Gestão da Cadeia de Suprimentos é um misto entre o sistema “puxado” e o sincrônico, já que, quando o pedido do cliente (obra) é feito, este é transmitido imediatamente para o fornecedor, por meio do uso de tecnologia de informação. Entretanto, uma crítica a esse modelo é que os fornecedores têm que responder, em um tempo muito curto, às necessidades.

Uma Metodologia de Planejamento aplicável deve contemplar também a representação de uma Cadeia de Suprimentos, devendo considerar o fluxo de material, o fluxo de informação, as restrições de capacidade e operacionais e o modelo de decisão estabelecido pelas regras de negócio entre os parceiros. Portanto, antes de determinar qual modelo empregar para análise de um sistema produtivo, é necessário entender como ocorrem as trocas de informação e material entre empresas e como estas são gerenciadas.

Os tempos para fluxo de informação e produção estão intrinsecamente relacionados ao intervalo de planejamento de cada empresa. Nesta situação, o processo de planejamento não é sincrônico na cadeia. A primeira atividade de coordenação é unificar o planejamento da obra aos ciclos de produção dos materiais dos fornecedores. Isto significa estabelecer um intervalo de tempo discreto e fixo que resulte em um sincronismo na troca de informação e planejamento das empresas parceiras.

O desempenho de uma Cadeia de Suprimentos é grandemente influenciado pelas políticas de gestão. Quanto maior for a cooperação entre os parceiros, maiores vantagens

resultarão para as empresas individuais e para a cadeia. Nesse sentido, o compartilhamento da informação aumenta a visibilidade de todos os elementos da Cadeia de Suprimentos sobre os tipos de decisões de produção e logísticas a serem tomadas pelos planejadores.

A gestão logística de uma empresa envolve uma grande variedade de decisões, associadas às diversas atividades, tais como: transporte, produção, estoque, etc. A fim de abranger todos os tipos de decisões, a Gestão da Cadeia de Suprimentos (GCS) geralmente atua no planejamento logístico, onde estão incluídas definições como localizar armazéns e terminais de transporte, qual o grau de automação de cada instalação e quais as fontes de fornecimento. Dentro do escopo delimitado pelas decisões estratégicas, as decisões táticas determinam, de forma geral, como se dará a operação. Estão incluídas aí as decisões de planejamento da produção e as definições quanto às características da frota de transporte.

Uma vez definido o planejamento tático, as decisões operacionais especificam todas as atividades para execução e controle imediatos da operação. Essas decisões são as que necessitam de maior grau de detalhamento nas informações.

Para todo este planejamento, a sincronização eletrônica utiliza a tecnologia como uma nova forma de organizar e gerenciar a cadeia de abastecimento para criar capacidades. Capacidades essas, ativadas pela tecnologia para, simultaneamente gerenciar níveis elevados de complexidade e múltiplos relacionamentos externos.

Desta forma, o verdadeiro objetivo do uso das TI's para a Gestão da Cadeia de Suprimentos (GCS) é a criação de um sistema eficaz, no qual distribuidores e fornecedores trabalhem em conjunto como aliados comerciais, produzindo um fluxo contínuo de produtos adequados ao consumo, tendo como base a tecnologia de informação, a fim de maximizar a satisfação do consumidor e minimizar custos e inventário (KING e PHUMPIU, 1996).

Mas, para este sistema de organização da comunicação, a coordenação dos participantes deve integrada, baseando-se num sistema computacional que suporte a análise e o desenvolvimento do projeto com a premissa de representar fielmente todas as etapas da construção de forma inteligente e prática, além de possibilitar fácil extração dos dados para todos os participantes, principalmente para seu planejador. Assim se define um Sistema de Informações Gerenciais (SIG).

2.5.4. Desenvolvimento do Sistema de Informações Gerenciais (SIG) Integrada para a Construção

Faz-se, a partir daqui, uma análise do planejamento baseada nos conceitos do gerenciamento da cadeia de suprimentos consoante à sincronização do fluxo do processo construtivo na logística de abastecimento do canteiro de obras e definindo-se o Sistema de Informação Gerencial Integrado no processo de construção de prédios.

Inicialmente, as habilidades de comunicação devem ser estudadas, pois fazem parte das habilidades de gerenciamento geral e são usadas para trocar informações. As habilidades de gerenciamento das comunicações incluem garantir que as pessoas certas obtenham as informações certas, na hora certa. As habilidades de gerenciamento das informações também incluem a arte de gerenciar os requisitos das partes interessadas (PMI, 2004).

As informações podem ser coletadas e recuperadas por diversos meios, inclusive sistemas manuais de arquivamento, bancos de dados eletrônicos, *software* de gerenciamento de projetos e sistemas que possibilitam o acesso à documentação técnica, como desenhos de engenharia, especificações de design e planos de teste (PMI, 2004).

A gestão das informações compreende a coleta, compartilhamento e distribuição das informações às partes interessadas, em todo o ciclo de vida do projeto, no momento oportuno (PMI, 2004).

Pelo PMBOK (PMI, 2004), as informações sobre o projeto podem ser distribuídas usando-se diversos métodos, incluindo:

- Reuniões do projeto, distribuição de cópias impressas de documentos, sistemas manuais de arquivamento e bancos de dados eletrônicos de acesso compartilhado.
- Ferramentas para conferências e comunicação eletrônica, como *e-mail*, fax, correio de voz, telefone, videoconferência, conferências e publicações na Internet.
- Ferramentas eletrônicas de gerenciamento de projetos, como interfaces *Web* para *software* de gerenciamento de projetos e elaboração de cronogramas, *software* para dar suporte a reuniões e escritórios virtuais, portais e ferramentas de gerenciamento de trabalho colaborativo.

Com a correta combinação de hardware e *software*, engenheiros de diversas especialidades podem trabalhar em paralelo, o que possibilita a redução de falhas de projeto e o aumento da quantidade de simulações, reduzindo o tempo do processo colaborativo como um todo (SILVA, 2004).

O uso do computador em toda a administração das operações, não somente nos controles gerenciais, como também na operação propriamente dita, é de suma importância. Muitas dessas técnicas, a exemplo do MRP e do MRP II, só existem em função do computador.

Atualmente nos ambientes industriais mais sofisticados, vêm crescendo em importância os chamados *Softwares* Integrados e *Softwares* de Manufatura.

Os *Softwares* Integrados atuam como um único *software* que passa a controlar toda a empresa, a partir do recebimento da matéria-prima até a expedição do produto acabado, incluindo contas a receber, a pagar, controle dos estoques, das horas extras do pessoal, da manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos, etc (MARTINS, 2000).

Os *Softwares* de Manufatura, na sua maioria, baseiam-se no ERP (*Enterprise Resource Planning*) ou MRP II (*Manufacturing Resources Planning*), e fazem a gestão de uma tremenda quantidade de informações (MARTINS, 2000). O quadro 2.6 – Entradas do Sistema de Base de Dados, na próxima página, mostra os dados básicos que compõem (alimentam) o sistema (*inputs*):

Quadro 2.6 – Entradas do sistema de Base de Dados
<ul style="list-style-type: none"> • Lista de material (Bill Of Material - BOM). Criar, para todos os itens fabricados, listas de materiais, relacionando todos os seus componentes e quantidades, se são comprados ou fabricados internamente, as operações em que são usados, etc. No módulo de BOM, pode-se ter informações sobre: <ul style="list-style-type: none"> - Alterações de engenharia no produto e/ou seus componentes - Revisões automáticas ou manuais - Quantidade de material (com várias casas decimais) - Índice de perdas - Referências - Textos explicativos - Listas resumidas - Materiais por níveis hierárquicos - <i>Open items</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Roteiro (<i>routing</i>). Apresentar os roteiros de fabricação, informando, também: <ul style="list-style-type: none"> - Roteiros alternativos - Número da(s) ferramenta(s) na(s) operação(ões) - Sobreposição de operações - Esperas - Custos de subcontratação externa - Pessoal para preparar e operar máquinas - Cálculos de tempos de preparação (<i>lead times</i>)
<ul style="list-style-type: none"> • Postos (ou estações) de trabalho. Com relação aos postos de trabalho, informar: <ul style="list-style-type: none"> - Capacidades - Calendário do posto (horas por dia, feriados, etc.) - Necessidades de máquinas/operadores por operação - Tempos de preparação (<i>lead times</i>) - Estatística (indicadores de produtividade, paradas, refugos, etc.) - Custos fixos e variáveis
<ul style="list-style-type: none"> • Custos. Informar ao banco de dados com: <ul style="list-style-type: none"> - Custo por homem X hora (no ano anterior, corrente, no próximo ano) - Custo da hora X máquina (<i>idem</i>) - Custo da hora X ferramenta (<i>idem</i>) - Custos simulados
<ul style="list-style-type: none"> • Ferramental. Devem ser alimentados com informações sobre: <ul style="list-style-type: none"> - Status da ferramenta - Posição de estoque - Intervalos de aferição ou checagem - Grau de utilização

Mas não apenas com informação se administra um empreendimento de construção, existe também a movimentação física dos materiais e insumos necessários para a construção propriamente dita, um dos focos deste trabalho.

Então apenas para efeito ilustrativo, Cheng e Chen (2002) *apud* Silva (2004), criaram um SIG automático de monitoramento de cronograma para a construção de edifícios, considerando a montagem de componentes estruturais pré-fabricados como a atividade crítica em uma construção e, portanto, um planejamento bem feito e um bom plano de controle podem reduzir significativamente os conflitos de planejamento e atrasos no projeto.

Para este exemplo, foi desenvolvido o sistema *ArcSched*. Por meio do monitoramento sistemático do processo de construção e pela representação do progresso da montagem em gráficos, os componentes são repetitivamente rastreados para implementação do cronograma conforme planejado. O sistema *ArcSched* é composto de um sistema GIS (*Geographic Information System*) integrado a um banco de dados. O sistema possui três módulos principais: um módulo para entrada de dados e acompanhamento dos elementos, um módulo para o planejamento e controle, utilizando o aplicativo *Microsoft Project*, um módulo para visualização das informações, e um módulo GIS, utilizado para a modelagem e análise espacial dos dados.

Similarmente a este exemplo, no capítulo 4 desta dissertação, será apresentada uma Metodologia de Planejamento com o intuito de abordar estes sistemas de controle e monitoramento de materiais para uma obra de construção predial, utilizando o *software Primavera P3e* sobre os recursos que eles apresentam, bem como sua constituição e meios de utilização do mesmo no controle dos materiais.

Na suíte *Primavera Enterprise P3e* se apresentam os módulos multi-projetos e multi-usuários, os quais são baseados em bancos de dados relacionais centralizados, suportando com segurança o acesso de vários usuários ao mesmo nível de Projeto. Todas as modificações feitas nos dados do projeto serão simultaneamente refletidas no Banco de dados instalado, integrando os dados e eliminando a dualidade de informações, isto é, a possibilidade de respostas diferentes para uma mesma pergunta.

Após o gerenciamento de todas essas informações e a identificação dos sucessos e fracassos do projeto, o planejador e a equipe do projeto e as principais partes envolvidas identificam as lições aprendidas relacionadas aos aspectos técnicos, gerenciais e de processos do projeto. As lições aprendidas são compiladas, formalizadas e armazenadas, ocasionando aqui o que se denomina de Gestão do Conhecimento (SILVA e HEINECK, 2001).

As lições aprendidas fornecem às futuras equipes informações que podem aumentar a eficácia e a eficiência do gerenciamento e inclui recomendações para melhorar o desempenho futuro dos projetos (PMI, 2004).

Os planejadores têm a obrigação profissional de realizar a aplicação das melhorias das lições aprendidas para todos os projetos, em conjunto com as principais partes

interessadas, especialmente se os resultados ficaram abaixo do desejável. Alguns resultados específicos das lições aprendidas incluem, conforme PMBOK (PMI, 2004):

- Documentação das lições aprendidas. A documentação inclui as causas dos problemas, as razões que motivaram as ações corretivas escolhidas e outros tipos de lições aprendidas sobre a distribuição das informações. As lições aprendidas são documentadas de forma que integrem o banco de dados histórico tanto para este projeto como para a organização executora;
- Registros do projeto. Os registros do projeto podem incluir correspondências, memorandos e documentos que descrevem o projeto. Essas informações podem, conforme possível e adequado, ser mantidas de uma forma organizada. Os membros da equipe do projeto podem também manter registros em um diário do projeto;
- Relatórios do projeto. Os relatórios formais e informais do projeto detalham o andamento do projeto e incluem lições aprendidas, registros de problemas, relatórios de encerramento do projeto e saídas de outras áreas de conhecimento.

Assim, os planejadores podem ser verdadeiros gestores da Era da Informação, já que lidam fundamentalmente com informação. Seus insumos podem vir sob forma digital (documentos eletrônicos, *e-mail*, videoconferência, etc.), bem como os produtos que geram (arquivos CAD, documentos eletrônicos) podem ser assim entregues aos seus clientes. Seus funcionários podem trabalhar remotamente e podem ser contratados por clientes em todo o mundo.

Durante anos, a tendência foi terceirizar a distribuição. Agora, centralizar a gestão da fabricação, dos serviços e da administração da tecnologia está se tornando comum. Desenvolver e gerenciar relacionamentos com clientes, fornecedores e parceiros comerciais é a alma de um mundo sincronizado eletronicamente.

O conceito de gerenciamento de projetos e da cadeia de suprimentos induz os elos participantes a implementar conjuntamente o planejamento e coordenação do fluxo de materiais e de informações, de montante a jusante da cadeia, na forma de um sistema (cadeia) integrado. O impacto de uma decisão tomada em qualquer parte do sistema afetará o sistema como um todo (LEE e WHANG, 1999), de modo que ações de uma empresa afetam, de forma positiva ou negativa, os custos das outras empresas da cadeia de suprimentos.

2.5.5. Desenvolvimento do Sistema de Apoio a Decisão (SAD)

“Planejamento pode ser considerado a “definição de um futuro desejado e de meios eficazes de alcançá-lo”. De acordo com essa definição, verifica-se que a tomada de decisão está intrinsecamente relacionada com o planejamento, pois é por meio do processo decisório que as metas estabelecidas nos planos podem ser cumpridas.”
(BERNARDES, 2003)

Bitran e Pedrosa (1998 *apud* CAVALCANTI, 1998), defendem o aparecimento e desenvolvimento de diversos sistemas que procurem reproduzir alguns aspectos do conhecimento humano por meio da automatização de mecanismos de inferência. Esta capacidade de modelização e automatização do raciocínio humano estão na base do desenvolvimento dos chamados Sistemas Especialistas.

As primeiras formalizações dos sistemas especialistas foram os sistemas de produção, realizadas por Post em 1943. Os sistemas à base de regras de produção são a origem dos Sistemas Especialistas, que mais tarde foram cedendo lugar aos Sistemas de Apoio à Decisão (SAD) (BITRAN e PEDROSA, 1998 *apud* CAVALCANTI, 1998). Para Cavalcanti (1988):

“Um Sistema de Apoio à Decisão (SAD) é um conjunto de programas de computador capaz de realizar determinadas tarefas humanas dentro de um domínio de conhecimento restrito e bem delimitado, graças à sua possibilidade de explorar um conjunto de conhecimentos fornecidos explicitamente por um especialista do assunto”

O desenvolvimento da TI baseia-se na criação de um SAD (Sistema de Apoio à Decisão), um sistema que torna disponíveis ao gestor do projeto as informações críticas ao sistema, de forma simplificada e consistente, a partir da validação dos dados cadastrados (*input*) em seu banco de dados, onde serão processadas por seu Motor de Inferência (algoritmo estruturado lógico) e serão expostas (*output*) em módulos de consultas, na forma de Quadros e/ou listagens.

Um ponto que merece destaque para a implantação do sistema é a necessidade de certeza absoluta da coerência das informações, além do monitoramento e validação das mesmas. Devem também ser efetuados freqüentes testes de revalidação do banco de dados de origem para garantir a veracidade das informações.

É de vital importância não esquecer que o sistema deve integrar todos os recursos disponíveis ao SAD visando à facilidade de utilização. Muitas vezes, observamos sistemas contendo informações importantes condenados ao desuso devido à dificuldade de manipulação das telas e dados. Além disto, quanto mais atualizadas ou recentes forem as informações contidas cadastradas pelos usuários do sistema, mais útil será o SAD.

No âmbito da Gestão da Cadeia de Suprimentos, de acordo com a estratégia de cooperação, a gestão pode ser classificada em duas formas: centralizada e descentralizada (AZEVEDO e SOUZA, 2000).

A gestão centralizada, utilizada principalmente quando a rede pertence a uma única empresa ou possui um participante dominante, é composta de um nível de coordenação e de um nível de empresas. No nível de coordenação, as decisões de quando, onde e quem produzir são tomadas centralmente, pela empresa coordenadora da cadeia, baseadas nos requisitos de demanda e no status de todo o sistema produtivo.

A descentralização da decisão é um caminho inevitável para a gestão de grandes organizações, que, constantemente, se deparam com a tomada de decisão em intervalos cada vez mais curtos. Um meio efetivo de atingir tal desafio em um ambiente multi-empresas é a delegação da decisão à cada empresa, considerando, porém, o impacto desta em seus parceiros de negócio.

A melhoria de desempenho de uma Cadeia de Suprimento pode vir pela redefinição do processo físico ou do processo de decisão. O último tem como elemento principal o compartilhamento da informação e, segundo Lee e Whang (1999), este é o caminho para a redução de custos, aumento de flexibilidade e obtenção de respostas mais rápidas e efetivas. Diferentes níveis de compartilhamento da informação resultam em diferentes formas de gestão.

A coordenação do fluxo de produção entre os parceiros, no sentido de evitar estoques desnecessários e produção desbalanceada é a função mais importante do Sistema de Decisão Centralizada. Muitas vezes, as decisões são tomadas sem considerarem todas as informações necessárias, podendo gerar perdas como, retrabalho, indefinições do produto, consideração inadequada ou insuficiente das necessidades do projeto. É necessário que sejam identificados os documentos e as informações mínimas para possibilitar o início do serviço da obra. Por todos estes motivos, pode-se afirmar que a falta de tratamento dos fluxos de informações nos processos da construção pode levar a problemas graves na execução, atraso nos prazos, produtividade e qualidade baixas e aumento dos custos.

Assim, um Sistema de Apoio à Decisão (SAD) transforma-se em uma importantíssima ferramenta para as tomadas de decisões. Graças à sua facilidade de explorar, em conjunto, conhecimentos fornecidos pelo SIG (Sistema de Informações Gerenciais), fornecendo, de forma objetiva e estruturada a informação solicitada pelo planejador ou por outro solicitante, atua como um *software* capaz de realizar determinadas tarefas humanas.

“Na sociedade pós-industrial, o maior problema não é de como se organizar para produzir eficientemente (embora isso será sempre algo importante), mas sim como organizar para decidir”

(SIMON, 1973 apud WATHEN e ANDERSON, 1995).

2.5.6.Perspectivas para novos usos da TI na construção civil

Atualmente, existem agora diversos tipos de Sistemas de Informações para a indústria da construção civil, desde programas de *workflow* até as populares *Extranets* de Projeto. Estes sistemas gerenciam toda a informação gerada. Porém, em outros setores da indústria, já existe uma grande preocupação em gerenciar o conhecimento produzido pelos agentes do processo por meio de equipes de Gestão do Conhecimento (GC), o que também começa a preocupar a indústria da construção civil (SILVA e HEINECK, 2001).

Algumas das principais tendências futuras da TI na construção civil são sumarizadas abaixo:

- Gerenciamento da informação de projetos baseada em modelos, ao invés de documentos, isto é, o uso de um modelo único, conceitual, do produto e dos processos de um empreendimento, compartilhado por todos os agentes envolvidos e implementado em diferentes aplicações;
- Pensamento voltado ao ciclo de vida da edificação e transição fluída de informação entre as várias fases do ciclo de vida. Hoje, há pouca comunicação e compartilhamento de conhecimento entre as várias fases da vida do produto. A TI é elemento fundamental para melhorar estes processos;
- Uso do conhecimento adquirido no passado. Esta atividade essencial requer uso de sistemas estratégicos para capturar e gerir o conhecimento e a sabedoria;
- Grandes mudanças no processo de compras de serviços e materiais em função da Internet (*e-procurement*), incluindo estratégias *Just-In-Time* e MRP;
- Melhoria da comunicação em todas as etapas do ciclo de vida por meio da visualização gráfica interativa;
- Uso intensificado de simulação e análises do tipo "e se..." para tarefas como medida de produtividade, análise de riscos, alocação de recursos, planejamento de canteiros, etc;
- Grande tendência de o uso de TI ter um maior impacto com vantagem competitiva nos próximos anos para as indústrias da construção (FROESE, 2001).

No próximo capítulo é proposta uma metodologia de pesquisa visando à utilização do SIG no planejamento que simula a execução de obras para divulgar os conceitos e aplicações de engenharia de produção para a construção civil. As técnicas utilizadas com a metodologia proposta, tanto as que foram usadas na programação e controle das obras, quanto as que foram utilizadas na medição da produtividade da mão-de-obra e perda material dão ênfase às atividades de conversão segundo os conceitos tradicionais de planejamento e controle.

Na revisão da bibliografia, para que fosse possível verificar o potencial da metodologia para a verificação dos novos conceitos, principalmente os relacionados às atividades de fluxo e o impacto nos cronogramas de execução do projeto, procurou-se contemplar os conceitos mais modernos na área do gerenciamento e do processo de produção, como por exemplo, a abordagem sobre MRP e do JIT, focando o gerenciamento do material empregado na obra.

3. METODOLOGIA

3.1. Introdução

A metodologia da dissertação é baseada principalmente em conceitos ligados à área de conhecimento da engenharia de produção aplicada à construção civil, pelo conhecimento dos processos produtivos praticados em canteiro. A dissertação apresenta uma metodologia voltada à área gerencial da obra e uma proposta de melhoria do planejamento da produção de projetos por meio da Gestão da Cadeia de Suprimentos, associadas às boas práticas de gerenciamento (providas pelo PMBOK) amparadas pelas tecnologias de informações atuais.

Este capítulo tem como objetivo apresentar a aplicação das técnicas e instrumentos citados no Capítulo 2, focando a administração da produção voltada ao gerenciamento de projetos. Em seguida, será discutida a adequação do planejamento da produção ao contexto da construção. Apresenta-se proposta de inclusão de sistemas informatizados no planejamento do processo construtivo, como método complementar à melhoria do processo de planejamento de gestão de estoques para o setor da construção - subsetor edificações.

Nesse sentido, são formulados objetivos de pesquisa para a confecção de Sistemas de Informações Gerenciais (SIG) referentes à integração de todo o cronograma da obra, em sincronia com os fornecedores de insumos e materiais relevantes para o planejamento da produção, obedecendo ao fluxo do processo construtivo.

A pesquisa foi iniciada com uma revisão da bibliografia pertinente aos temas de gerenciamento de projetos (PMI, 2004) e ao planejamento e controle da produção. Paralelamente, foi elaborado um estudo de tecnologias de informação. Esta primeira parte do trabalho teve um objetivo exploratório, visando tornar o fenômeno investigado mais claro para um roteiro de investigação científica. A revisão bibliográfica teve como objetivo a determinação do estado da arte relativo à administração da produção e o gerenciamento de projetos e envolveu a busca e análise de das seguintes fontes:

- Literatura sobre planejamento e controle da produção, oriunda da teoria da Administração de Operações, desenvolvida no campo de conhecimento da engenharia industrial e de administração;
- Literatura sobre Planejamento e Controle de projetos, fornecida pelo PMBOK do PMI – *Project Management Institute*, e voltada, neste trabalho, especificamente às peculiaridades do setor da construção civil inserida na área acadêmica denominada gerência de projetos.
- Literatura sobre os princípios de Administração da Produção, inspirada no modelo japonês e influenciada fundamentalmente pelo movimento da Gestão da Qualidade e pela filosofia *Just-in-Time*;

- Literatura sobre gestão de estoques com o uso de computadores para suporte do MRPI;
- Literatura recente do campo da tecnologia de informação, favorecendo o desenvolvimento do SIG para auxiliar os processos de produção em edificações e, posteriormente, sua integração com os demais envolvidos no empreendimento, tendo como suporte o software Primavera P3e na gerência das informações.

Esta dissertação insere-se no contexto da revisão bibliográfica e de gerenciamento da produção dos canteiros de obras, sendo auxiliada por ferramentas de TI.

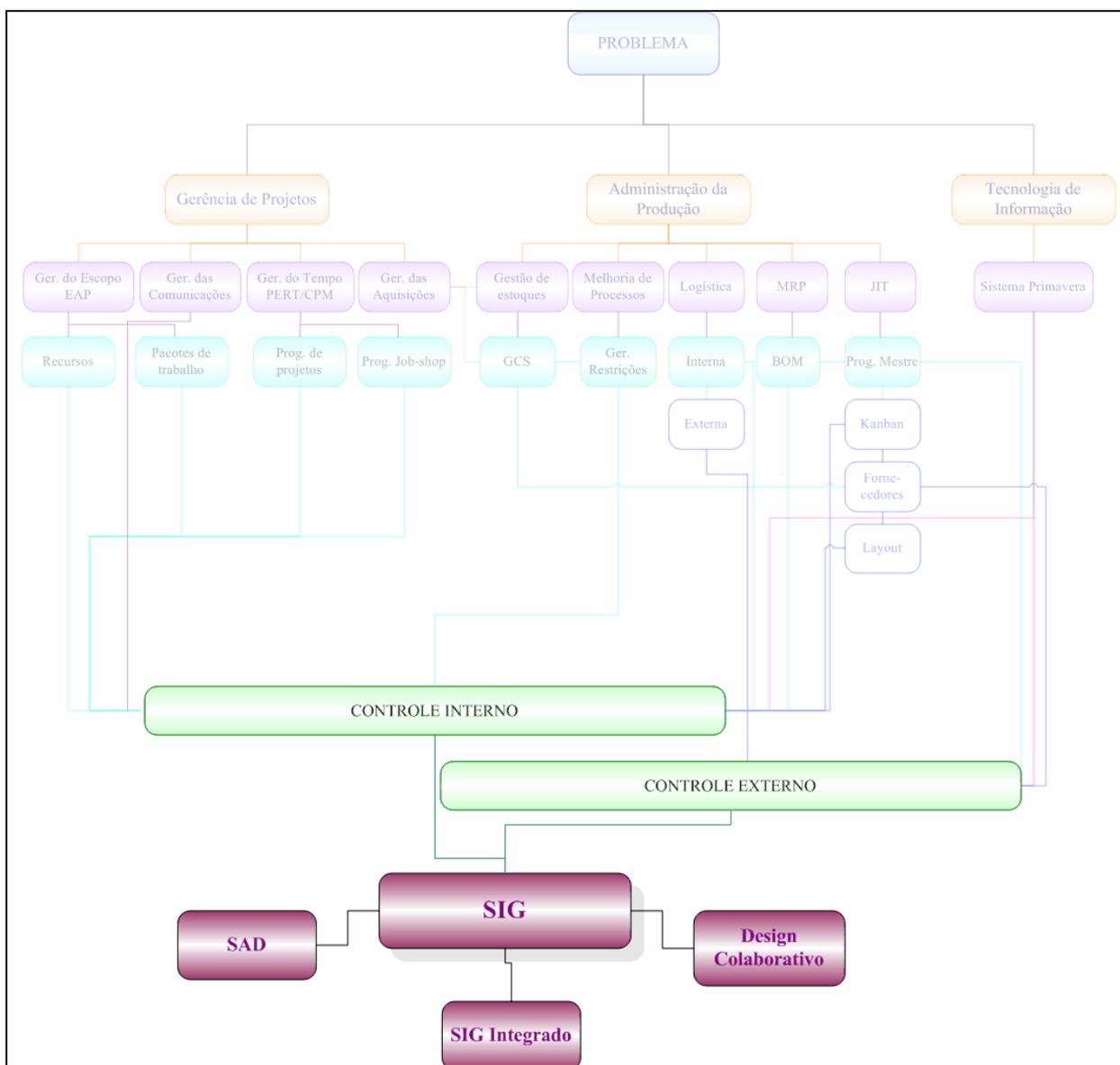


Figura 3.1 - Correlação das técnicas e áreas de conhecimentos da Metodologia de Planejamento proposta.

3.2. Especificações das Técnicas e Ferramentas Utilizadas

A estratégia de pesquisa do trabalho adotou abordagem teórica baseada na interpretação de autores de sistemas produtivos. Como resultado principal, apresenta-se uma Metodologia de Planejamento (Figura 3.1, acima) capaz de reduzir ou até mesmo eliminar as incertezas que compõem o processo do projeto, melhorando o planejamento da produção.

O sistema produtivo apresenta uma forte relação entre o projeto e o PCP. Segundo esta metodologia, estrutura-se o sistema de produção detalhando-se especificações de produtos e processos produtivos na etapa de projeto, aqui definidos como Estrutura Analítica de Projetos (EAP). Em seguida, coloca-se o sistema produtivo em funcionamento por meio da atividade de PCP, com o uso da técnica JIT. À medida que o sistema vai funcionando, busca-se continuamente a melhoria do desempenho da produção, gerando-se outro ciclo interno.

Assim, o uso e a definição da EAP tornam-se de grande importância para a implantação desta metodologia, porque os projetos de construção civil apresentam-se, na maioria das vezes, com um alto grau de complexidade em sua estrutura de produtos. Para um gerenciamento eficaz, faz-se necessário fragmentar este ambiente complexo em estruturas menores até a definição dos seus respectivos pacotes de trabalho. Para isso, os conceitos de EAP ajudam na administração dos recursos e entregas parciais do empreendimento.

Além do pacote de trabalho da EAP, existem a Lista de preço de Materiais (LPM) - que apresenta um quadro hierárquico das montagens, sub-montagens e componentes físicos necessários para fabricar um produto manufaturado - e a Estrutura Analítica dos Recursos (EAR) - uma representação hierarquicamente organizada dos recursos, por tipo a ser usado no projeto (PMI, 2004).

O custo não será avaliado neste trabalho, sendo dada maior ênfase ao planejamento e controle da obra, baseados principalmente no que se refere ao desenvolvimento do cronograma provido pelo *software* de gerenciamento de projetos *Primavera P3e*. Tais projetos são usualmente planejados e controlados por técnicas como o gráfico de Gantt (ou gráficos de barras) e métodos de planejamento em rede.

Os métodos de planejamento de redes utilizados neste trabalho compreendem os mais comumente usados em projetos como: o *CPM - Critical Path Method* (Método do Caminho Crítico) e o *PERT - Program Evaluation and Review Technique* (Técnica de Avaliação e Revisão do Programa).

Usualmente, os cálculos de rede são realizados por meio de *softwares*, tais como o *Microsoft Project* ou *Primavera P3e*, e, por isso, foram apresentados, no capítulo anterior, a

lógica da montagem de redes e o algoritmo utilizado para a determinação do caminho crítico, utilizados por estes *softwares*.

Para a utilização do método CPM, deve-se determinar uma única duração para cada atividade e aplicar o algoritmo do caminho crítico para se sejam calculadas a Programação para Frente (*Forward Scheduling*) e a Programação para Trás (*Backward Scheduling*) que permitam ao gerente planejar o uso dos recursos conforme a necessidade. As ferramentas JIT e MRP utilizam esta última programação para calcular sua execução.

Com base nas metas do cronograma anteriormente definido pelo CPM, deve-se definir as funções de contorno (restrições), as quais podem ser administradas por meio dos conceitos de *Last Planner* e *Lookahead Planning*.

Após o desenvolvimento do planejamento preliminar e a aplicação de técnicas para a elaboração do cronograma com suas eventuais restrições e prioridades, observa-se que as atividades do projeto, em especial as do processo produtivo, estabelecem uma estreita relação com as ações gerenciais - tomadas de decisões - voltadas à preparação e ao planejamento do funcionamento do sistema produtivo.

Como a maioria das empresas de construção utiliza um grande número de insumos ou materiais comuns, é fácil perceber que seria um problema controlar todos os materiais de todas as fases da obra, levando em conta os estoques disponíveis, as entregas, as compras em andamento, com seus respectivos prazos de entrega, atrasos, etc. Seria praticamente impossível gerir todo esse conjunto de informações sem o auxílio de um computador.

O produto (prédio) será decomposto em todos os componentes, definindo-se sua lista de material, conhecida como BOM (*Bill Of Material*). O BOM constitui a base do MRP, que também é um *software* que irá processar todos os dados, consolidando-os e verificando se há disponibilidade nos estoques e, quando for o caso, emitindo lista de itens faltantes.

A associação entre o BOM e o planejamento do projeto deverá ser gerenciada por um sistema capaz de integrar todas as informações necessárias para favorecer a conclusão da obra no menor tempo possível, com o mínimo de desperdícios, além de auxiliar todos os envolvidos no empreendimento a coordenar suas atividades, visando à sincronização do ritmo da obra a todas as suas necessidades. Para que tal feito seja realizado, tornam-se vitais o desenvolvimento e a implantação de um Sistema de Informações Gerenciais (SIG).

No contexto de entregas, a logística externa precisa de uma análise de grande prioridade como a Gestão da Cadeia de Suprimentos (*Supply Chain Management - SCM*), pois deve-se verificar a estrutura de fornecimento de materiais de cada fornecedor envolvido no empreendimento de acordo com a demanda.

Enquanto isso, a logística interna responsável pela entrega dos materiais oriundos do almoxarifado da obra para as frentes de trabalho é regida pelo sistema JIT.

Devido ao rigor definido pelo JIT aos fornecedores, o uso das tecnologias de informações provê uma coordenação eficiente pelo SIG, integrando a demanda da obra e o ritmo fabril dos fornecedores.

3.3. Descrição da Aplicação das Técnicas e Ferramentas em Um Projeto de Edificações

O método de trabalho consiste em investigar as práticas de planejamento na literatura de gerenciamento de projetos, focando a construção e os processos praticados na obra, além dos processos de fornecimento de materiais, incluindo-os nos cronogramas elaborados para o devido acompanhamento da metodologia.

Dentro da concepção do sistema produtivo da construção, o gerenciamento deve realizar a divisão do projeto (processo) em partes menores (subprocessos) a serem “entregues”, conforme Estrutura Analítica do Projeto - EAP.

A resultante de todo este trabalho de análise é a melhoria dos processos construtivos, visando à eliminação e/ou redução dos desperdícios e à otimização dos prazos de entrega dos subprodutos do processo. A disponibilização e o uso e dos recursos necessários tornam-se prioritários para a execução dos pacotes de serviços definidos pela EAP, cuja análise é o foco principal desta dissertação.

Como um projeto de construção predial utiliza um número considerável de materiais distintos, haveria uma grande dificuldade de controlar todos os materiais, de todas as etapas da obra, levando em conta os estoques no almoxarifado, as entregas, as compras, os atrasos. É discutido então um sistema capaz de gerir todo esse conjunto de informações, o MRP, tal que este favoreça a gestão dos estoques para o caso da edificação. O prédio estudado é decomposto em todos os componentes até o último nível de detalhe, definindo-se sua lista de material, BOM.

Para coordenar a gestão dos estoques ao cronograma do projeto, seria necessário o desenvolvimento de um Sistema de Informação Gerencial (SIG), capaz de convergir a associação entre o BOM e o planejamento do projeto. Este integraria todas as informações necessárias para favorecer a coordenação das atividades da obra com seus fornecedores de materiais, com o mínimo de desperdícios e sem atrasar o seu andamento.

Esta base de dados central do SIG dará suporte ao uso integrado de algumas ferramentas, como o *Just-in-Time*, em conjunto com o MRP, a partir da sincronização do fluxo do processo construtivo da obra ao fluxo do processo de produção da cadeia de fornecedores.

No caso da construção predial, este sistema híbrido é benéfico no que se refere ao gerenciamento das compras dos insumos. Para a gestão eficaz das entregas, a logística externa gerenciada pelo MRP da obra utilizará os conceitos da Gestão da Cadeia de Suprimentos (GCS), respondendo às necessidades de demanda de materiais e utilizando o MRP para controle dos fornecedores (a partir do seu controle das listas de materiais - BOM), enquanto a logística interna - responsável pela entrega dos materiais, pelo almoxarifado da obra para as frentes de trabalho - é regida pelo sistema JIT, interno.

Um sistema JIT deve apoiar-se em alguns elementos básicos, como o Programa Mestre, destinado a orientar os postos de trabalho e os fornecedores externos. Neste trabalho, o Programa Mestre é substituído pela ferramenta do MRP. O JIT usa também um sistema chamado *Kanban*, porque, neste caso, o controle interno é feito entre o almoxarifado e as frentes de trabalhos no canteiro de obras, conforme Figura 3.2, abaixo.

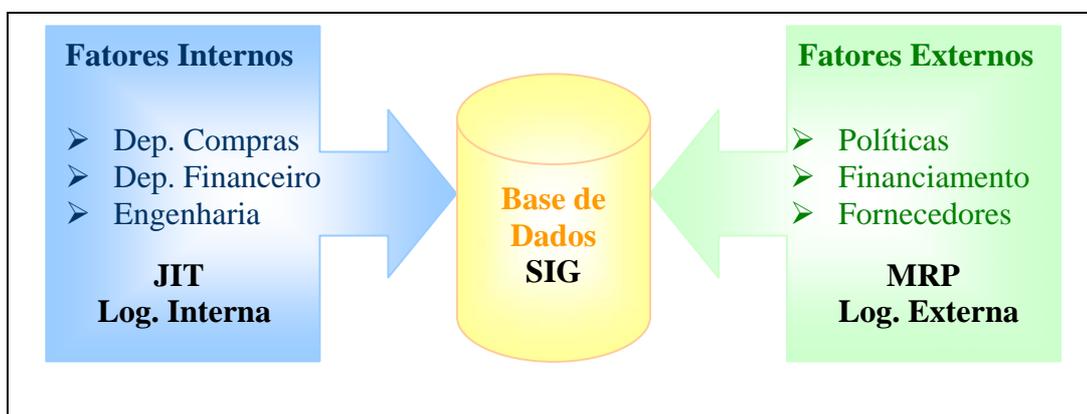


Figura 3.2 - JIT X SIG X MRP

Evidentemente, é possível ter os dois sistemas operando simultaneamente na mesma empresa porque, na produção repetitiva, o JIT fornece os melhores resultados, sendo mais bem utilizado dentro das células de produção *Job-Shop*. O sistema MRP produz melhores resultados para ambientes de fabricação sob encomenda ou em pequenos lotes, onde a produção não é repetitiva, como no caso da edificação propriamente dita.

O uso conjunto destas ferramentas favorece a aplicação das Tecnologias de Informação (TI) provendo um Sistema de Informações Gerenciais (SIG) desenvolvido para esse trabalho, com a adoção do *software Primavera P3e*, voltado ao gerenciamento integrado do projeto e à gestão dos materiais da construção do prédio e de seus fornecedores.

4. DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA DE PLANEJAMENTO

4.1. Introdução

Pretende-se desenvolver uma Metodologia de Planejamento baseada em Tecnologia de Informação (TI), definida neste trabalho como uma ferramenta computacional facilitadora dos objetivos deste projeto. Assim, após revisar algumas técnicas de projeto e análise, pode-se concluir que as mesmas foram desenvolvidas para diferentes aplicações e com diferentes objetivos. Dificilmente irá se encontrar uma técnica que se adapte a todas as situações específicas. Por isso, é bastante conveniente a utilização conjunta de técnicas complementares e/ou a adaptação de técnicas existentes. Essas alternativas procuram fechar a lacuna entre as diferentes técnicas e os requisitos desejados, conforme os objetivos do projeto, visando um melhor aproveitamento da concepção desta Metodologia.

O somatório dos conhecimentos de Administração da Produção, de Gestão da Cadeia de Suprimentos, dos *softwares* de MRP e do planejamento integra o Sistema de Informações Gerenciais (SIG) do projeto. O foco deste capítulo é a comunicação, seja ela feita por *e-mail*, via rede (*lan*) ou via *Web*, favorecendo as equipes de projeto e de execução, assim como os colaboradores com a devida integração das informações de planejamento da construção, possibilitando a tomada de decisões mais exatas e rápidas pelo Sistema de Apoio à Decisão (SAD).

Atualmente, existem alguns sistemas destinados à integração das informações do projeto, tais como, cronograma *on-line*, cronograma de *softwares desktops* comerciais de grande aceitação no mercado como, o *Microsoft Project* e o *Primavera P3e*. Nesta dissertação, a aplicação é elaborada no *Primavera P3e*.

4.2. Caracterização da Construção Predial: Estudo de caso do Bloco de Coroamento

Devido à grande complexidade da construção do prédio como um todo, determinou-se apenas analisar um dos vários elementos construtivos para aplicar a metodologia de planejamento proposta nesta dissertação. O elemento construtivo selecionado foi o bloco de coroamento de uma fundação predial típica.

Independente do tipo de prédio a ser construído, isto é, de sua finalidade, não será necessário avaliar todos os elementos construtivos desta edificação. Assim, o planejamento e o cronograma da obra serão analisados apenas para este elemento.

Como um sistema de produção usa recursos das operações para transformar insumos nos produtos desejados, para este caso será estudada a construção de um bloco de coroamento.

O próximo passo para efeito de detalhamento é a definição de todos os procedimentos e processos construtivos necessários à definição deste elemento construtivo (como parte integrante da EAP do projeto). Serão desenvolvidos tendo em vista a aplicação da metodologia de planejamento feito pelo *software Primavera P3e*.

Para este planejamento desenvolveu-se a metodologia com base no bloco da Figura 4.1, abaixo:

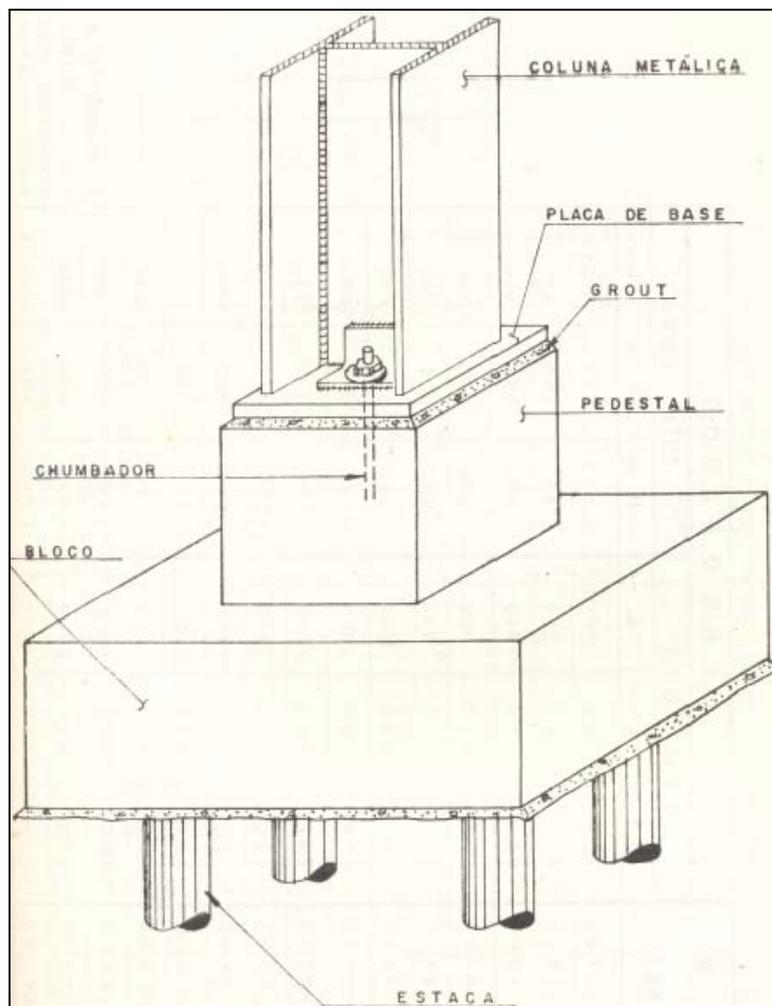


Figura 4.1 - Bloco de Coroamento.

Fonte: Santos (1985).

O planejador da construção deve ter todos os projetos em mãos (arquitetura, estrutura, etc.), para que possa desenvolver o cronograma. Para tal, é de grande utilidade o detalhamento de cada projeto. Neste caso, faz-se necessário o detalhamento do bloco de coroamento, contendo as dimensões, os materiais e a descrição de todos os recursos necessários para a confecção desta fundação, conforme Figura 4.2, a seguir.

4.2.1. Mapeamento dos processos construtivos

Apenas para efeito de exemplificação, utilizaremos a estaca Franki de diâmetro de 400 mm, a de maior utilização em todo o mundo, dentre as estacas moldadas "in situ", selecionada neste trabalho para a fundação da edificação a ser estudada. Assim, vamos analisar mais detalhadamente seu processo construtivo (SANTOS, 1985 e MONTEIRO, 1996).

Para a análise do bloco, o detalhamento será dado em três fases bem distintas, a saber: a escavação, o estaqueamento e a construção. Será planejado até o pedestal do bloco, não sendo considerada a superestrutura, podendo a mesma ser de estrutura metálica ou de concreto.

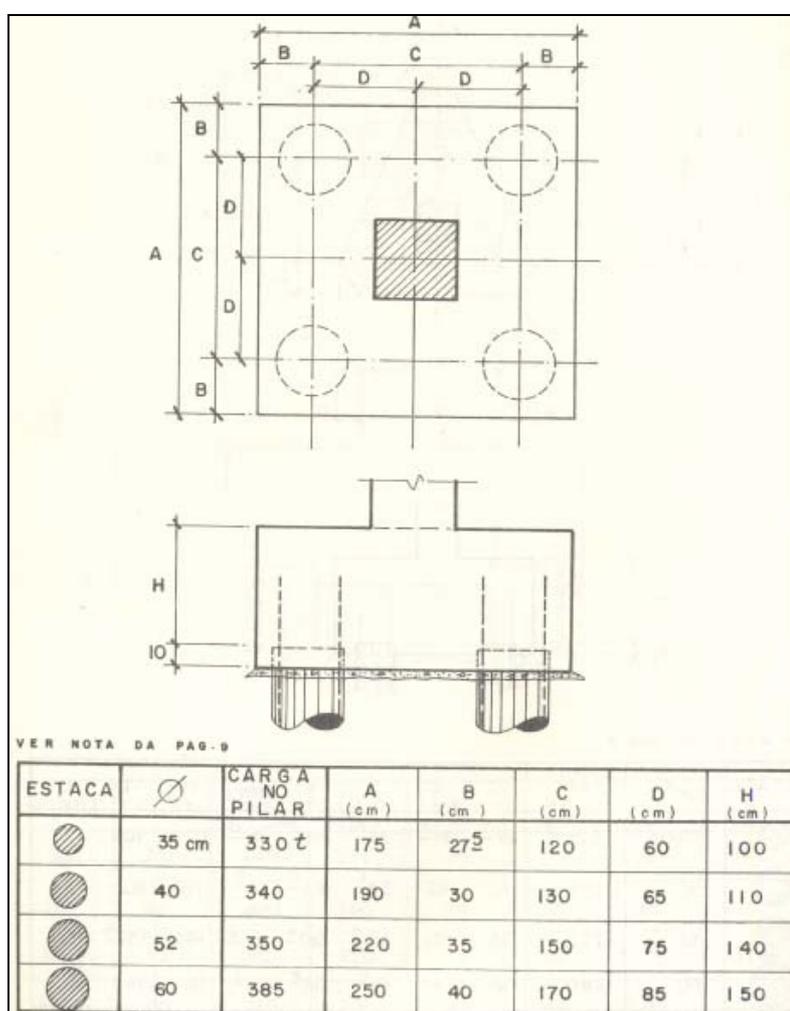


Figura 4.2 - Dimensões do Bloco de Coroamento.

Fonte: Santos (1985)

Neste exemplo, para a execução de uma estaca Franki "Standard" podem-se destacar as seguintes fases bem distintas:

1. Cravação do tubo Franki;
2. Determinação do término da cravação do tubo;
3. Execução da base alargada;
4. Colocação da armadura-executiva ou estrutural;
5. Execução da concretagem do fuste com a extração do tubo.

4.2.1.1. Cravação do tubo

As estacas são executadas com o auxílio de um tubo de aço, que abrangerá todo o comprimento da estaca. O tubo, colocado na vertical como na Figura 4.4, abaixo, é cravado no solo com o auxílio de um pilão de queda livre. A extremidade do tubo é fechada por uma bucha de brita e areia utilização do pilão de queda livre. O tubo Franki será cravado à percussão para atravessar as camadas.

4.2.1.2. Determinação do término da cravação do tubo Franki

O comprimento da estaca é pré-determinado (estimado) com o auxílio de sondagens. Durante a cravação do tubo existem dois controles para a indicação da nega, ou seja, de que a estaca atingiu a profundidade compatível com a carga que ela vai suportar. Para o nosso caso, será estimada uma profundidade de 15 metros para cada estaca. Segundo a norma, o comprimento máximo de utilização para a estaca de 400 mm é de 22m (MONTEIRO,1996).

4.2.1.3. Execução da Base Alargada

Uma vez atingida a profundidade adequada, inicia-se a operação de abertura da base. O tubo é preso nos cabos de tração para que não desça durante o apiloamento da expulsão da bucha de brita e areia. Quando a bucha está quase totalmente expulsa, introduzem-se no tubo pequenas quantidade (uma caçamba) de concreto da base, iniciando-se então a operação de abertura da base.

Devido à grande energia de apiloamento, o concreto utilizado deverá ter o seguinte traço básico (MONTEIRO,1996):

- 1 saco de cimento (50,0 kg);
- 90 litros de areia;
- 140 litros de brita 2 de $\varnothing < 400$ mm e brita 3 de $\varnothing > 400$ mm.

4.2.1.4. Colocação da Armadura

A armadura é introduzida no tubo logo após o alargamento da base - armadura não ancorada na base - ou durante a preparação de alargamento de base - armadura ancorada na base. Para nosso caso utilizaremos o primeiro procedimento.

Geralmente, a armadura existente nas estacas que trabalham apenas a compressão serve apenas para controle da execução da concretagem do fuste da estaca e é constituída de quatro (4) barras longitudinais. Se a estaca trabalha para tração ou flexão, a armadura terá função estrutural além da executiva.

A armadura da estaca é constituída por barras longitudinais, que podem ser de diferentes tipos de aço, de bitolas especificadas no projeto e de uma espira horizontal que só pode ser em aço CA-25. No caso das barras longitudinais serem em aço diferente do aço CA 25, o pé da armadura deverá ser sempre em aço CA-25 (MONTEIRO,1996). A Figura 4.3, a seguir, apresenta um detalhe genérico sobre a armadura utilizada nas estacas.

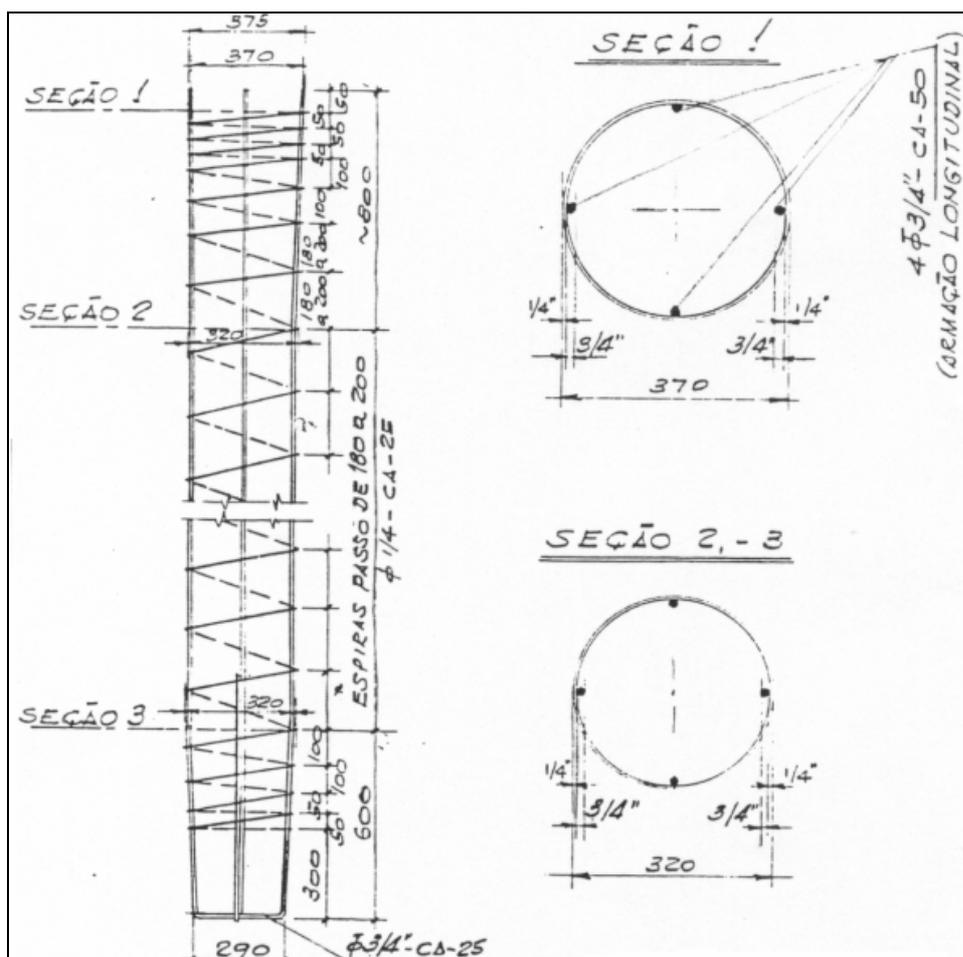


Figura 4.3 - Armadura da Estaca

Fonte: Monteiro (1996).

4.2.1.5. Execução da concretagem do fuste com a extração do tubo

A concretagem do fuste e extração do tubo Franki podem ser feitas de duas maneiras distintas: com o fuste apilado ou com fuste vibrado. Para o nosso caso, o fuste será apilado, conforme Figura 4.4, abaixo.

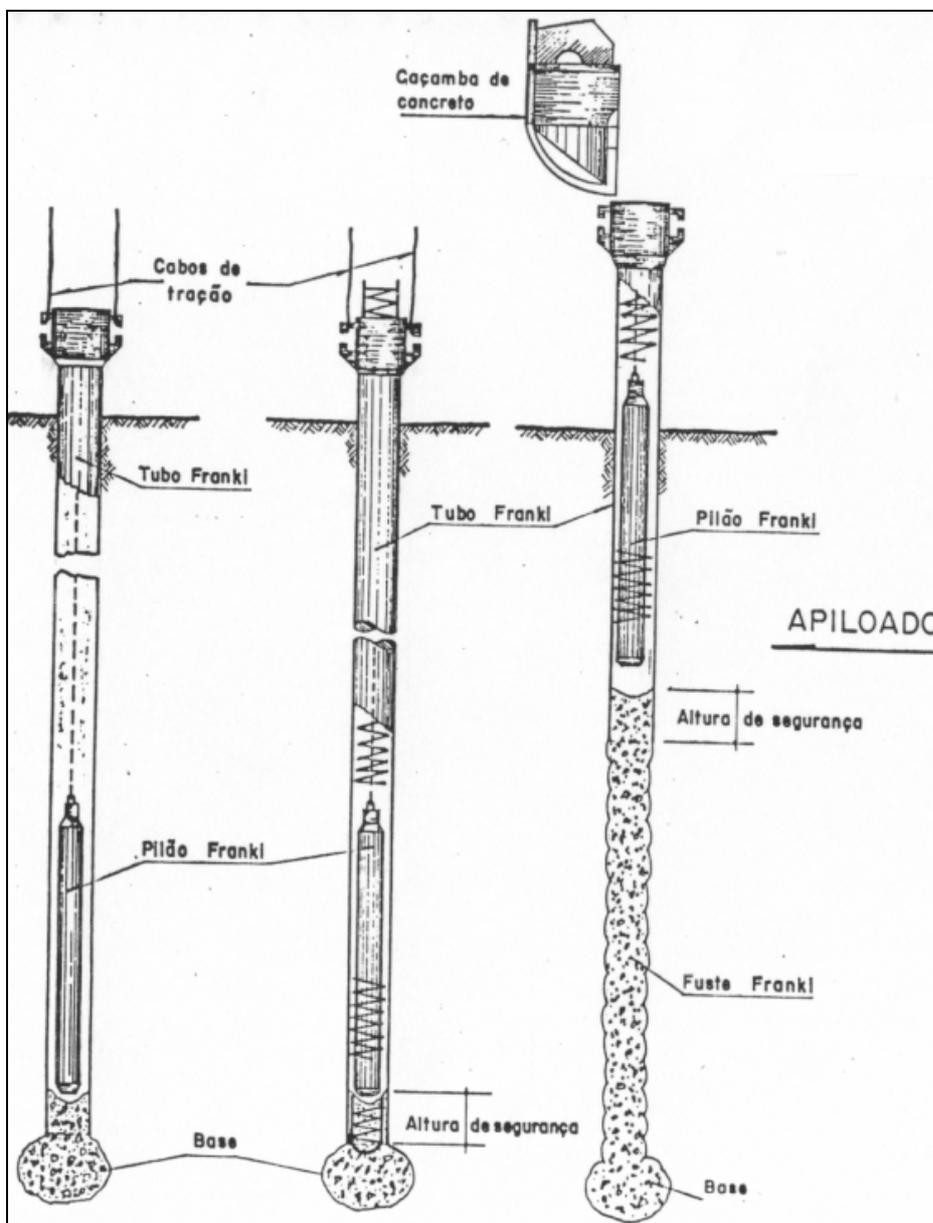


Figura 4.4 - Fuste apilado.

Fonte: Monteiro (1996).

Quando, no projeto, são adotados entre as estacas espaçamentos menores que os convencionados nas normas, ou quando a concretagem do fuste da estaca é executada com concreto plástico, a execução requer que todas as situadas em um círculo de raio igual a seis vezes o diâmetro da estaca tenham sido concretadas há pelo menos 24 horas,

causando um impacto considerável no aumento do prazo da fundação do projeto. Por isso, além de um bom gerenciamento, um bom projeto é essencial, para a redução do prazo (cronograma) total. Mas para este trabalho, devido às dimensões do bloco de coroamento, deverá ser respeitada esta “defasagem” (*lag*) no planejamento (cronograma) da construção das estacas.

Os procedimentos de confecção do fuste apilado compreendem o lançamento do concreto consecutivamente no tubo, em volume determinado para cada diâmetro da estaca. Para o diâmetro de 400 mm, lançam-se 70 litros que, em seguida, são apilados por meio do pilão de queda, ao mesmo tempo em que se procede à extração do tubo (MONTEIRO,1996).

O concreto a ser usado deverá ser um concreto seco com fator água/cimento da ordem de 0,45 com o seguinte traço (MONTEIRO,1996):

- 1 saco de cimento (50,0 kg);
- 90 litros de areia;
- 80 litros de brita 1;
- 60 litros de brita 2.

Após a execução da concretagem do fuste, deve ser dado o preparo da cabeça da estaca, pois o excesso de concreto em relação à cota de arrasamento de projeto da estaca deverá ser demolido.

4.3. Aplicação das Práticas Gerenciais de Projetos pelo *Software Primavera P3e*

As entradas (*inputs*) do sistema são baseadas nas principais fases de planejamento para a elaboração da rede do bloco, assim como para todo o projeto:

1. Definir o que é o projeto e sua EAP;
2. Dividir a EAP do projeto em atividades;
3. Identificar a lógica da seqüência que existe entre as atividades;
4. Montar a rede do projeto;
5. Determinar a duração de cada atividade ;
6. Elaborar o cronograma para programação do projeto;
7. Determinar o caminho crítico;
8. Determinar o tipo e a quantidade de recursos necessários para cada atividade;

4.3.1. Estrutura Analítica de Projetos (EAP) do Bloco de Coroamento

No desenvolvimento do processo executivo do projeto há a necessidade de se gerenciar uma equipe multidisciplinar que atuará em atividades que visam à busca por informações que serão transformadas em especificações e técnicas de execução dos trabalhos no canteiro. Desta forma, a elaboração da maioria dos projetos é muito complexa e há a necessidade de uma abordagem gerencial com ênfase no controle e melhoria dos processos. As atividades podem ser planejadas e controladas com o detalhamento das etapas por meio da aplicação da EAP do projeto, ou WBS - Divisão da Estrutura do Projeto (*Work Breakdown Structure*), promovendo uma estrutura para as atividades de planejamento, programação, estimativas de tempos, seqüenciamento dos trabalhos do projeto, etc.

A forma estruturada e hierárquica da EAP permite uma visualização sistêmica do projeto, sendo que a decomposição do trabalho traz benefícios ao processo entre eles: uniformidade de tratamento em qualquer nível do projeto; possibilidade de terceirizar tarefas ou desenvolvê-las em outros locais; conexão explícita, clara e desejável ou relacionamento técnico das equipes das diversas tarefas por meio das interfaces das respectivas partes físicas do produto e racionalização da documentação para cada parte do projeto. Com o uso da EAP, o projeto é dividido em atividades discriminadas em diversos níveis de decomposição. Os primeiros níveis são geralmente utilizados em relação a compromissos contratuais, relatórios, prazos, orçamentos, etc. Os desdobramentos dos níveis mais detalhados (abaixo) são utilizados para efeito de controle interno.

No *Primavera P3e*, a EAP se apresenta como um arranjo hierárquico dos produtos e serviços produzidos durante e por um projeto, apresentando as seguintes características:

- Cada Projeto tem uma única hierarquia de EAP;
- O Gerenciador de Projetos configura o nível raiz da EAP igual ao ID e nome do projeto;
- Elementos dentro da EAP têm um relacionamento de origem, o que significa que o planejador pode resumir as informações de níveis mais inferiores;
- Elementos da EAP podem ser usados para alocar responsabilidade;
- Por definição, o Gerenciador de Projetos agrupa atividades, acompanha custos e monitora dados de programação de acordo com a EAP;
- Permite que o planejador divida um projeto em pequenas partes, seguindo uma lógica coerente com a finalidade de planejamento e controle.

A EAP pode ser visualizada de duas formas, a primeira como diagrama de blocos (*chart view*) Figura 4.5, abaixo; e a segunda, como Quadro de EAP (*WBS table*), sendo esta última mais utilizada devido à a sua facilidade de endentação.

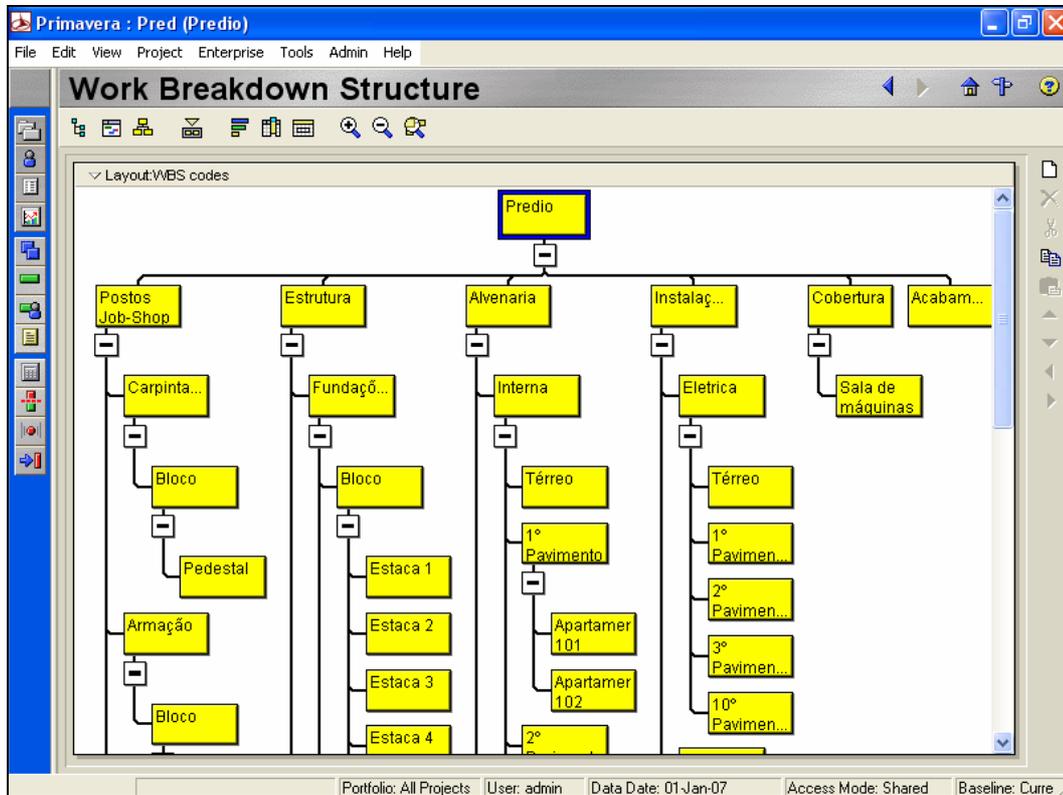


Figura 4.5 - Diagrama de blocos (*chart view*).

WBS Name	Total Activities	Indicador
Predio	122	
Postos Job-Shop	78	
Carpintaria	12	
Armação	36	
Bloco	36	
Usina de concreto	30	
Estrutura	44	
Fundações	44	
Bloco	44	★
Estaca 1	9	★
Estaca 2	9	★
Estaca 3	9	★
Estaca 4	9	★
Bloco de Coroamento	8	★
Cintas	0	
Estrutura Superior	0	
Alvenaria	0	
Interna	0	
Térreo	0	
1º Pavimento	0	
Apartamento 101	0	
Apartamento 102	0	

Figura 4.6 - Quadro de EAP (WBS table).

4.3.2. Definição das atividades da EAP

Com as informações do escopo, o planejador inicia o desdobramento do projeto em tarefas de níveis mais detalhados. O detalhamento continua ao nível em que pacotes de trabalho sejam identificados e que cada tarefa possa ser planejada, orçada, programada, monitorada e controlada. Em cada pacote de trabalho identificam-se dados relevantes, como a duração da tarefa, as tecnologias ou conhecimentos a serem utilizados; o pessoal e as organizações responsáveis; os equipamentos e materiais; os fornecedores, etc.

Assim, o Quadro de Atividades desenvolvido possibilita ver os dados do projeto em formato de planilha, podendo modificar as colunas exibidas para atender às necessidades do projeto. Quando, na janela de Atividades, se adiciona uma nova, esta atividade criada deve ser associada a um elemento da EAP, conforme Figura 4.7, abaixo.

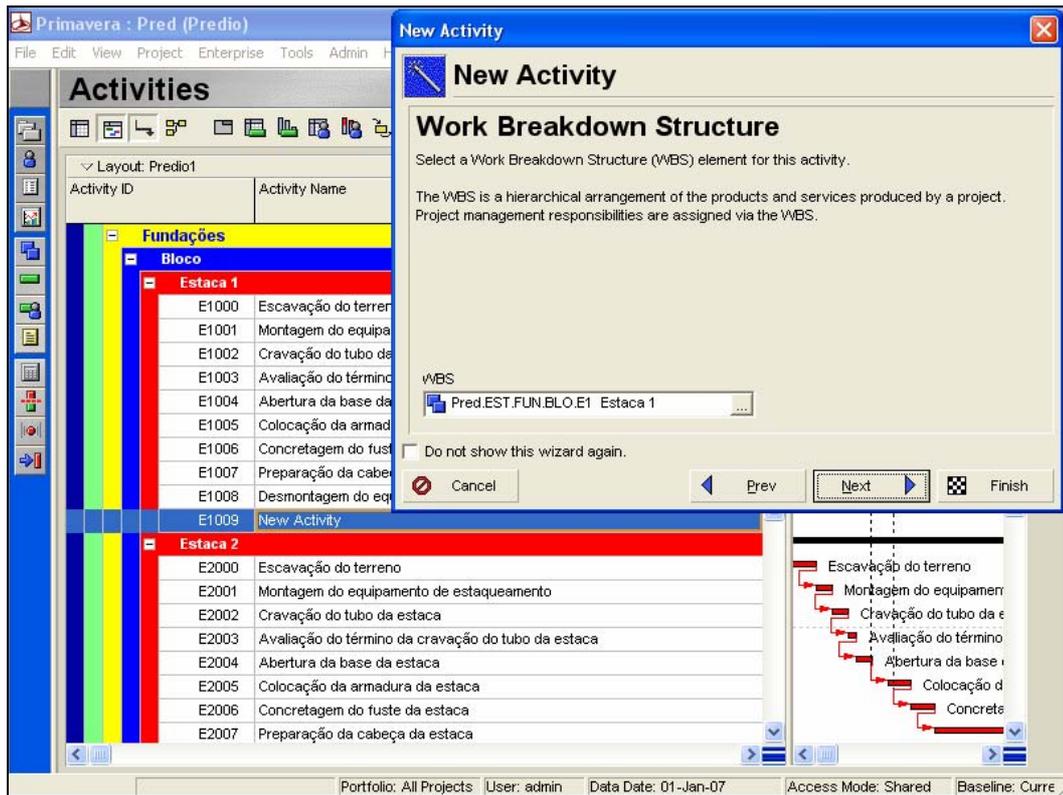


Figura 4.7 - Quadro de Atividades em formato de planilha.

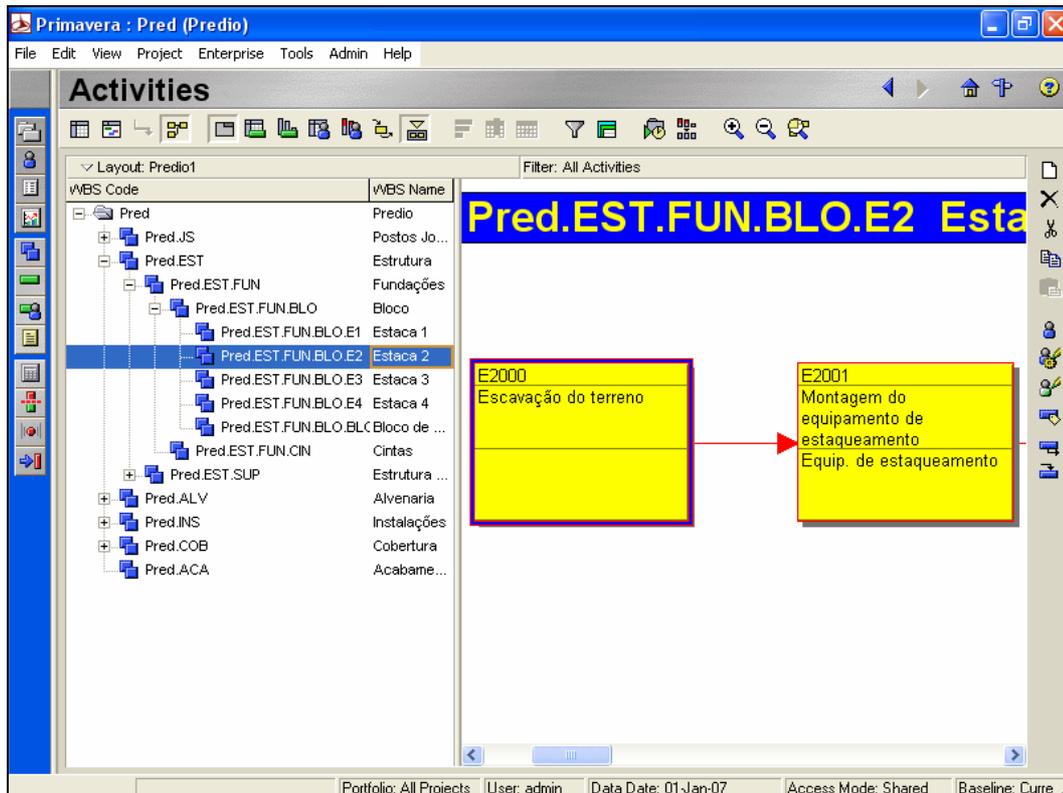


Figura 4.8 - Atividades em formato de blocos de rede.

A tela de informações na Janela de Atividades pode ser personalizada. Detalhes de Atividades exibem informações detalhadas para a atividade selecionada (Figura 4.8, acima), facilitando a inserção e edição das informações sobre as atividades (Figura 4.9, abaixo).

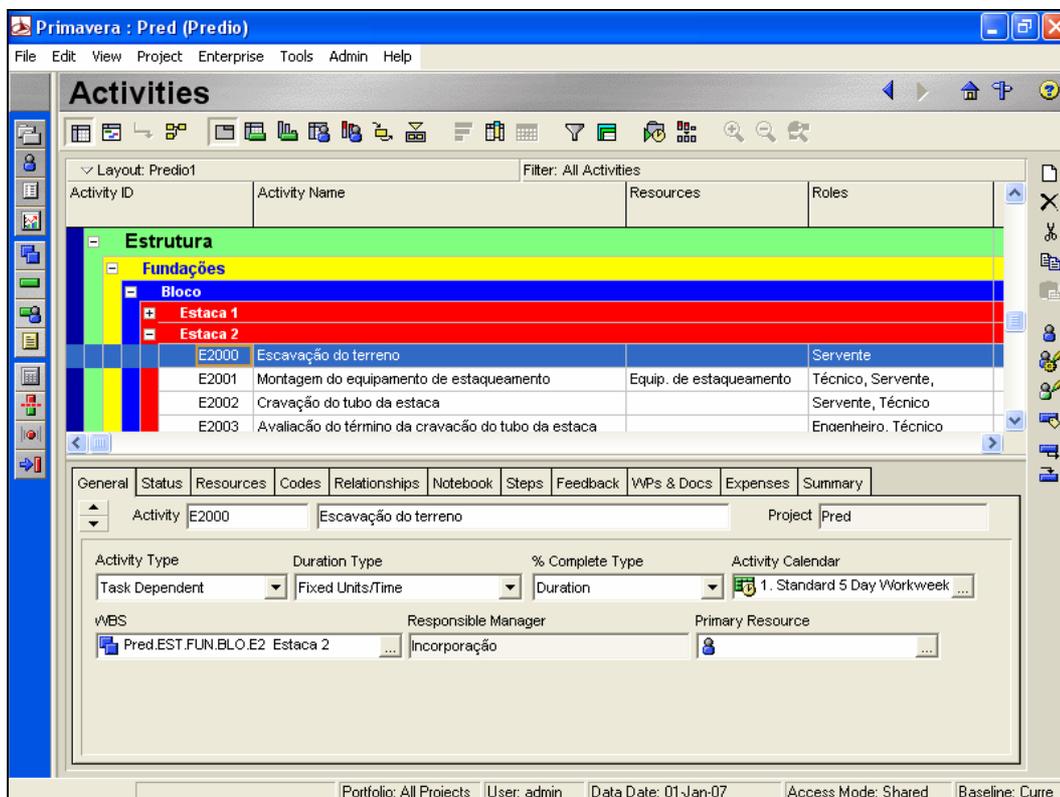


Figura 4.9 - Detalhes das Atividades

4.3.3. Determinação dos relacionamentos lógicos entre as atividades

Definidos a EAP e as atividades no projeto, é necessário determinar a seqüência de atividades, criando relacionamentos lógicos para o cálculo da programação posterior, conforme Figura 4.10, na página seguinte.

Um diagrama de rede lógica é uma representação de todas as atividades no projeto mostrando suas dependências de relacionamentos. Esta rede de atividades é útil quando o planejador definir sua seqüência - elas se apresentam graficamente - facilitando a compreensão da lógica do processo. No sistema *Primavera P3e*, pode-se criar, modificar ou rever os relacionamentos das atividades em vários níveis de detalhe.

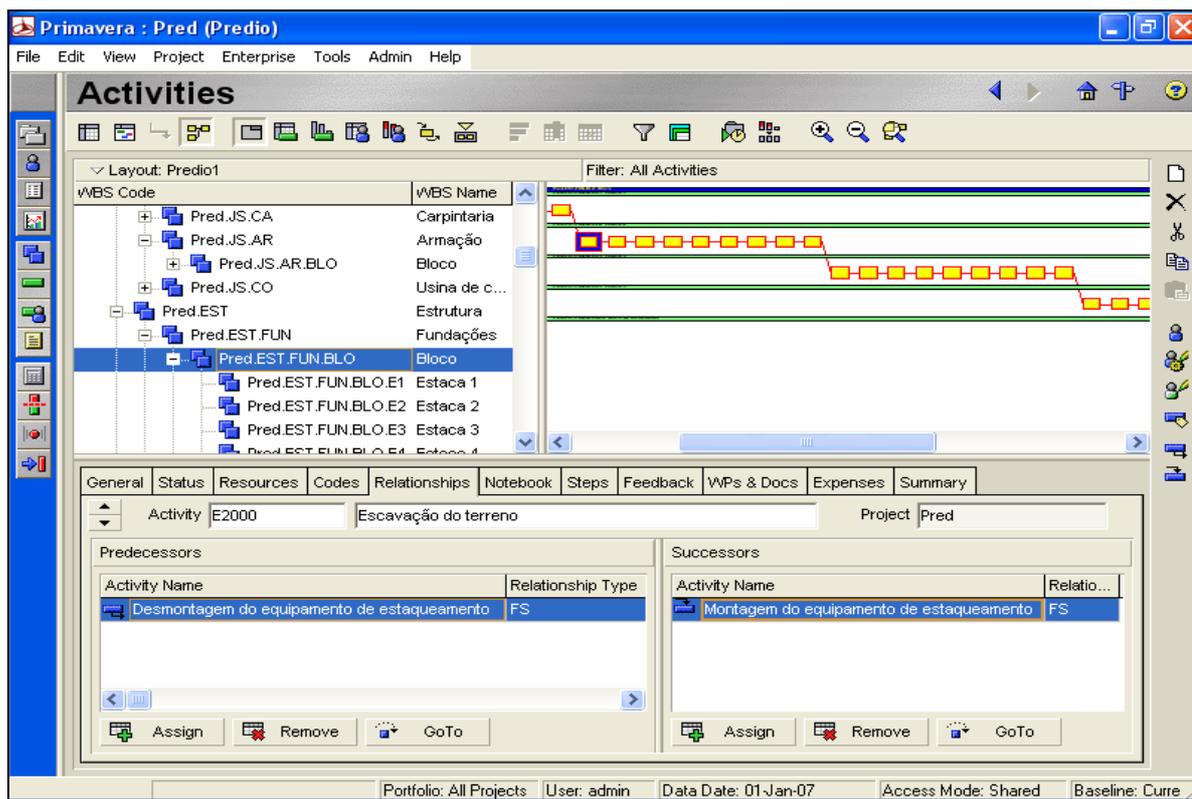


Figura 4.10 - Relacionamentos lógicos entre atividades

O planejador pode criar vários tipos de relacionamentos entre duas atividades, sendo utilizadas em técnicas de redes as: “término para início” (FS), “término para término” (FF), “início para início” (SS) e “início para término” (SF), conforme Figura 4.11, a seguir.

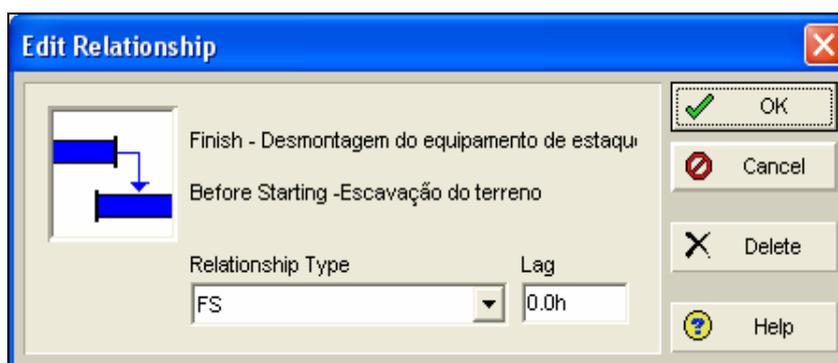


Figura 4.11 - Exemplo dos tipos de relacionamentos.

4.3.4. Rede do projeto

Efetuada a EAP, deve-se consolidar o cronograma, sendo previamente necessário determinar as durações das tarefas e o seu seqüenciamento de execução de maneira racional, dispondo-as na melhor ordem para a execução do projeto. Tal responsabilidade cabe ao planejador do projeto ou à sua equipe de métodos e processos envolvidos nos

detalhamentos dos pacotes de trabalhos. Desta forma, procura-se o relacionamento entre as tarefas e consideram-se as precedências e condicionantes existentes para se obter a rede de precedência. A rede do projeto mostra o encadeamento das tarefas na forma exeqüíveis, considerados os tempos de duração das tarefas, respeitadas as precedências e as restrições do processo construtivo.

Os relacionamentos definidos entre as atividades e seu fluxo lógico no projeto podem ser apresentados pela Rede de atividades definida pelo *Primavera P3e*, conforme Figura 4.12, abaixo.

- Painel esquerdo – Exibe a hierarquia da WBS;
- Painel direito – mostra uma vista gráfica do fluxo de atividades.

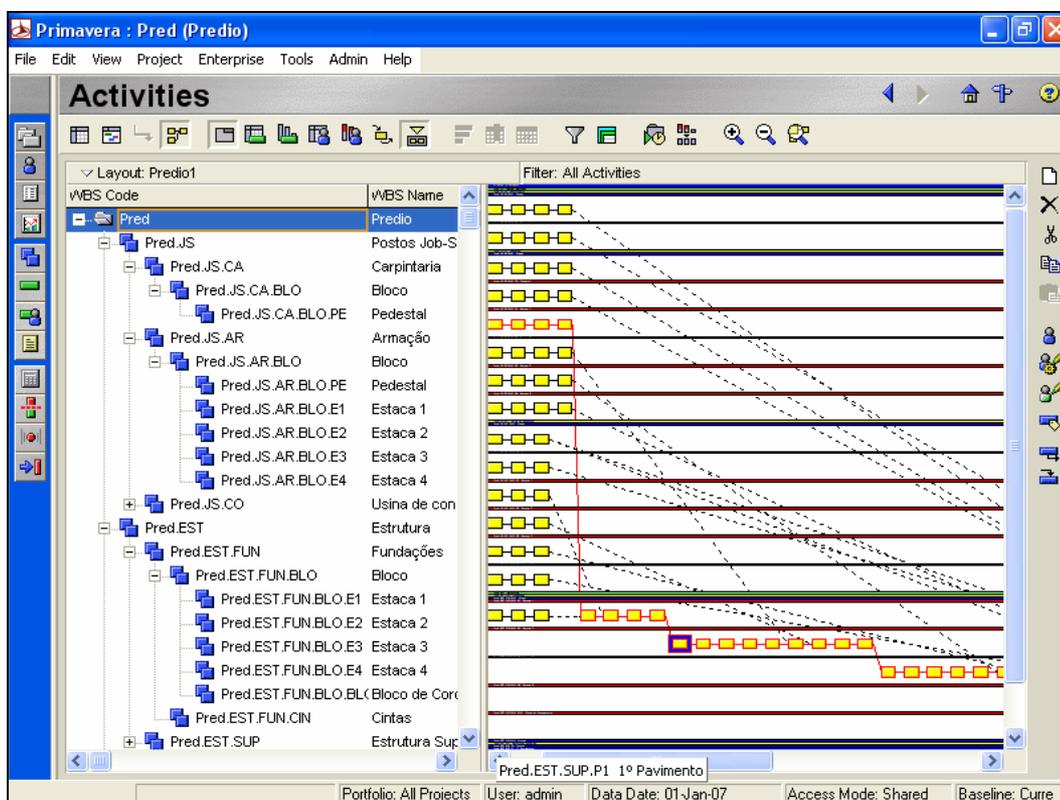


Figura 4.12 - Rede do Projeto

Pode-se também ver e modificar relacionamentos na Quadro de Atividades e no Diagrama de Barras, conforme Figura 4.13, na próxima página.

- Painel esquerdo (Quadro de Atividades) – exibe as colunas de Predecessoras e Sucessoras;
- Painel direito (Diagrama de Barras) – o ícone Linhas de Relacionamentos  na Barra de Ferramentas serve para alternar as linhas de relacionamento em ligado e desligado.

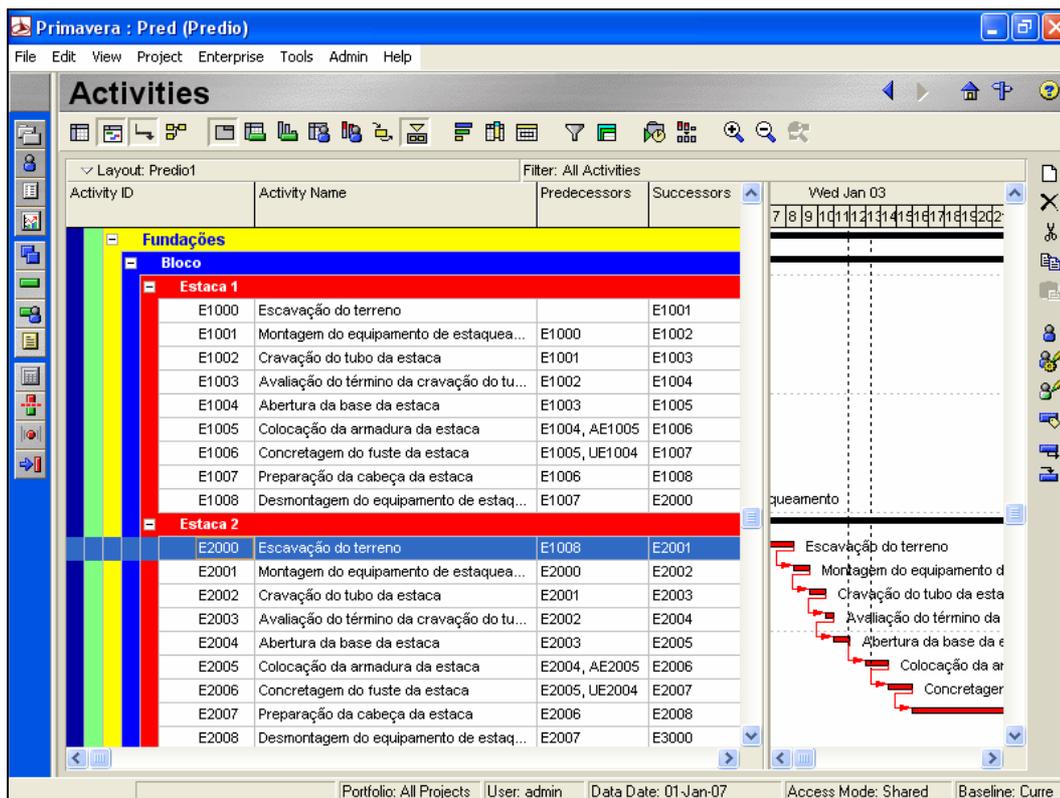


Figura 4.13 - Rede pela Quadro de Atividades e no Diagrama de Barras.

4.3.5.Determinação das durações das atividades

A estimativa de duração da atividade para este trabalho utiliza as ferramentas e técnicas contidas no PMBOK (PMI, 2004). Pode ser dada pela opinião especializada, orientada pelas informações históricas ou por uma estimativa análoga da duração. Atualmente, a técnica mais utilizada é a estimativa de três pontos – que se baseia na determinação de três cenários: Mais Provável, Otimista e Pessimista, sendo construída usando-se uma média das três durações estimadas.

Um método similar a esse é o método PERT, onde a estimativa de duração para cada atividade é determinada por uma ponderação.

$$T = (\text{otimista} + 4 \times \text{provável} + \text{pessimista}) / 6 \quad (4.1)$$

Após determinado o tempo (duração) médio T de cada atividade, aplica-se o algoritmo do Método do Caminho Crítico (CPM) para a determinação da duração do projeto.

Para a utilização do método CPM, deve-se determinar uma única duração para cada atividade e, posteriormente, desenvolver-se o cronograma do projeto propriamente dito, com as datas planejadas de início e término das atividades.

4.3.6. Desenvolvimento do cronograma para programação do projeto

A programação não é uma tarefa simples, exige alto grau de detalhamento. Este trabalho pode ser realizado de forma automática, com rapidez e segurança, com o uso de *softwares* computacionais que tratam do planejamento e controle de projetos. Neste trabalho, utilizamos o *software Primavera P3e*, pois este *software* registra as tarefas segundo a EAP, os insumos, prazos e restrições, tornando-se uma ferramenta indispensável para o desenvolvimento do SIG de todo o projeto.

As relações de precedência são geradas pelo Método do Diagrama de Precedência (MDP), favorecendo a emissão de relatórios necessários, em várias formas de apresentação, requisitados por qualquer usuário do sistema da base de dados do projeto.

Quando se calcula um projeto, o Gerenciador de Projetos *Primavera P3e* calcula as datas das atividades (datas mais cedo e mais tarde) de acordo com as durações e a lógica. Embora se tenha estabelecido relacionamentos no projeto, as atividades ainda não foram colocadas no tempo de acordo com seus relacionamentos, conforme Figura 4.14, abaixo. São definidas nesta fase os prazos de todas as fases do projeto, como demonstrado na Figura 4.15, na próxima página.

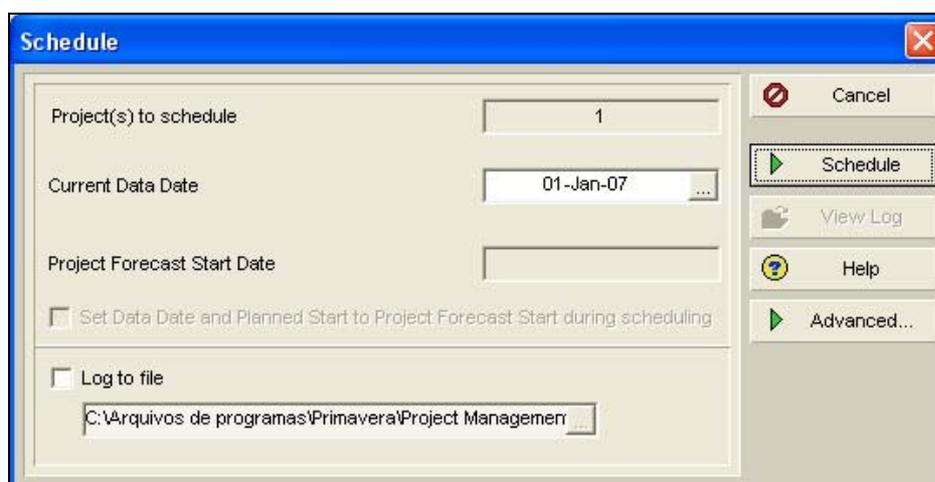


Figura 4.14 - Cálculo da programação.

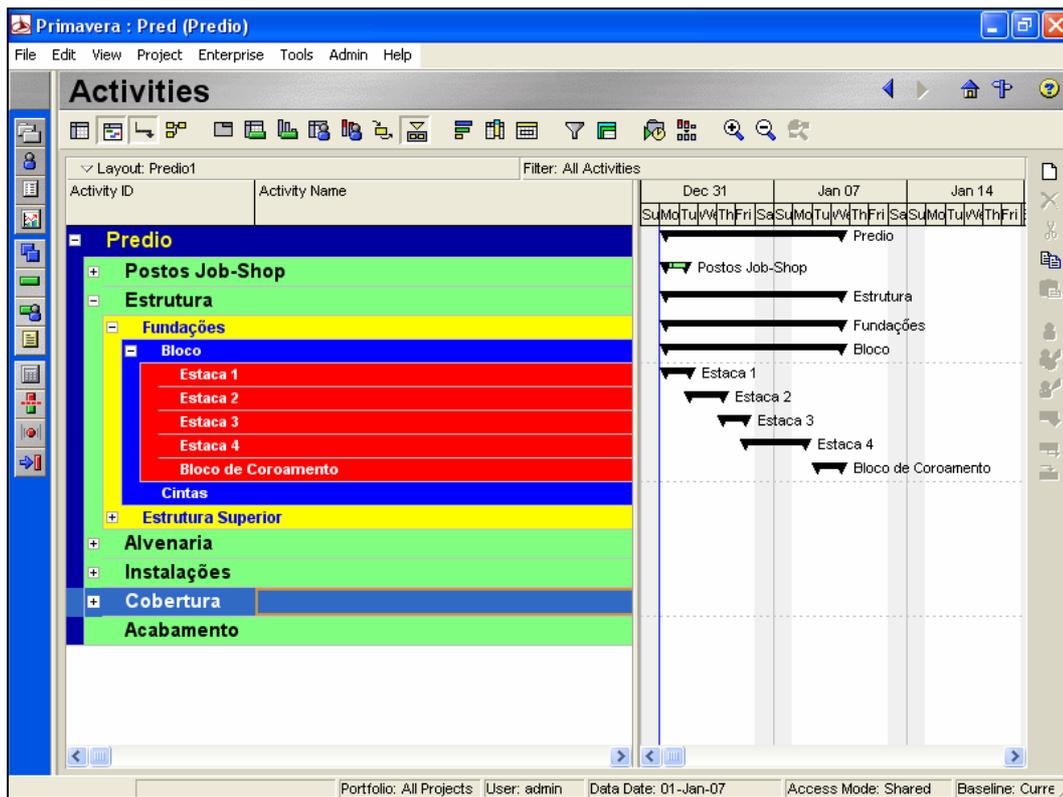


Figura 4.15 - Sumário das atividades programadas.

4.3.7. Determinar o caminho crítico

As datas calculadas de início e término mais cedo, e de início e término mais tarde, podem ou não ser as mesmas em qualquer caminho de rede, pois a folga total que fornece a flexibilidade do cronograma pode ser positiva, negativa ou nula. A flexibilidade do cronograma é medida pela diferença entre as datas mais tarde e mais cedo (folga total). Os caminhos críticos têm uma folga total nula ou negativa.

Quando a folga total de um caminho de rede for positiva, então a folga livre poderá ser determinada, isto é, teremos a data mais tarde (*late date*) cronologicamente maior que a data mais cedo (*early date*). Assim, o planejador do projeto terá esta folga para ordenar as entregas e os serviços no canteiro de obra. As atividades críticas – pertencentes ao Caminho Crítico – não poderão ter os serviços atrasados, pois isto implicará no aumento do prazo de conclusão da obra. O fato de ter um Caminho Crítico implica em ter Caminhos não Críticos, possuidores destas folgas (horas ociosas de trabalho), pois o planejamento da construção incorpora perdas.

Assim, o uso do método CPM para o cálculo da Programação para Frente (*Forward Scheduling*) – geradora das datas mais cedo e a Programação para Trás (*Backward Scheduling*) – geradora das datas mais tarde, permite ao planejador definir o uso dos recursos conforme as necessidades da obra dentro do período de tempo definido pela folga livre da atividade. As ferramentas JIT e MRP utilizam esta última programação para calcular

sua execução, eliminando o tempo ocioso e só disponibilizando os recursos no último momento. Assim, o JIT e o MRP se apresentam como ferramentas de suporte à eliminação dos desperdícios.

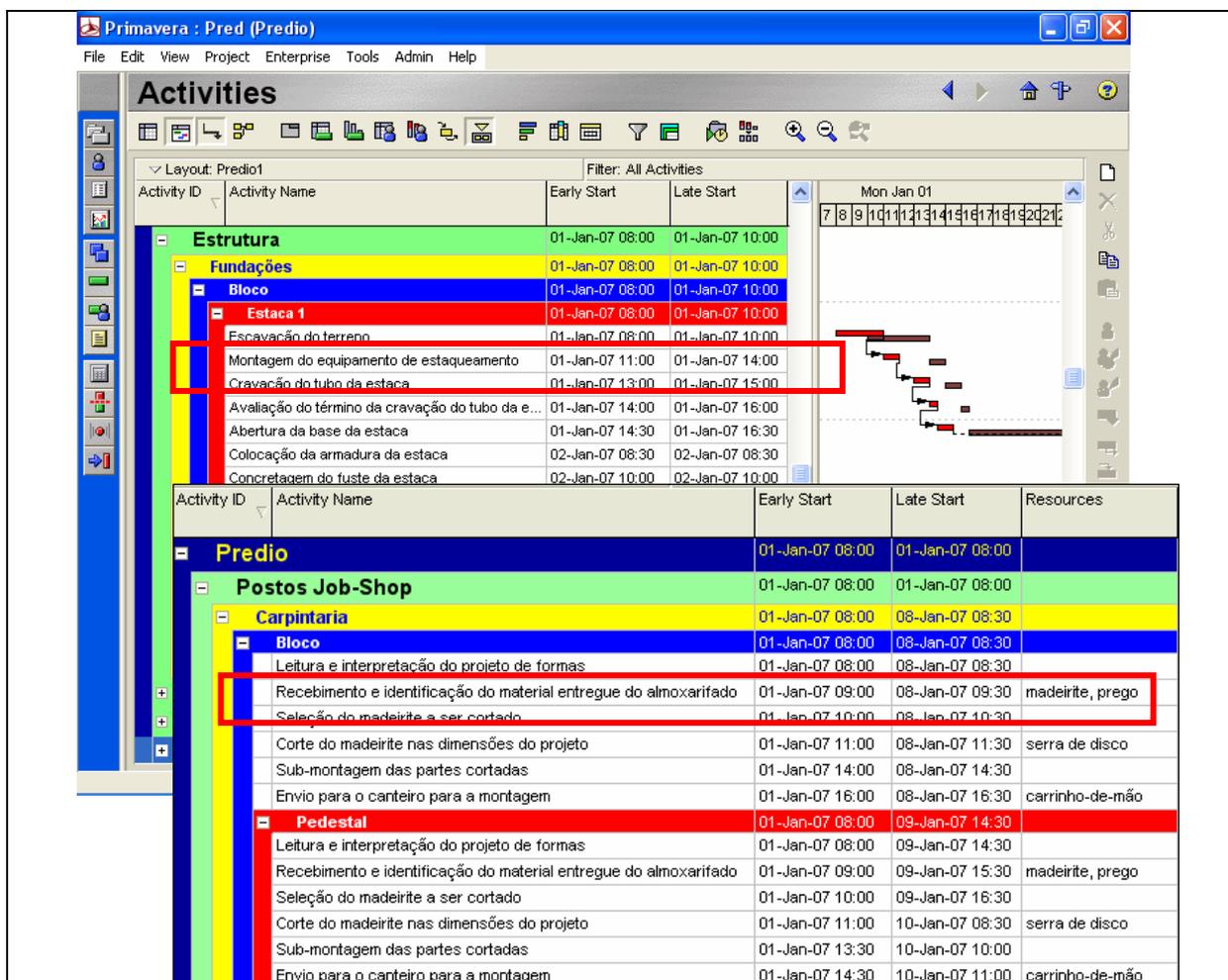


Figura 4.16 - Cálculo da Programação para frente e para Trás

Por exemplo, a atividade de Montagem do equipamento de estaqueamento apresenta uma folga positiva de 3 horas, isto é, a data mais cedo de início (*Early Start*) é dia 01 de janeiro de 2007, às 11h00min, e a data mais tarde de início (*Late Start*) é dia 01 de janeiro de 2007, às 14h00min (Figura 4.16, acima), dando uma flexibilidade ao JIT na organização e entrega dos materiais para as frentes de trabalho no canteiro. No que se refere às entregas dos materiais por parte dos colaboradores (fornecedores) aos postos *Job-Shops*, possibilita-se ao planejador do projeto requisitar o material - madeirite e prego - necessários para a execução das formas (atividade de recebimento e identificação do material entregue do almoxarifado) ao seu fornecedor entre os dias 01 e 08 de janeiro de 2007.

Pelas premissas do JIT, estes recursos somente deverão ser entregues na obra no dia 08 de janeiro, evitando-se o acúmulo de estoques na obra e respeitando-se o fluxo organizacional das operações no canteiro, além de se evitar o custo de manutenção dos estoques no almoxarifado e de se favorecer o plano financeiro da construtora, devido ao desembolso tardio referente ao pagamento das faturas dos fornecedores.

4.3.8. Determinar o tipo e a quantidade de recursos necessários para desenvolver cada atividade

Para a gestão dos recursos pelo sistema *Primavera P3e*, primeiramente definiu-se o “Dicionário de Recursos” do P3e – que contempla uma janela que contém informações sobre todos os recursos dentro da empresa. Estes recursos são distribuídos por todo o projeto, permitindo um gerenciamento centralizado. Usam-se os Detalhes de Recursos para adicionar, ver e editar informações detalhadas, possibilitando que o planejador entre com informações gerais sobre o recurso selecionado, incluindo o ID do recurso, nome, ID empregado, título, endereço de e-mail, número do telefone do escritório e situação, conforme Figura 4.17, a seguir.

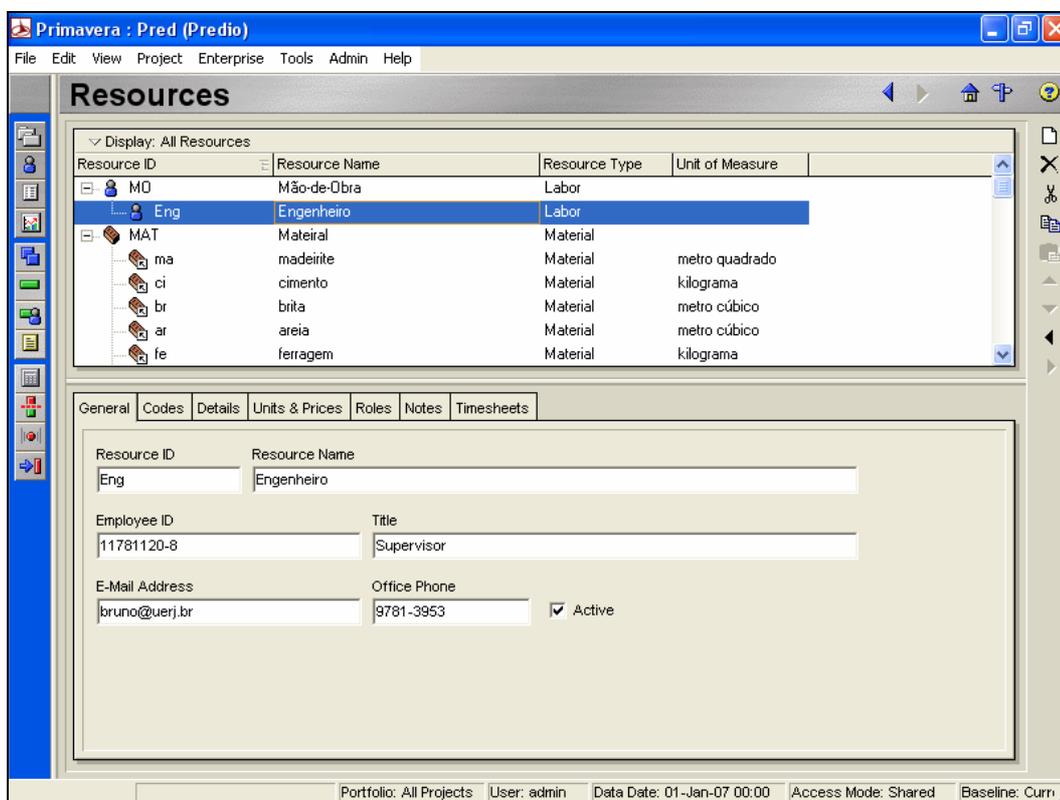


Figura 4.17 - Dicionário de Recursos.

Porém, os recursos administrados não se limitam a pessoal, sendo divididos em três tipos: Mão-de-obra (*labor*), Material (*material*) e Equipamentos (*nonlabor*), vistos na Figura 4.18, abaixo, ressaltando-se nesta dissertação apenas a gestão dos recursos Materiais. Para a administração destes materiais, o SIG (*Primavera*) possibilita também que o planejador configure os preços e disponibilidades de acordo com o tempo, variáveis importantes para a aplicação da técnica do *Last Planner*.

Por exemplo: o fornecedor de Madeirite, devido a condições climáticas, só teria o material disponível para entrega a partir do dia 25 de janeiro de 2007. Tal restrição acarretará atraso da execução das atividades relacionadas a este recurso na respectiva fase da obra e, conseqüentemente, no prazo final do projeto, caso estas atividades sejam do caminho crítico, como já demonstrado na Figura 4.16, acima.

The screenshot displays the 'Units & Prices' configuration window for a resource named 'Madeirite'. The 'Resource Type' is set to 'Material'. The 'Unit of Measure' is 'm2'. The 'Currency' is 'Dollar'. The 'Overtime Allowed' checkbox is unchecked, and the 'Overtime Factor' is 0.0. The 'Profile' section shows the 'Calendar' as '1. Standard 5 Day Workweek' and 'Default Units / Time' as '1m2/h'. The 'Auto Compute Actuals' and 'Calculate costs from units' checkboxes are checked. A table below the main configuration shows the 'Effective Date' as '25-Jan-07 00:00', 'Max Units / Time' as '1m2/h', and 'Price / Unit' as '\$6.00/m2'. A red arrow points from the 'Material' radio button to the 'Units & Prices' tab.

Effective Date	Max Units / Time	Price / Unit
25-Jan-07 00:00	1m2/h	\$6.00/m2

Figura 4.18 - Detalhes do recurso com o preço e disponibilidades do recurso Madeirite

Após o primeiro passo no gerenciamento de recursos do *Primavera P3e* - definir recursos - o passo seguinte é de alocar os recursos das atividades do projeto, como na Figura 4.19, subsequente.

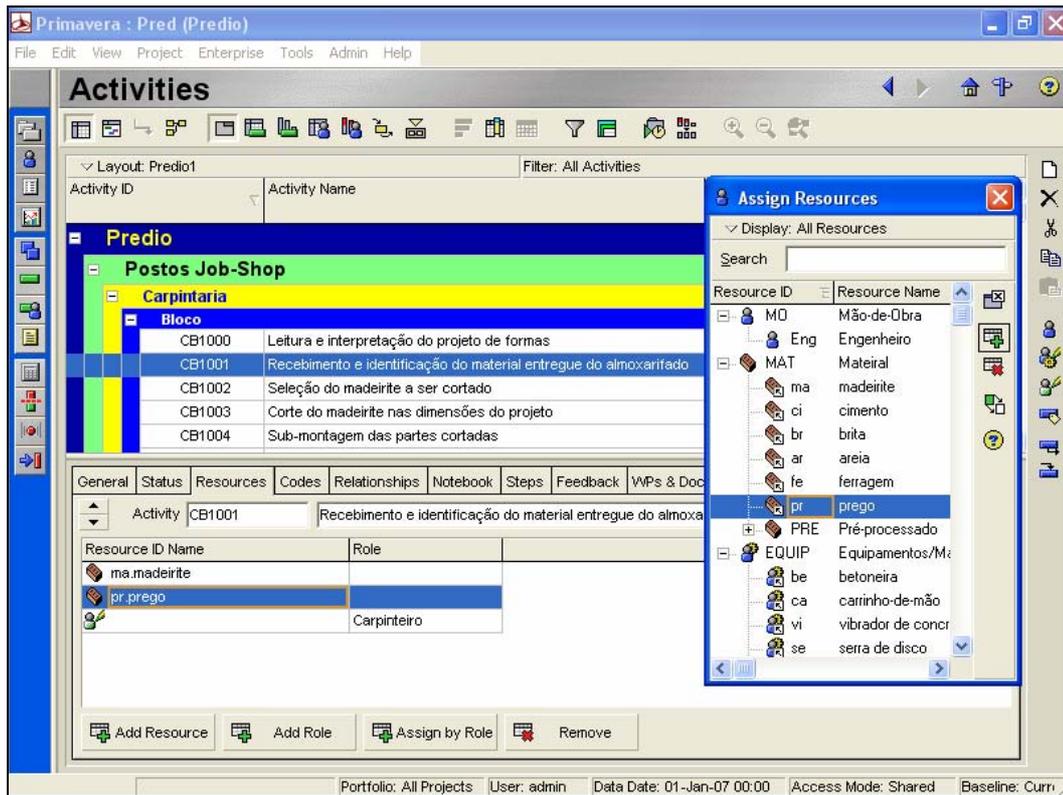


Figura 4.19 - Alocação dos recursos nas atividades do projeto.

A análise e exibição de um recurso alocado em uma atividade são dadas pelo uso da Planilha de Recursos, permitindo focalizar exatamente em que atividades um recurso está empregado. Se o planejador quiser analisar o recurso no *Primavera*, dois Quadros serão vistos, como na Figura 4.20, em seguida.

- Painel à Esquerda – mostra a hierarquia dos recursos;
- Painel à Direita – mostra as atividades para as quais foram alocados os recursos selecionados correntemente no painel à esquerda.

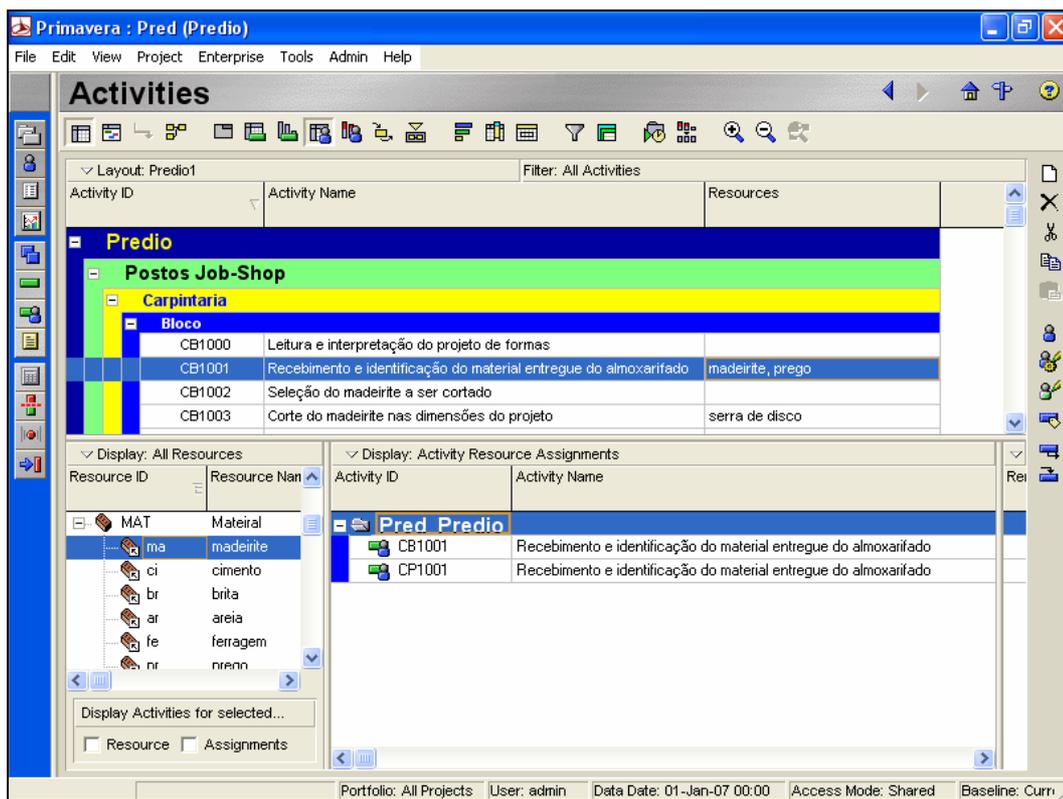


Figura 4.20 - Planilha de recursos.

Após essa análise, o planejador tem informações exatas sobre o período de tempo em que necessitará do material no canteiro da obra. Por exemplo, o material Madeirite é necessário para a execução das atividades cujo código identificador é CB1002 e CB1003 (Figura 4.20, acima), as quais serão executadas nas datas dentro de um intervalo de tempo. Estas datas podem ser confrontadas com o sistema MRP da edificação, via *e-mail* ou *extranet*, enviando-se uma lista de material a ser comprado (ordem de compra) para o fornecedor.

4.4. Administração da Produção da Construção

O planejamento em redes apresenta também um grande número de desvantagens, quando se analisa sua lógica à luz dos conceitos de Administração de Operações aplicadas no setor da construção. Bernardes (2001) destaca as seguintes deficiências existentes nas técnicas de planejamento em redes:

- necessidade de especialistas para gerar ou alterar o plano da obra;
- dificuldade de aplicação da técnica pela variabilidade das durações das atividades e falta de precisão na estimativa de atividades e recursos;

- dificuldade de se assegurar a continuidade das operações de canteiro, visto que a técnica focaliza mais as restrições tecnológicas do que as restrições de recursos;
- incompatibilidade com o processo produtivo da construção, visto que a técnica é aplicável a processos que envolvem montagens de componentes, exigindo, portanto, um seqüenciamento bem detalhado das operações envolvidas, o que em geral não acontece durante determinadas fases da construção, nas quais a seqüência de execução de atividades não é rígida;
- dificuldade dos profissionais encarregados do gerenciamento da construção em entender a complexidade das redes; e,
- dificuldade de se explicitar atividades de fluxo de produção.

Bernardes (2001) ainda não resume o planejamento em redes como única forma de planejamento dos projetos de construção, ele defende a aplicação em conjunto das técnicas de Administração da Produção para o planejamento e controle de obras civis, buscando o balanceamento dos recursos e estabilização do fluxo de produção do canteiro.

4.4.1. Aplicação das ferramentas e técnicas para controle externo

Para a aplicação das ferramentas e técnicas para controle externo, é conveniente que seja aplicada a estratégia usada para logística externa, como observado na revisão bibliográfica do Capítulo 2. Compreende as entregas realizadas dentro do prazo pelo fornecedor, assim como as entregas devolvidas, parciais ou integralmente, o recebimento de produto de acordo com as especificações de qualidade e validade, o atendimento do pedido e o tempo de entrega do fornecedor. No contexto de entregas, a logística externa precisa de uma análise de prioridade como a Gestão da Cadeia de Suprimentos - *Supply Chain Management* (SCM), pois se deve verificar a estrutura de fornecimento de materiais de cada fornecedor envolvido no empreendimento devido à demanda da obra.

No planejamento, e por meio do SIG Integrado do projeto, pode-se realizar um melhor relacionamento entre a construtora e seus fornecedores, bem como no processo que envolve esse relacionamento. Seus objetivos básicos são permitir um processo de compras eficiente e racionalizado, permitindo o controle das especificações, preços e ordens de compras, além dos próprios fornecedores. Esses sistemas auxiliam comparações analíticas entre fornecedores e entre produtos, pois dentro do Sistema de Apoio à Decisão (SAD), proporcionam aos tomadores de decisão informações sobre o que comprar e de quem (fazer o pedido).

4.4.1.1. Tempo de Ciclo de Pedido

A estratégia para redução dos prazos da obra deste trabalho é baseada no tempo e se caracteriza pelo atendimento da redução do tempo do Ciclo do Pedido, e deve ser implementada nas atividades do processo produtivo importantes para a obra, após análise dos fluxos da construtora. A redução do tempo do Ciclo do Pedido deve ser alcançada, tanto se diminuindo o tempo médio de entrega do produto na obra, quanto aumentando a confiabilidade dos prazos negociados.

O Planejamento e o Controle da Construção estão intimamente ligados ao sucesso do empreendimento. Assim uma boa metodologia de planejamento, um mapeamento dos ciclos de pedidos entre a obra e os fornecedores baseado na Razão P:D e um adequado acompanhamento do fluxo produtivo aumentarão a confiabilidade dos fornecedores, regularizando o prazo de entrega dos materiais e, conseqüentemente, reduzindo o tempo do Ciclo do Pedido esperado ,devido à coordenação dos esforços.

O fornecedor, de posse do pedido feito pela obra com base no MRP do empreendimento - esse deve gerar também planos detalhados para cada centro produtivo, aqui denominado de posto de trabalho *Job-Shop* - define um sistema integrado de planejamento capaz de favorecer o controle do ciclo de produção com as programações detalhadas de produção dos postos de trabalho *Job-Shop*. A programação da produção indica, para cada pedido dentro do intervalo de planejamento, seus tempos de início e término, bem como os recursos necessários para seu processamento. Dessa forma, a programação de produção determina um seqüenciamento no quais todos os pedidos serão processados, visando à entrega do material dentro do prazo estipulado. É exatamente nesse ponto que os *softwares* de MRP mais auxiliam a Gestão da Cadeia de Suprimentos.

A programação de produção realizada por esses sistemas é baseada em modelos de produção. Os modelos são estruturados em função das características do sistema produtivo de cada fornecedor, verificando-se os tempos de fabricação, regras de prioridade, tamanho de lotes e custos envolvidos, bem como as informações acerca do que deve ser produzido, a quantidade de cada produto e a data-limite de entrega imposta pelo planejamento da obra. Este processo de atendimento da demanda da obra determina a data prometida de entrega para os pedidos e, portanto, influencia fortemente o *lead time* dos pedidos, bem como os indicadores de pontualidade de entrega dos mesmos. Para esta metodologia, é importante a geração de datas de entrega de forma rápida e confiável.

O planejamento da produção é o instrumento que permite à construtora planejar e desenvolver eficientemente a logística entre a obra (comprador) e as entregas (fornecedor). As informações nele contidas subsidiam o cronograma, operação e verificação das atividades logísticas na construção de edifícios (abastecimento, armazenagem,

processamento e disponibilização de recursos materiais), informando quando, onde e como as atividades de produção serão realizadas, indicando a quantidade de insumos a ser utilizada em cada etapa, permitindo a programação da mão-de-obra e auxiliando no desempenho do sistema de informações.

4.4.1.2. Aplicação do MRP à Cadeia de Suprimentos

A utilização de conceitos de Gestão da Cadeia de Suprimentos (GCS) em conjunto com *softwares* de MRP e de planejamento integram o SIG do projeto, que não possibilita apenas a tomada de decisões melhores, mas também permite que essas sejam tomadas mais rapidamente. Com o auxílio de ferramentas analíticas computacionais, o ciclo de planejamento pode ser realizado diariamente. Essas vantagens são conseqüências das duas principais características desse tipo de sistema:

- Possibilidade de planejamento integral de toda a cadeia de suprimentos, de uma rede de empresas fornecedoras até a obra;
- Otimização, por meio da definição de alternativas, objetivos e restrições para os vários problemas de planejamento, com base no uso de métodos de planejamento e de técnicas otimizadoras.

O MRP passa a sincronizar o fluxo de materiais ao longo de todo o ciclo de construção como o da cadeia de suprimentos, apoiado pelas informações referentes à capacidade de produção, disponibilidade de transporte, planejamento de suprimentos e políticas de estoque. Como conseqüência dessa sincronização, é possível obter-se uma redução dos níveis de estoque no almoxarifado pela introdução de conceitos do *Just-in-Time*, ocasionando um aumento no giro de materiais, principalmente em função da eliminação de estoques de segurança redundantes entre as atividades presentes no fluxo de materiais e oriundos de um sistema de planejamento não integrado.

A sincronização do fluxo de materiais é obtida por meio da definição, durante o planejamento, de todas as capacidades das entidades (fábricas de fornecedores, centros de distribuição, frota de veículos) que compõem a cadeia de suprimentos da obra estudada (Razão P:D).

4.4.2. Aplicação das ferramentas e técnicas para controle interno

Dentro do contexto de Planejamento e Controle da Produção (PCP) esta inserção de gerenciamento de projetos direciona estratégias de produção para o desenvolvimento de projetos e para a melhoria do sistema produtivo com base na eliminação dos desperdícios.

Para tais melhorias, é necessário investir na integração dos processos, por meio de uma base de dados única e centralizada, como os Sistemas de Gestão Integrada.

No caso particular desta dissertação, com foco na construção predial, esta integração é feita pelo Sistema de Informações Integrada (SIG) desenvolvido para o projeto e, ressaltando o manuseio das informações dos estoques e a possibilidade da informação em tempo real para o rastreamento de um determinado pedido, incrementada pela Tecnologia da Informação utilizada.

Com relação à logística de canteiro orientada pelo PCP, inúmeros benefícios podem ser sentidos, como um melhor mapeamento e, conseqüentemente, melhor desempenho do gerenciamento dos fluxos físicos ligados à execução, permitindo uma suavização dos problemas que ocorrem nas interfaces entre os diversos agentes durante o processo produtivo e redução do desperdício em função de um canteiro de obras mais organizado e sinalizado. Destaca-se a elaboração de um cronograma de execução das atividades com a organização da movimentação de materiais ordenada pelo JIT, facilitando enormemente o controle da atividade logística dentro do canteiro.

O *layout* do canteiro é muito diferente com o sistema JIT, já que o estoque é mantido entre as estações de trabalho e não totalmente nos almoxarifados. Dentre os principais tipos de *layout*, para o caso da construção predial, o de posição fixa torna-se mais apropriado por visar à programação por projeto. Porém com o uso do sistema JIT, faz-se necessário um *layout* funcional para se ter uma programação por *Job-Shop* para a produção das sub-montagens necessárias do projeto como um todo.

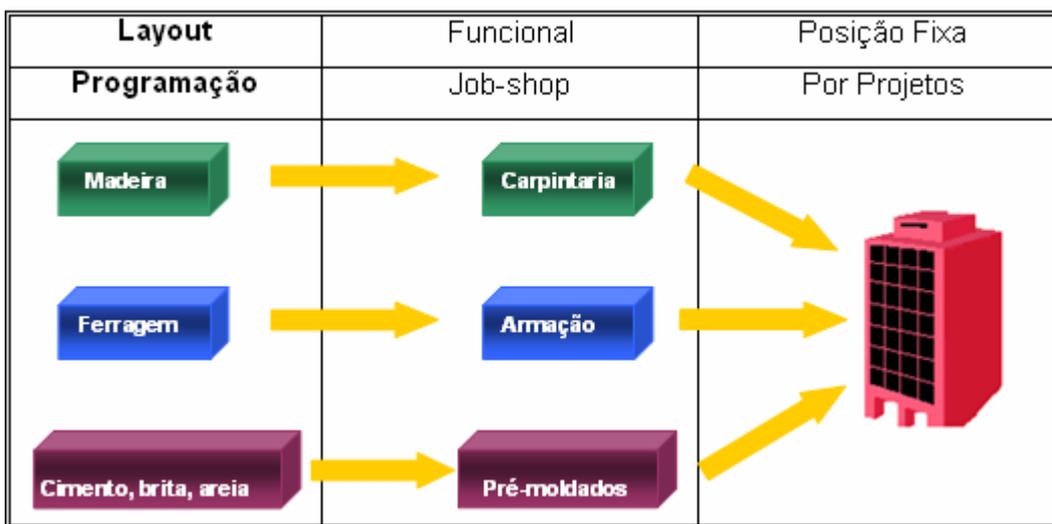


Figura 4.21 - Configuração do *Layout* versus Programação do Canteiro

O *Layout* por processo ou funcional aloca, além de operações ou montagens, todos os processos e os equipamentos do mesmo tipo na mesma área, tendo o material que se

deslocar buscando os diferentes processos. No *layout* por posição fixa, o material permanece fixo em uma determinada posição e os equipamentos e processos chegam até o local para a execução das operações necessárias.

O *layout* muitas vezes é desenvolvido após o conhecimento do tipo de programação do processo, dentre eles a programação *Job-Shop*, cujo objetivo é programar trabalhos ou ordens de produção, intermitentes e diversificadas, nas áreas pré-determinadas para a confecção de elementos construtivos modulares, tais como: armações, formas, elementos de concreto pré-moldado, etc. Esta programação respeitará sempre a programação do projeto, caracterizada como uma fabricação de um produto único: a edificação, como na Figura 4.21, acima.

Após a fase de recebimento dos materiais dos fornecedores para a obra (analisado nos itens anteriores de logística externa - GCS), dá-se a fase de seu pré-processamento nas estações de trabalho *Job-Shop*, para posterior aplicação na edificação propriamente dita, conforme a logística interna da construtora pelo JIT, Figura 4.22, abaixo. Os métodos de produção buscam a melhor programação da produção por meio de algoritmos otimizadores (tais como a Regra de Johnson), em função da minimização ou maximização de algum aspecto da produção, tais como: número de set-ups, total de ordens atrasadas e custos variáveis de produção visando, principalmente, à estabilização do fluxo construtivo da obra.

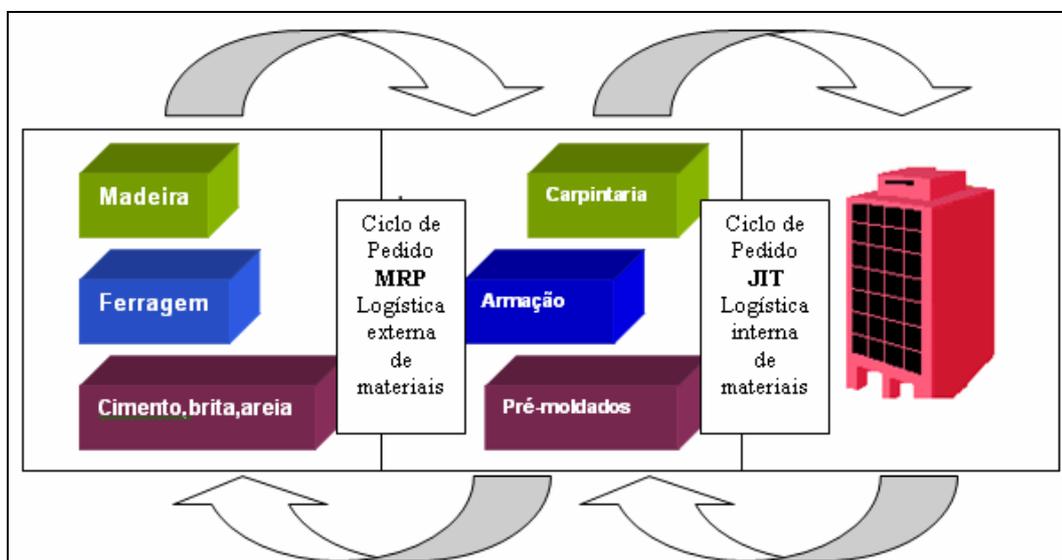


Figura 4.22 - Ciclo de Pedido x Ciclo de Entrega.

4.4.2.1. Fluxo produtivo nos Postos *Job-Shops*

O gerenciamento dos fluxos produtivos desses postos deve ser implantado levando-se sempre em consideração o fluxo total da obra. Entretanto, a chegada dos materiais ao

canteiro de obras é aleatória e terá o seu pré-processamento nos postos de programação *Job-Shop* (carpintaria, armação, etc.), os quais apresentarão seus fluxos próprios de fabricação. Posteriormente, serão alocados na construção do prédio propriamente dito. Os fluxos devem seguir o ritmo de construção do prédio, conforme Figura 4.22, acima.

O principal objetivo da organização do canteiro em frentes de trabalho, seguindo a programação *Job-Shop*, visa à racionalização para maiores produtividade, eficiência no trabalho e qualidade do produto com o melhor aproveitamento de recursos, considerando-se os procedimentos de execução durante as fases de projeto. Os princípios dessa racionalização estão baseados nas premissas da Administração da Produção, e compreendem: a) construção do elemento construtivo segundo uma determinada seqüência ótima; b) redução do número de operações do elemento construtivo; c) simplificação das etapas de fabricação do elemento construtivo; d) padronização de componentes; e) coordenação dimensional de componentes, f) racionalização do tempo do ciclo pela produção seriada.

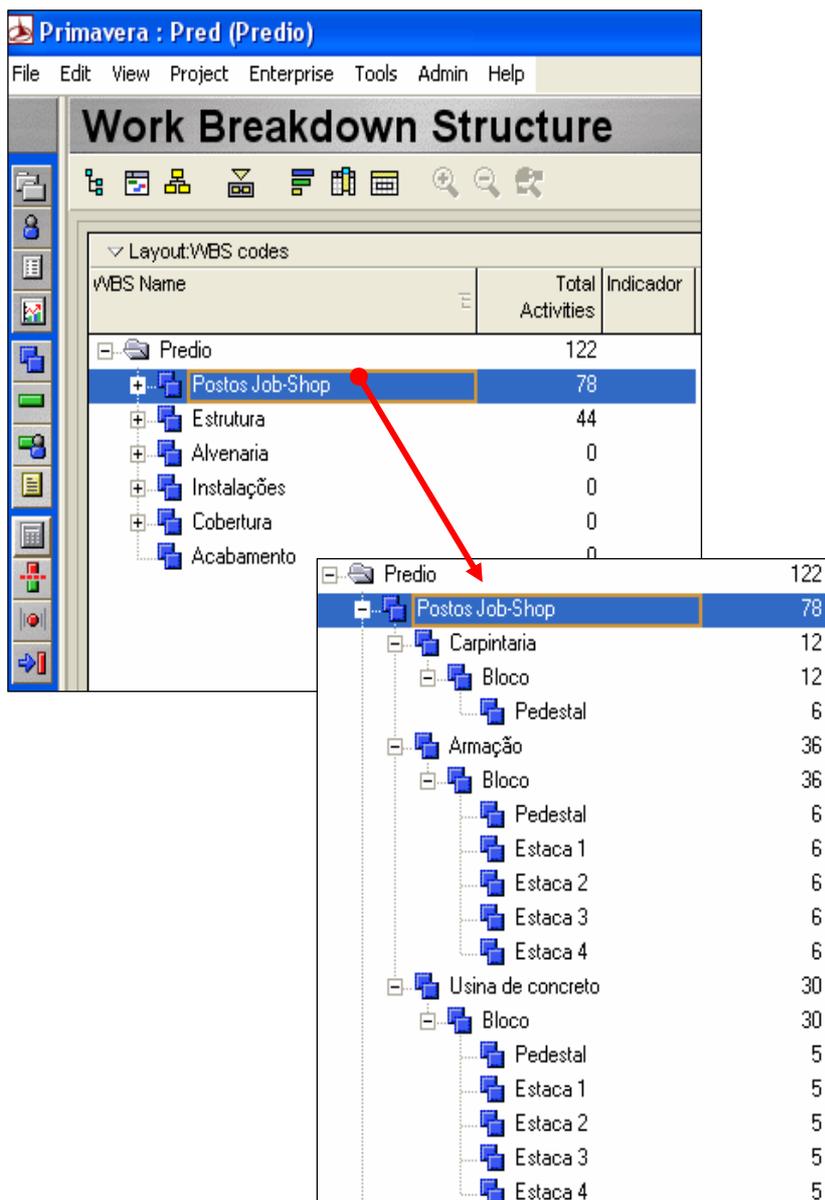


Figura 4.23 - Programação *Job-Shop* no Sistema Primavera P3e.

Para todas as fases da execução nas programações *Job-Shop*, os números de operações do processo de execução, os tipos de serviços, as dependências entre as atividades, o transporte e circulação de materiais e a quantidade necessária de mão-de-obra devem ser pensadas segundo as fases de organização do *layout* do canteiro quanto ao grau de repetição de tarefas, formas e controle, principalmente na disposição dos equipamentos, objetivando a continuidade do fluxo construtivo do produto final - o edifício - e fazendo parte integrante da programação do projeto, como demonstra a Figura 4.23, acima.

4.4.2.2. Controle da produção com foco na Gestão do Conhecimento

Ao planejador do empreendimento cabe a tarefa de definir qual será a quantidade de problemas e desperdícios a corrigir, para que os esforços possam ser concentrados e regularizados. A partir do momento em que as principais falhas tenham sido sanadas, poderão ser discutidos os problemas menos freqüentes. Essa metodologia de resolução de problemas, por meio das causas básicas, gera uma cultura de aprimoramento na construtora, não só no empreendimento em execução, mas nos próximos projetos que forem desenvolvidos, criando uma base de informações úteis para uma futura Gestão do Conhecimento. Certamente, há o enriquecimento profissional dos participantes e melhoria nos processos de planejamento e construção, provenientes de resolução sistemática das não conformidades, evitando retrabalhos e perdas.

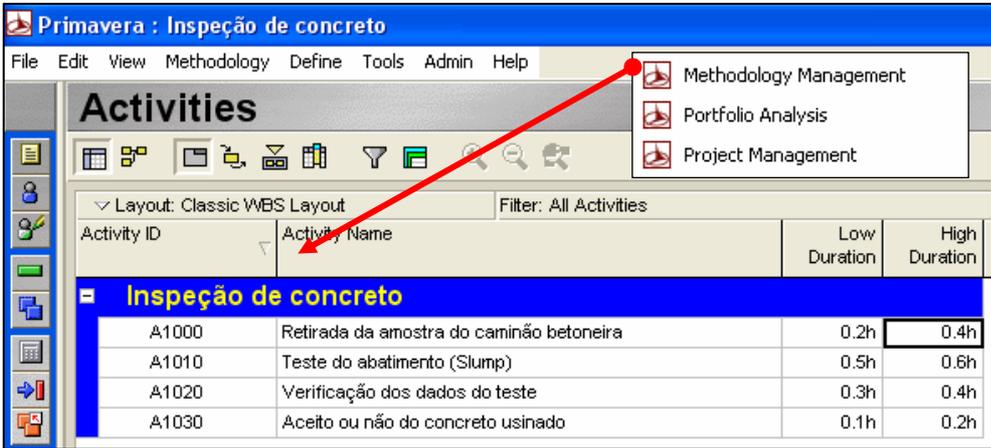
O diagnóstico das áreas em que pode haver perdas tem como base o fato de que as ações atualmente praticadas são menos produtivas do que deveriam ser, devendo-se verificar como a situação pode ser corrigida. Mediante este conceito, nota-se que tal metodologia se aplica a construções em andamento, que necessitem ser estudadas criticamente ao longo do processo produtivo, visando à melhoria operacional. Vários ciclos de melhorias são implementados, visando não só ao aprimoramento do processo em si, mas também ao conhecimento para futuros projetos. O planejamento é atualizado e registrado ao longo da construção.

O diagnóstico para o caso da construção predial se traduz na observação do fluxo produtivo, coletando-se dados e informações sobre que possam ser úteis à análise crítica do processo. Os principais dados que devem ser levantados dentro da área de estudo da dissertação são os seguintes:

- Informações sobre a utilização da mão de obra;
- Identificação qualitativa de perdas percebidas pelos próprios executantes, fazendo-se análise preliminar de suas causas básicas;
- Representação clara do fluxo produtivo, observando áreas potenciais para melhoria;
- Representação clara do *layout* da obra e das facilidades existentes no canteiro de obras;
- Verificação organizacional da construtora para o Gerenciamento da Qualidade e do Sistema de informações, etc;
- Verificação dos sistemas de compra e manuseio de materiais para o empreendimento.

Para cada fase repetitiva do projeto, como por exemplo, o andares, as ações corretivas são importantes para que haja uma visão crítica sobre o processo de melhoria, de forma que o sistema de melhoria contínua possa ser avaliado e aplicado nos andares futuros. As mudanças que trouxeram benefícios devem ser documentadas por meio de revisão nos procedimentos da construtora, caso haja, buscando-se sedimentar o conhecimento alcançado e aprimorar seu fluxo produtivo. O *Primavera P3e* utiliza a aplicação do Gerenciador de Metodologias focado na criação, captura, organização e aperfeiçoamento de componentes reutilizáveis para construção de futuros planos de projetos, .

O Gerenciador de Metodologias é uma plataforma integrada ao processo de aperfeiçoamento contínuo, disponibilizando recursos para armazenamento das melhores práticas, lições aprendidas, modelos organizacionais, na forma de projetos padrão, metodologia de trabalho e padronização para métricas e estimativas.



The screenshot shows the 'Methodology Management' window in Primavera P3e. The window title is 'Primavera : Inspeção de concreto'. The menu bar includes File, Edit, View, Methodology, Define, Tools, Admin, and Help. The main area is titled 'Activities' and contains a table of activities. A red arrow points from the 'Methodology Management' menu item to the 'Activities' table.

Activity ID	Activity Name	Low Duration	High Duration
Inspeção de concreto			
A1000	Retirada da amostra do caminhão betoneira	0.2h	0.4h
A1010	Teste do abatimento (Slump)	0.5h	0.6h
A1020	Verificação dos dados do teste	0.3h	0.4h
A1030	Aceito ou não do concreto usinado	0.1h	0.2h

Figura 4.24 - Gerenciador de Metodologias - Inspeção de Concreto.

O desenvolvimento dos “*Plug-ins*” - seqüências de atividades previamente estudadas que se tornam padrão - são inseridas (“plugadas”) várias vezes no planejamento do projeto devido à sua característica de repetitividade. Por exemplo, inspeções de qualidade para concreto vindo de usinas de concretagem, conforme Figura 4.24, acima e Figura 4.25, abaixo.

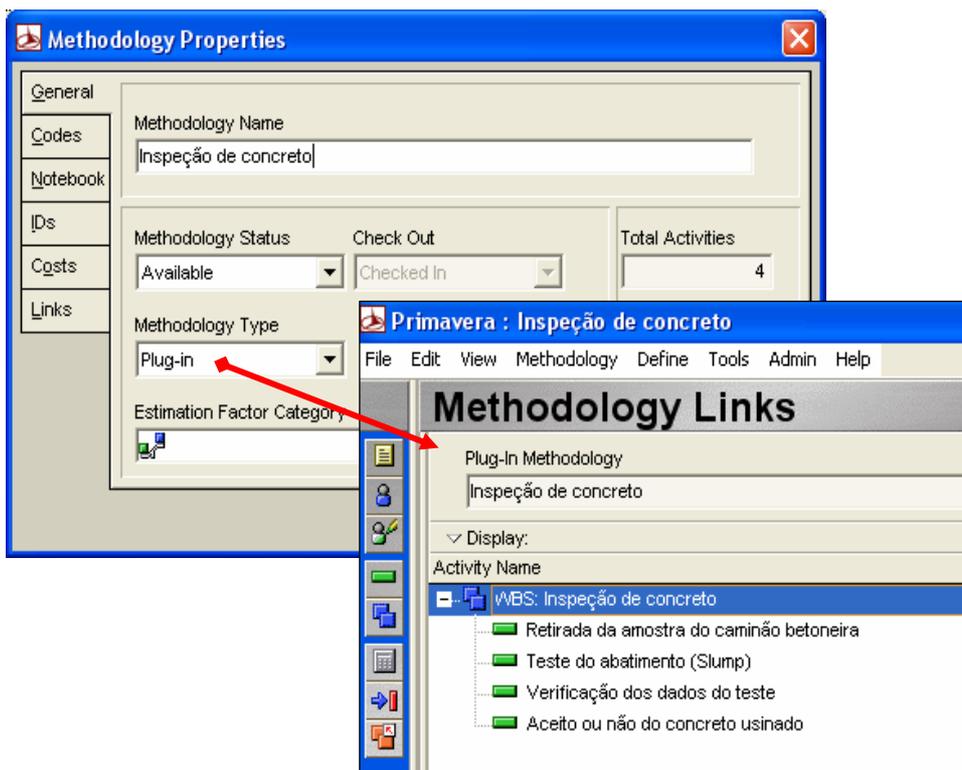


Figura 4.25 - Gerenciador de Metodologias – Plug-in

Ao longo de várias obras, as mudanças tendem a ser esquecidas, a partir do momento em que as ações que resultaram em melhorias deixam de ser executadas. A memória técnica volta a ser utilizada por meio de práticas pessoais dos planejadores, encarregados e executantes. Para que haja mudanças significativas, todas as mudanças benéficas à construção devem ser documentadas, isto é, armazenadas numa base de dados (para a Gestão do Conhecimento) para seu posterior uso, caso a restrição ou problema voltem a aparecer. Desta forma, é necessário que haja comprometimento de toda a equipe envolvida no processo de avaliação de perdas, melhorias e documentação, favorecendo um planejamento eficiente, para que não sejam criadas incompatibilidades que obstruam o bom andamento das atividades.

4.4.3. Desenvolvimento do Planejamento do Processo

O objetivo desta parte do trabalho inicialmente é identificar desperdícios existentes no fluxo e lançar propostas de melhorias de processos que o tornem mais produtivo.

Para isso, foi montado e analisado no início deste capítulo, o fluxograma de execução com a seqüência típica das atividades e seu cronograma, com os respectivos intervalos de tempo de um elemento construtivo do projeto do edifício – bloco de coroamento. Com base no processo empregado para execução do elemento construtivo selecionado, o passo seguinte será a definição do diagrama do fluxo do processo do bloco

de coroamento. Tal fluxo é baseado em três fluxos distintos: Diagrama de Planejamento do Fluxo do Processo (Figura 4.26, abaixo), Diagrama de Execução do Fluxo do Processo (Figura 4.27, a seguir) e Diagrama de Controle do Fluxo do Processo (Figura 4.28, posterior).

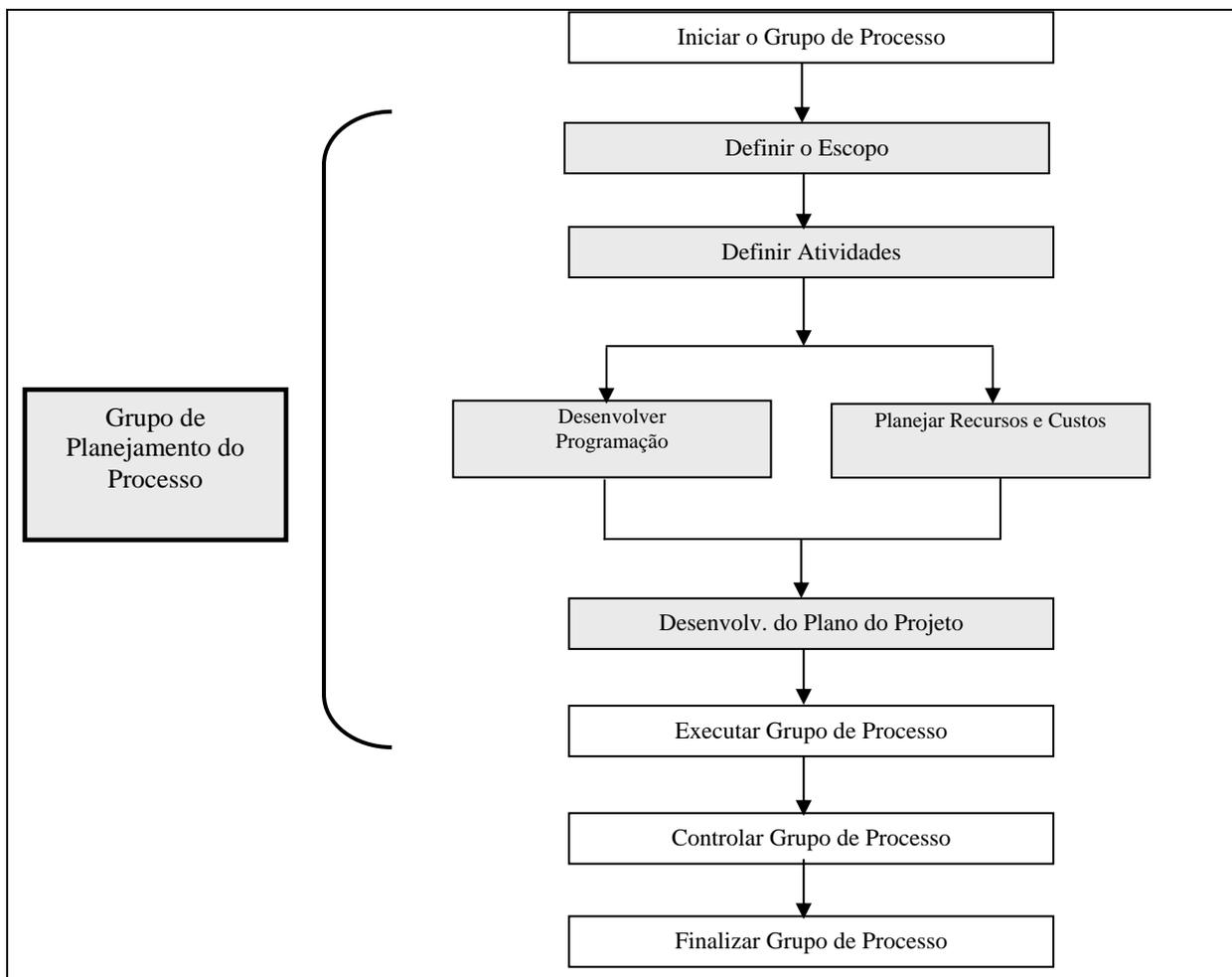


Figura 4.26 - Diagrama de Planejamento do Fluxo do Processo.

Após o estudo do Diagrama de Planejamento do Fluxo do Processo do bloco, definiu-se o cronograma preliminar (desenvolvido no *Primavera P3e*). Diversos retrabalhos e esperas, concentrados nas fases onde menos se possuía informação sobre as tarefas a serem executadas, foram observados na simulação. O trabalho aponta diretrizes para a proposição de melhorias e redução desses desperdícios, aplicando o conceito de fluxo nos empreendimentos da construção civil, neste caso, uma obra predial, podendo trazer muitos benefícios para a redução do tempo de entrega de novos empreendimentos.

As interfaces entre as várias etapas do fluxo para melhorias organizacionais ou para ações gerenciais, apresentam também um repasse de responsabilidade entre vários

fornecedores ou entidades que necessitem contribuir para a continuidade do processo, estabelecendo em comum acordo um Plano de Execução, como Figura 4.27, abaixo.

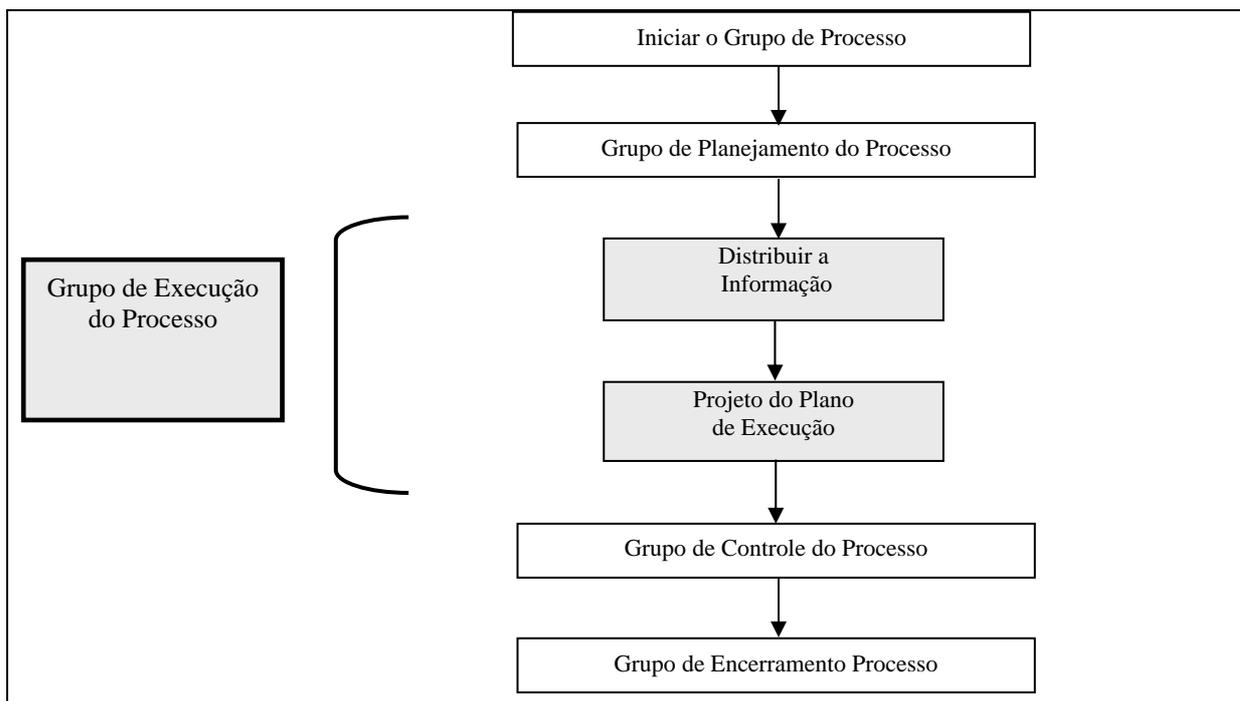


Figura 4.27 - Diagrama de Execução do Fluxo do Processo.

Para que os objetivos descritos possam ser alcançados, é necessário que se busque o encurtamento ou aceleração das etapas do processo, procurando minorar a sua variabilidade e incerteza, ou melhor, eliminar suas restrições. O encurtamento pode ser conseguido analisando-se o fluxo produtivo e retirando-se as atividades que não adicionem valor ao produto. A aceleração das etapas pode ser visualizada como consequência de melhorias contínuas no fluxo produtivo, implementadas para objetivar a redução do tempo total do Ciclo do Pedido e otimizando o processo.

A qualidade do desempenho do fluxo produtivo depende principalmente da habilidade e coerência com que o mesmo é planejado, executado e controlado, baseando-se nos objetivos globais do planejamento. Esse planejamento recebe a denominação de *Lookahead Planning*.

Desta forma, ao longo do fluxo devem ser estabelecidos indicadores de desempenho que possam monitorar o andamento das atividades e revelar as imperfeições. Tal controle do processo (Figura 4.28, abaixo) visa verificar os problemas com antecedência, a tempo de serem tomadas medidas corretivas que não prejudiquem o planejamento inicialmente proposto.

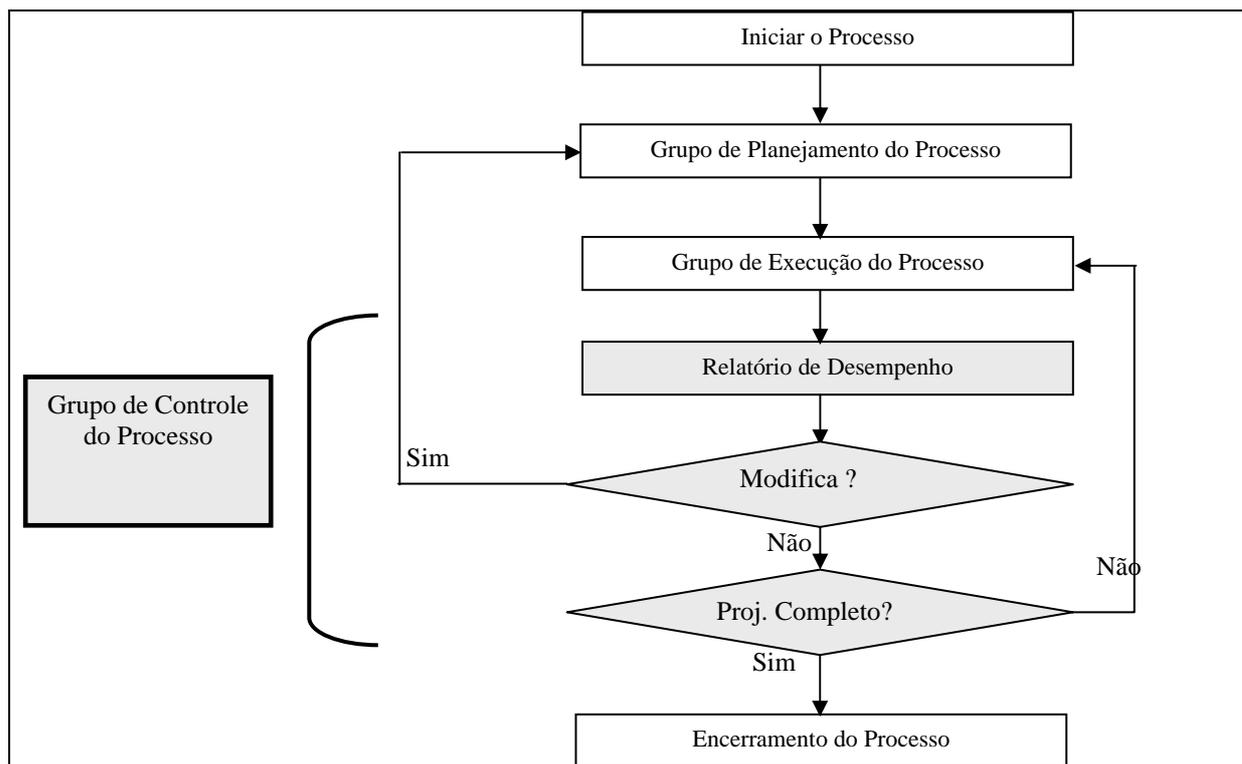


Figura 4.28 - Diagrama de Controle do Fluxo do Processo.

Estas melhorias gerenciais e operacionais nos processos produtivos tendem a produzir resultados mais consistentes nos produtos finais podendo gerar, em paralelo, menores tempos para execução das tarefas ao longo do ciclo executivo. Tais melhorias requerem minucioso exame do fluxo de trabalho, visando identificar todas as etapas (ou pelo menos, as principais) executivas, que devem ser medidas e controladas. Após o diagnóstico das principais etapas, podem ser tomadas ações gerenciais que permitirão melhorias em suas performances, com possíveis ganhos de tempo, qualidade, custo, etc.

4.5. Elaboração conceitual do SIG

4.5.1. Estruturação e sistematização do uso da informação

Na prática, dispomos de vários dados do projeto, dos quais podemos extrair diversas informações e então sintetizar algum conhecimento, que enfim provê subsídios críticos para a tomada de decisões. Contudo, a progressão nesta cadeia de informações não é tão fácil, exigindo um enquadramento da realidade, identificação de padrões e modelagem das regras.

Em seguida, é necessário desenvolver aplicações genéricas que precisam ser parametrizadas, e até mesmo customizadas conforme as particularidades de cada processo e organização. Com a meta de integrar e automatizar os componentes da cadeia de valor,

as soluções de TI incluem os produtos idealizadores divididos em: sistemas especialistas (*softwares* de cálculo estrutural, autocad, etc.) e sistemas de gestão (Gerenciadores de projetos, base de dados, etc.) visando à integração dos dados entre eles.

O Intercâmbio Eletrônico de Dados (EDI - *Electronic Data Interchange*) é apropriado para construtoras que compram produtos razoavelmente padronizados e em grandes volumes, como é o caso da construção predial. Toda a tecnologia baseia-se na padronização e automação das repetidas transações, gerando uma transmissão e respondendo automaticamente, uma ferramenta de TI muito importante para o correto uso do MRP da obra.

Mas, separando-se o EDI em duas grandes partes - a tecnologia de informação e a comunicação (mensagem) propriamente dita - será possível perceber que as informações-padrão continuarão a ser necessárias: a grande alteração está na tecnologia de comunicação.

A repercussão dos efeitos causados com aplicação da TI é imensa. Como exemplo aos processos internos, haverá uma melhoria na comunicação, consistência das informações e incremento da segurança. Esta nova geração de tecnologia promete maior flexibilidade e uma capacidade de colaboração mais desenvolvida.

Além do uso da TI como solução dos problemas de informações dentro da empresa, existe também a nova geração de arquiteturas relacionadas à tecnologia da informação - conhecidas como tecnologia de serviços Web. Ela automatiza as conexões por meio de aplicativos e dados, sem intervenção humana. Essa nova geração de TI pode ser o catalisador de uma reformulação do pensamento gerencial.

A tecnologia de serviços Web representa um grande passo adiante no esforço contínuo de gerar valor de negócio a partir de TI, sendo capaz de conectar plataformas de TI de forma mais rápida e com maior eficiência de custos. Entretanto, seu verdadeiro valor está na maior flexibilidade e colaboração, que, por sua vez, geram economias operacionais significativas e opções de crescimento por todo o negócio. Por exemplo, ao encontrar novas maneiras de trabalhar em conjunto, as empresas conseguem tanto eliminar ineficiências substanciais como prover maior valor - fator chave para uma Gestão eficaz da Cadeia de Suprimentos.

4.5.2.O uso da TI no Projeto da Edificação

O uso da informática na Construção Civil tem ficado restrito a desenhos ou tarefas específicas, como por exemplo, o uso dos CAD (*Computer Aided Design* ou Projeto Assistido por Computador), sem inter-relacionamento eficiente e automático, e o uso da informática tem sub-utilizado o seu potencial, restringindo os sistemas CAD's à meras

ferramentas de desenho. É necessário extrair mais benefícios dos CAD'S, e fazendo-os interagir com outros *softwares*, já que a otimização da produção de projetos depende de diversos sistemas informatizados para o pleno atendimento das necessidades dos envolvidos no empreendimento.

Na primeira fase, os CAD's foram usados apenas como ferramenta nova e moderna de desenho em substituição ao papel e às pranchetas. Na segunda fase, caracterizada pelo uso intenso da modelagem tridimensional em detrimento do desenho plano, utilizado muitas vezes apenas por interesse estético, produzindo perspectivas ou maquetes eletrônicas. A terceira e mais importante fase para esse trabalho, e vislumbrando uma nova tendência, pretende usar a modelagem para simular e planejar todo o processo construtivo.

Depois da aprovação dos projetos (de arquitetura, estruturas e de instalações prediais) os mesmos dados obtidos pelo CAD são utilizados para alimentar de informações as etapas consecutivas do processo de planejamento da obra. Nesta fase, ocorrem as simulações para que muitas restrições da produção possam ser eliminadas antes que se inicie a construção de alguma parte da Estrutura Analítica do Projeto (EAP).

Os projetos, juntamente com o planejamento, devem ir para a obra suficientemente verificados, pensados e elaborados, mas apresentando um contínuo desenvolvimento a fim de atender à produção, ou seja, os projetos e o planejamento passam a ser encarados como serviços que acompanham toda a realização do edifício, sofrendo atualizações periódicas até mesmo para favorecer a melhoria contínua da construção e aprimorar o conhecimento interno da empresa.

Outra evidência destacada é a participação dos projetistas na etapa de execução visando ao atendimento das necessidades requeridas com soluções efetivas. Esta exigência revela que o projeto deve ser tratado como um processo, necessitando de planejamento e controle, ou seja, requer o gerenciamento adequado de suas etapas. No projeto para a produção com o uso de ferramentas CAD, são definidas técnicas construtivas a serem empregadas no processo construtivo e projetados os detalhes de execução para posterior incorporação no planejamento da construção, visando minimizar as incertezas na obra, proporcionando uma visão local em termos de soluções pré-estudadas e uma visão geral de toda a execução das partes da EAP.

A função básica do projeto para a produção é a transmissão de todos os condicionantes que envolvem a tecnologia escolhida, de modo a subsidiar a etapa de execução da obra da forma mais completa possível, evitado com isso improvisações, paralisações, retrabalho e a implantação de uma solução não planejada, durante a execução. Em resumo, o projeto para a produção deve ser amplo, contendo as informações necessárias para a execução, e não ser complexo, permitindo sua compreensão pela mão-de-obra que o executa e evitando perdas relacionadas aos erros de construção.

Com o aumento das pressões financeiras, as construtoras estão buscando se livrar das infra-estruturas rígidas e altamente dispendiosas. Cada vez mais sua capacidade de conseguir novas economias de custos e melhorar seu retorno sobre os ativos depende de maior flexibilidade e capacidade de colaboração, seja dentro da obra ou entre os demais colaboradores (fornecedores, projetistas e outros).

4.5.3.Problemas de Design Colaborativo

Um dos maiores problemas dos projetos de edificações é sua grande necessidade de interatividade com todos os projetistas, o que gera certa incompatibilidade entre os projetos (arquitetônico, estrutural, instalações, etc.), resultante da falta de coordenação. A tarefa de compatibilidade deve ser desenvolvida em diferentes momentos da elaboração dos projetos, sempre que ocorrerem interferências nas interfaces entre os projetos. Pode-se considerar que esta é uma atividade intrínseca e que seu desenvolvimento é responsabilidade de cada projetista envolvido.

Um gerenciamento de projeto feito por meio de um planejamento e controle eficientes tenta trazer ordem à complexidade, reduzindo o grau de incerteza. Uma das funções do gerenciamento do projeto é promover a coordenação do grupo, de tal forma que o gerenciamento seja extensivo a todos os colaboradores. O gerenciamento torna-se responsável pela comunicação eficaz estimulando a troca rápida das informações relevantes entre as partes interessadas, tanto dentro, como fora da organização.

Observa-se, porém, que a maioria dos profissionais de projeto e especialistas dos produtos (o edifício e suas partes) pouco aproveitam de suas experiências, dando pouca importância aos conhecimentos adquiridos no projeto executado. A falta de retroalimentação de informações entre os engenheiros de produção e os projetistas leva à repetição continuada das falhas detectadas durante a execução do edifício.

4.5.4.PCP x Design Colaborativo

O planejamento requer uma atuação dos participantes no sentido de se manifestarem quanto a uma proposta de integração entre os projetistas e o executor da obra, na busca do melhor desempenho para o empreendimento.

Como a fase de projeto conceitual costuma ser tratada como pré-requisito para a fase de execução, é comum a dissociação entre os dois, que procuram defender seus argumentos quando de impasses ocorridos ao longo da execução do projeto. Tal postura, na maioria das ocasiões, traz prejuízos ao bom andamento da obra, retardando sua conclusão ou obrigando à realização de modificações muitas vezes difícil de serem executadas. Como

as atividades de projeto e construção são bem distintas, é importante que haja uma perfeita determinação de responsabilidades entre os executores da obra e os demais envolvidos, para que a colaboração seja benéfica a todos os participantes. Por exemplo, a interação entre a obra e os fornecedores deve ser feita por meio de contratos formais, mas não é necessário que haja um instrumento contratual entre o projetista e o executor para que a colaboração possa ter êxito.

Os grupos podem interagir entre si, de forma que sejam retiradas dúvidas sobre algum assunto específico. Periodicamente, são feitas apresentações e reuniões sobre o andamento dos trabalhos, visando equalizar as informações e possibilitar questionamentos pelos integrantes dos outros grupos. Importante para o sucesso dessa reunião é a participação efetiva de todos os integrantes que, a partir de seus conhecimentos especializados, contribuirão pro-ativamente para a formação dos planejamentos da obra.

A Metodologia de Planejamento baseada na colaboração entre os Participantes apresenta várias características que geram ganhos ao fluxo produtivo. Não só ganhos de tempo e custo, mas também, de conhecimento para os integrantes da colaboração, que modificam o próprio modo de tratamento de interfaces, necessitando de um menor controle gerencial para tal empreitada. A seguir, são listadas as principais características positivas desta Metodologia, baseadas no colaborativismo e apoiadas pelas tecnologias de informação:

- Determinação conjunta das necessidades da obra, garantindo conhecimento a todos os integrantes, sem a necessidade da presença física dos colaboradores em reuniões.
- Otimização do projeto em tempo real, adequando-o diretamente às necessidades da construtora executora, mediante notificações no SIG do projeto.
- Equalização do conhecimento global da obra, para todos os participantes.
- Desenvolvimento do espírito de equipe.
- Utilização de ferramentas computacionais compatíveis com o Planejamento e Controle, atribuindo responsabilidade a todos os participantes da obra.
- Conhecimento dos problemas ocorridos na obra, praticamente em tempo real.
- Interação com fornecedores desde o início do projeto, gerando melhor relacionamento e aumentando o comprometimento com a consecução das várias tarefas.
- Otimização do tempo do Ciclo do Pedido.

Em linhas gerais, a Metodologia de Planejamento do projeto deve: informar o *design* e as características do processo construtivo do produto, permitir a introdução de inovações

tecnológicas, reduzir a existência de problemas de perdas, garantir as características de qualidade, racionalidade e integração dos colaboradores do empreendimento gerando, dessa forma, reflexos positivos na adequação ao uso, redução do *lead time* total de construção e redução dos custos.

4.6. Uso do sistema *Primavera* como agente integrador (SIG do Projeto)

Para produzir os padrões da Metodologia de Planejamento proposta por essa dissertação, a Tecnologia da Informação (TI) ganha um importante papel, senão fundamental no setor gerencial, em que se dispõe de modernas ferramentas computacionais especializadas, facilitando o gerenciamento do projeto e toda sua cadeia de suprimentos.

Gerou-se, no entanto, um problema de plataforma de uso referente à interação destes aplicativos, com base nestas ferramentas computacionais.

Para a resolução deste problema, a *World Wide Web* foi escolhida como método de acesso ao sistema *Primavera* para entrada dos dados, pelo *MyPrimavera*, que é um *Website* que permite aos usuários acessar os dados dos projetos via Internet. Os usuários podem construir novos projetos, analisar o cálculo e as informações de programação e o custo para todos os projetos, utilizando navegadores de internet (*Web Browser*) - pois permite-se que a comunicação seja feita a partir de máquinas de qualquer plataforma a um custo pequeno. Além disso, ela oferece uma interface simples e sua interação com o usuário é bastante intuitiva.

A Internet tem contribuído muito para a aceleração do alinhamento das cadeias de suprimento, principalmente devido à padronização de procedimentos, à facilidade de acesso a informações e à agilização nas tomadas de decisão. Um bom exemplo são as soluções de compras corporativas. O alinhamento das cadeias de suprimento proporciona reduções de custos e agregação de valores. Gradualmente, a Internet vem se consolidando como meio para obtenção de redução de custos. A Logística de Suprimentos está sendo privilegiada com soluções que a Tecnologia de Informação tem disponibilizado, visando à integração entre fornecedores e clientes, por meio das plataformas de comércio eletrônico desenvolvidas para a aquisição de materiais no segmento B-2-B (*Business to Business*).

Assim, entre as tecnologias de TI disponíveis, a internet se destaca como a que melhor facilita as atividades de colaboração de projetos no setor da construção civil. Os *websites* para gerenciamento de projetos, chamados *extranets* de projetos ou sistemas de gerenciamento de projetos baseados na *web* – se definem como uma rede de computadores que usa a tecnologia da Internet para conectar empresas com seus fornecedores, clientes, e outras empresas que compartilham objetivos comuns.

Um sistema de gerenciamento de projetos baseados na *web* deve prover um meio centralizado, mutuamente acessível e confiável para se transmitir e armazenar informações quanto ao projeto, proporcionando assim uma forma de disponibilizar simultaneamente as informações a toda equipe envolvida. Portanto, um sistema colaborativo bem projetado e bem utilizado é capaz de dar apoio à tomada de decisões e à melhoria dos processos. Dentre estes atributos, as principais funções do SIG do projeto, são apresentadas em dez itens, a saber:

1. Fluxo do planejamento do projeto
2. Controle de revisões
3. Gerenciamento de documentos
4. Agenda de contatos
5. Envio de comunicados e Notificações
6. Comunicação com usuários externos ao sistema
7. Sistema de busca
8. Arquivamento do projeto
9. Visualizar estatísticas do projeto
10. Monitoramento do sistema

4.6.1. Fluxo do planejamento do projeto

Permite o controle da informação no processo de planejamento, ou seja, por meio dessa funcionalidade, os membros da equipe de projeto podem trabalhar colaborativamente por meio de informações e regras que orientam o processo de execução de tarefas.

Um planejador (Administrador do sistema P3e) tem a opção de selecionar um modo de acesso para abrir um projeto, definindo a forma como os membros da equipe de projeto podem trabalhar colaborativamente, ou não. Os acessos são divididos em 3 formas, verificáveis na Figura 4.29, na próxima página.

- Somente Leitura (*Read Only*): O planejador tem a opção de ver dados, mas não pode inserir ou mudar dados;
- Compartilhado (*Shared*): Múltiplos usuários podem ver, inserir, e mudar dados;
- Exclusivo (*Exclusive*): O planejador corrente é o único que pode editar dados nestes projetos. Outros usuários podem acessar estes projetos no modo Somente Leitura (*Read Only*).

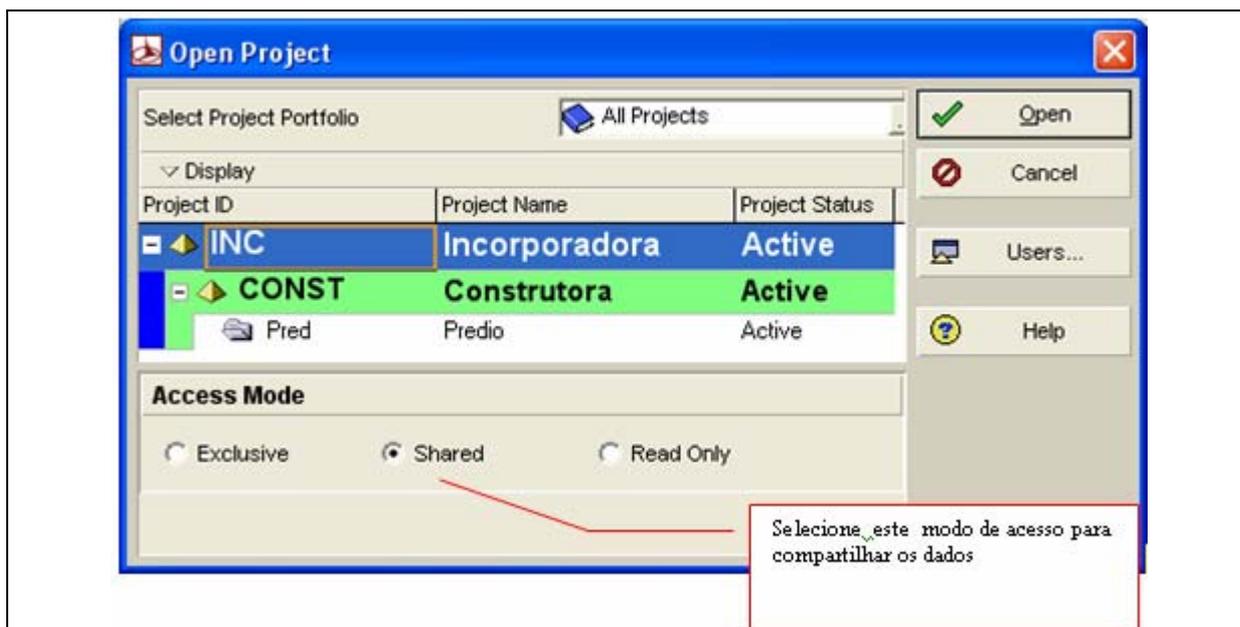


Figura 4.29 - Compartilhamento dos dados do projeto

4.6.2. Controle de revisões

Esta funcionalidade permite criar, armazenar e acessar diversas revisões de um mesmo documento, além de registrar quem fez e quando foram realizadas as revisões. A Biblioteca de Documentos do Projeto no sistema *Primavera* se apresenta disponível na janela de Produtos do Trabalho e Documentos (*Work Products and Documents*) a qual possibilita que o planejador mantenha informações gerais sobre os documentos do projeto, devidamente classificadas.

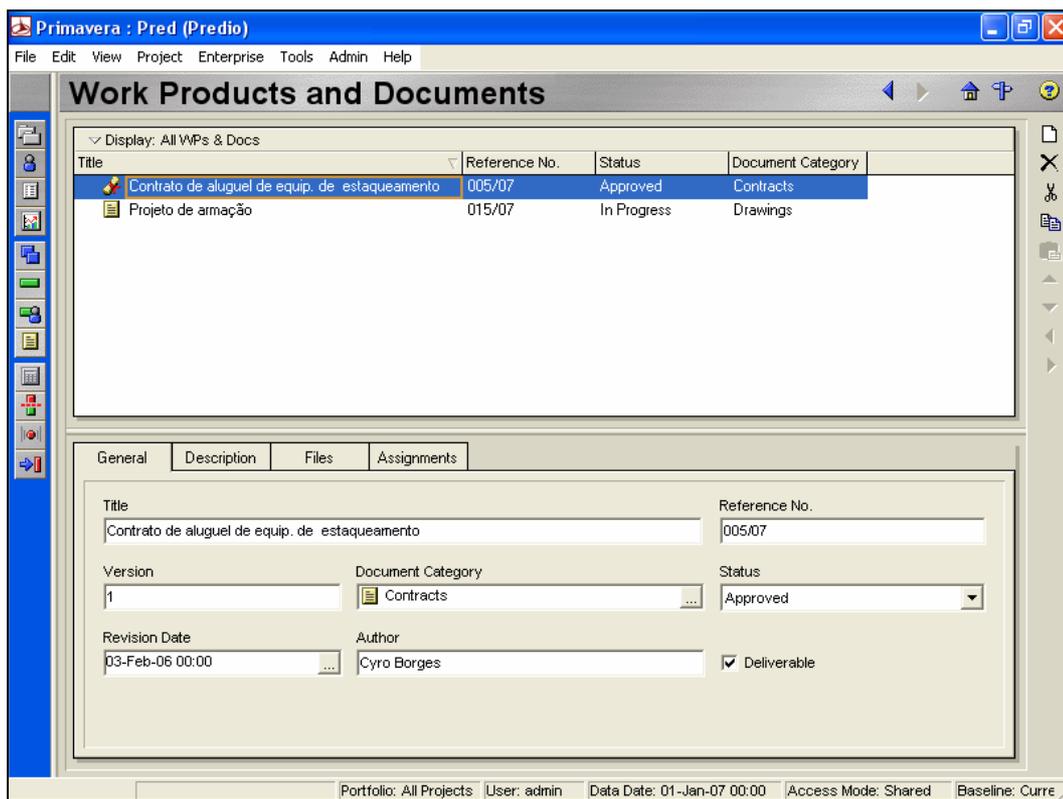


Figura 4.30 - Criação de documentos.

Conforme Figura 4.30, acima, o controle da documentação possibilita que o planejador entre com informações gerais para o documento selecionado para a devida organização no sistema:

- Título (*Title*) – Título definido pelo planejador para o documento;
- Número de Referência (*Reference No*) – Número usado para identificar o documento;
- Versão (*Version*) – Permite que o planejador acompanhe a versão do documento;
- Categoria do Documento (*Document Category*) - Classificações usadas para organizar ou agrupar diferentes tipos de documentos;
- Posição (*Status*) – Exibe o progresso do documento;
- Data de Revisão (*Revision Date*) – Indica a data na qual o documento foi modificado;
- Autor (*Author*) – Nome da pessoa que escreveu o documento;
- Entrega (*Deliverable*) – Marque para indicar se o documento está completo e pronto para ser entregue ao planejador (cliente) final.

Os documentos de projeto podem ser atribuídos (*assignments*) a elementos da EAP e atividades. Por exemplo, durante a fase de planejamento do projeto, o planejador pode atribuir um documento a um elemento da EAP, como na Figura 4.31, a seguir.

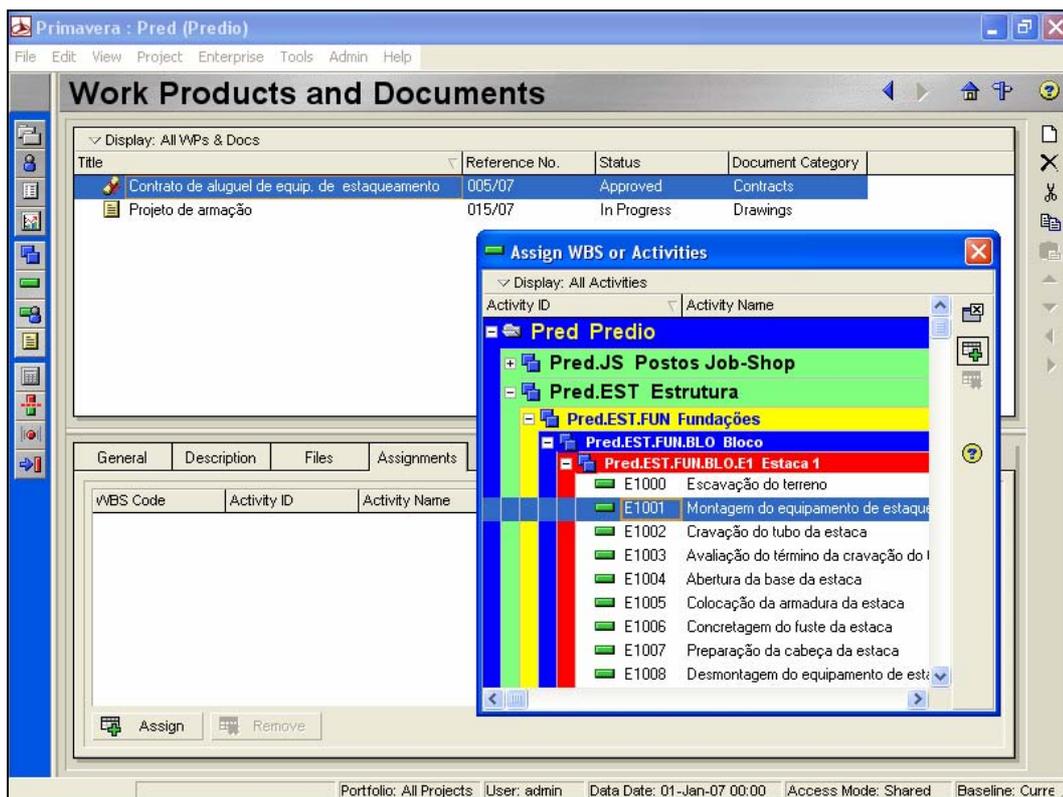


Figura 4.31 - Alocação de documentos no planejamento do projeto.

A principal vantagem do SIG é o seu poder de organização da documentação e registros das fases e eventos do projeto, onde podemos destacar também a sua aplicabilidade em:

- Arquivos dos documentos que podem ser guardados em um servidor de rede ou página na *Web*;
- Manter informações gerais sobre documentos de projetos, assim como versão, data de revisão e autor;
- Pode ser alocado a um elemento da EAP/atividade;
- Pode ser organizado de modo hierárquico;
- Pode ser designado como um produto de trabalho ou um documento de referência;
- Inclui documentos que podem ser referenciados por um participante do projeto para fornecer diretrizes e padronizações para a execução do trabalho. Exemplos: diretrizes, orientações, procedimentos, modelos de projetos, verificações e folhas de trabalho;
- Catálogo e acompanhamento de documentos relacionados a projetos e entregas.

4.6.3. Gerenciamento de documentos

Esta funcionalidade consiste no armazenamento dos documentos do projeto (arquivos CAD, figuras, memorandos, planilhas, etc.) em um único local. O sistema permite que usuários façam *download*, *upload* e insiram comentários aos arquivos.

Após o planejador ter adicionado o documento, ele precisará indicar o local do arquivo que será referenciado pelo documento. O Gerenciador de Projetos P3e suporta dois tipos de referências de localização de documentos.

- Localização Privada (*Private Location*) – referência que pode ser vista somente pelo planejador do Gerenciador de Projetos. Por exemplo, faturas, ordens de compras ou contratos;
- Localização Pública (*Public Location*) – referência que pode ser vista por todos os participantes, incluindo o planejador e todos os colaboradores. Por exemplo, normas de procedimento ou *check lists* de projetos.

A Figura 4.32, abaixo, mostra o documento Contrato 005/07 - Contrato de aluguel de equipamentos de estaqueamento - acessível a todos os participantes do projeto. Ele está locado na pasta Contratos obra no *drive* C:\.

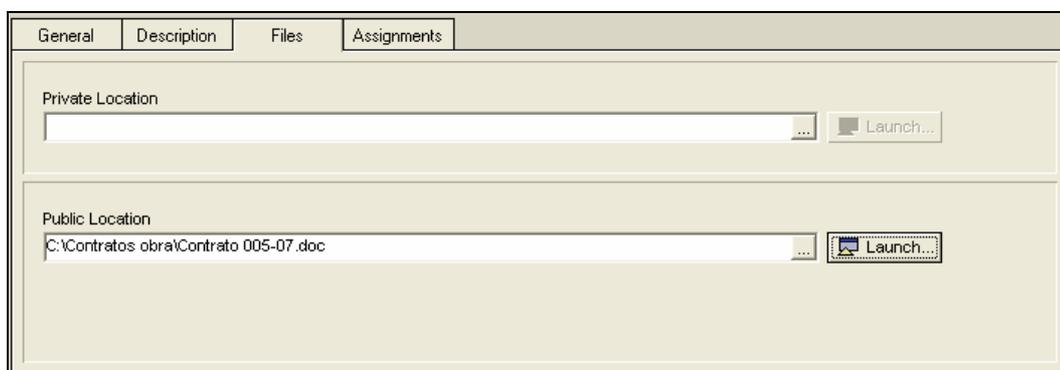


Figura 4.32 - Localização de documentos

4.6.4. Agenda de contatos

Essa funcionalidade consiste na centralização das informações pessoais (nome, e-mail, telefone, endereço, etc.) de cada integrante (recurso M.O.) da equipe de projeto, como na Figura 4.17, na página 137.

4.6.5. Envio de comunicados/notificações

Essa é a principal funcionalidade de colaboração do sistema, onde há uma relação direta entre os usuários. Funciona da mesma maneira que os e-mails, com a vantagem de

ficarem registrados e disponíveis diretamente na base de dados do projeto ou na *extranet* (*MyPrimavera*).

As notificações (*issues*) são problemas conhecidos dentro de um projeto que requerem a atenção ou ação corretiva antes que o projeto possa ser terminado e sua execução iniciada. São gerenciadas seguindo o seguinte processo dentro do sistema P3e:

- Criar uma notificação;
- Analisar a notificação;
- Associar com um elemento da EAP, atividade, ou recursos;
- Atribuir um nível de prioridade para a notificação;
- Identificar um gerente responsável para endereçar a notificação;
- E-mail com os detalhes da notificação, junto com os comentários, a algum membro da equipe do projeto ou colaborador;
- Ver rapidamente toda a informação associada com uma notificação usando o navegador de notificação;

Após este procedimento, deve-se endereçar as notificações, revendo as geradas para ajudar o planejador a determinar onde ele pode começar a ajustar o projeto. A Notificação da Caixa de Diálogo de Notificações deve ser utilizada para enviar *e-mail* contendo detalhes sobre esta notificação para todas as partes interessadas, conforme Figura 4.33, abaixo.

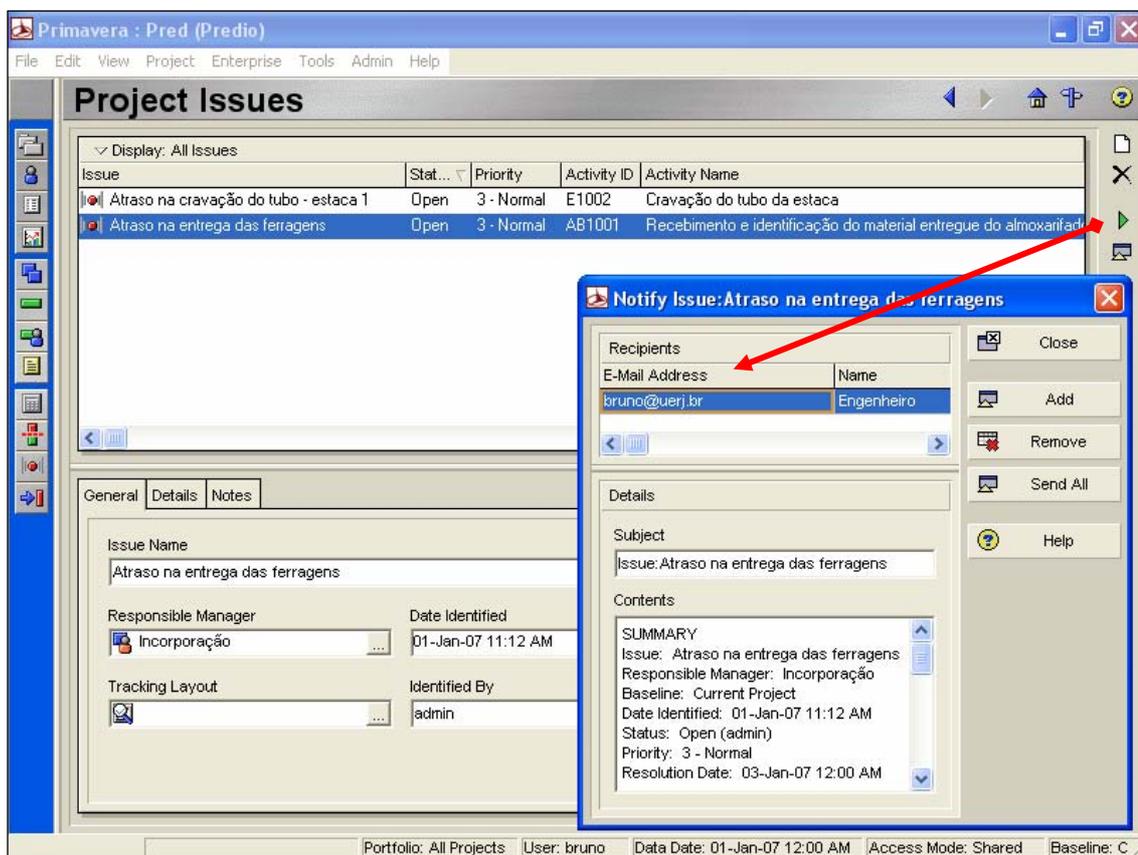


Figura 4.33 - Criação de notificação e envio via e-mail.

Quando o usuário adiciona uma nota, seu nome de *login* e a data são gravados. Uma vez que um comentário tenha sido adicionado, ele não poderá mais ser modificado ou excluído ficando no Histórico de Notificações (*Issue History*), como na Figura 4.34, a seguir.



Figura 4.34 - Histórico das notificações.

O SIG possui também o Navegador de Notificações (*Issue Navigator*) o qual permite que o usuário selecione uma notificação e navegue em diversas janelas do Gerenciador de Projeto P3e a fim de ver detalhes da notificação, como na Figura 4.35, abaixo. O Navegador de Notificações pode ser configurado para abrir cada vez que o usuário acessa o Gerenciador de Projeto.

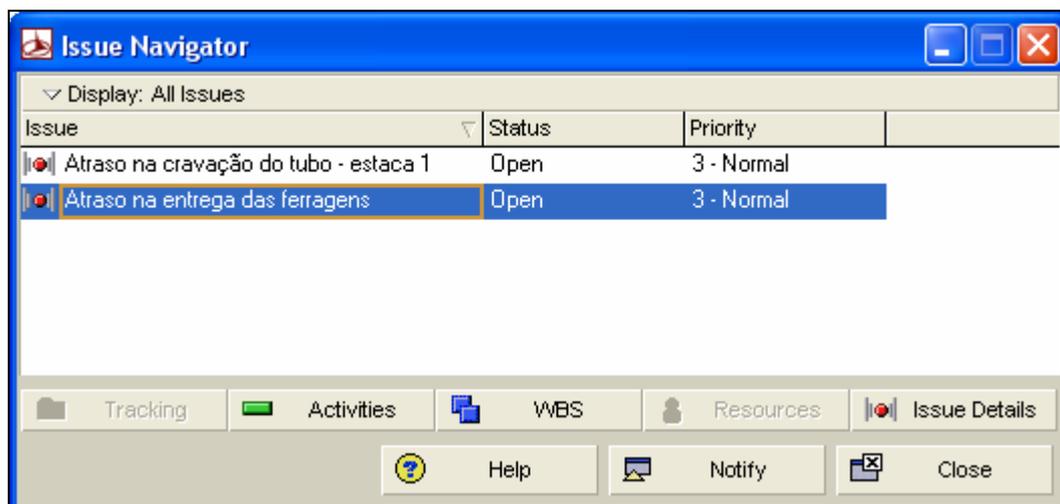


Figura 4.35 - Navegador de Notificações.

Os comunicados podem ser trabalhados também via Quadro de Anotações, pois permite-se que o planejador e os colaboradores, com a devida permissão de acesso ao sistema, vejam ou modifiquem notas do projeto, tais como o propósito do projeto, exigências importantes, ou quaisquer outros detalhes específicos. Possibilita que os usuários aloquem notas a uma atividade, viabilizando a comunicação entre usuários do SIG sem a necessidade de contatos físicos ou telefônicos. Exemplo, quando uma restrição é alocada em uma atividade, é recomendado que o usuário adicione uma nota para documentar porque a restrição foi alocada. O usuário pode usar o Quadro de Anotações na janela de atividades para documentar suas razões, como na Figura 4.36, a seguir.

- Tópico de Anotação (*Notebook Topic*) – lista os tópicos atribuídos ao nó selecionado/projeto. Tais anotações são tipicamente instruções ou descrições que futuramente definirão a conformidade da relação da atividade com categorias específicas de informação;
- Detalhe (*Detail*) – Descrição definida pelo planejador do tópico selecionado. O planejador pode usar características de edição HTML, incluindo formatação de texto, inserção de imagens, copiar, colar e adicionar hyperlinks;

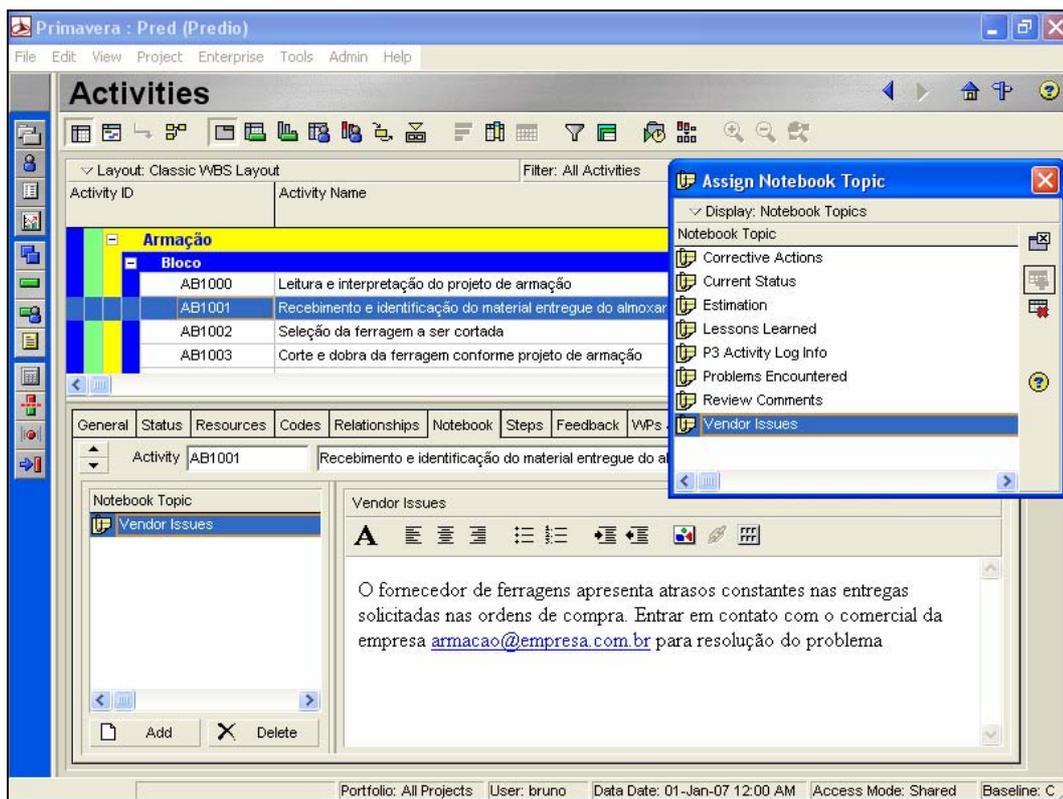


Figura 4.36 - Notificação via Quadro de Anotações.

4.6.6. Comunicação com usuários externos ao sistema

Essa funcionalidade permite que informações sejam enviadas para *stakeholders* do projeto que usam o sistema. Consiste na visualização de diversos formatos de arquivos diretamente no navegador de internet (*web browser*), pois os arquivos gerados pelo Gerenciador de projetos podem se apresentar em extensão HTML.

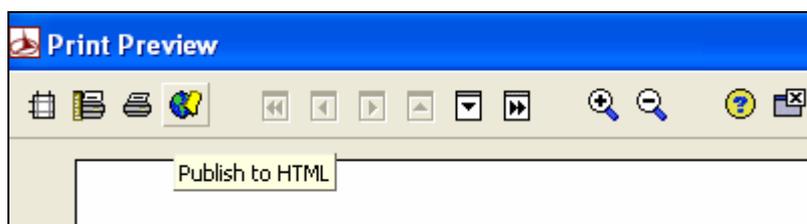


Figura 4.37 - Transformação do Primavera (.xer) em web (.htm)

O SIG P3e pode ser usado para publicar o plano do projeto como um *Web Site* ou em uma intranet, como na Figura 4.37, acima e na Figura 4.38, abaixo. Usando um navegador da Web, a equipe de projeto e outras partes interessadas podem ver um documento original que contém *links* com textos em outras páginas.

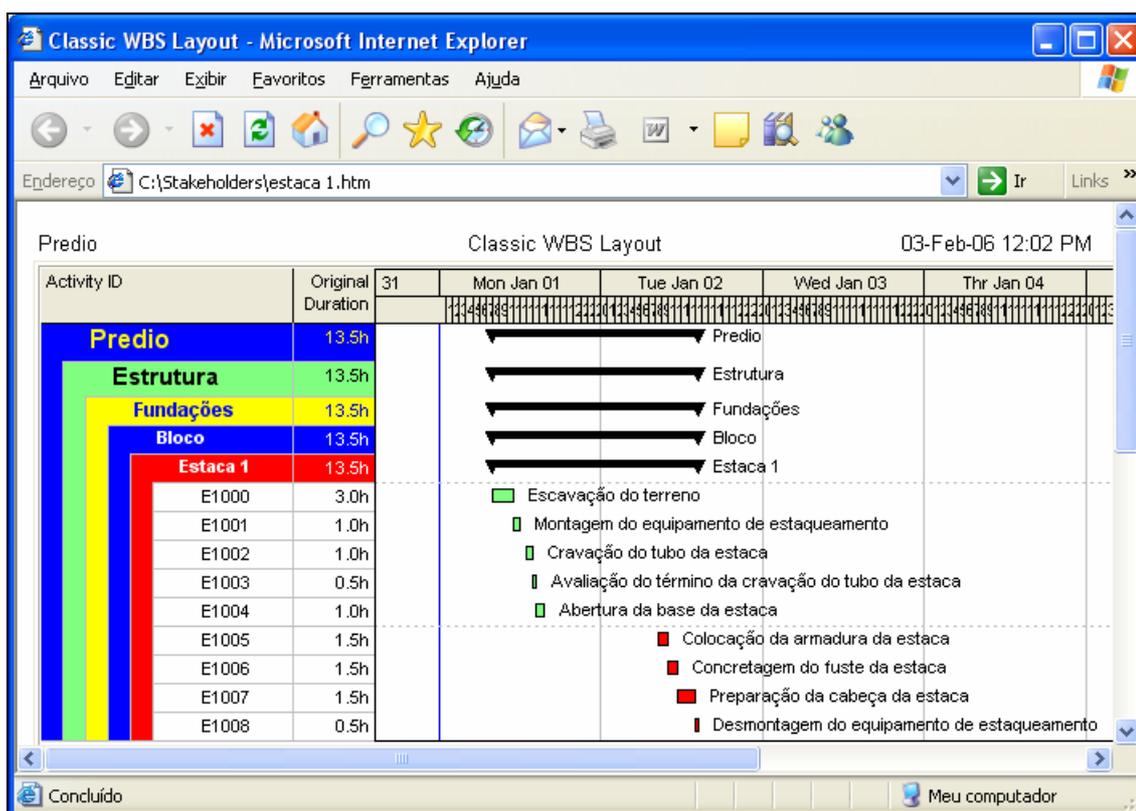


Figura 4.38 - Publicação do plano do projeto como um *Web site* .

4.6.7. Sistema de busca

Essa funcionalidade constitui-se em uma forma rápida e prática do usuário procurar por documentos e comunicados, além de facilitar uma visualização organizada dos dados do projeto. Para isso, o sistema disponibiliza *Layouts* que podem ser salvos e compartilhados com outros planejadores e colaboradores para facilitar a comunicação. Os *Layouts* podem ser de uso global ou específico, como se vê na Figura 4.39, a seguir.

- Planejador Corrente (*Current User*) – somente o planejador que criar o *layout* terá acesso a ele no futuro;
- Todos os Planejadores (*All Users*) – todos os planejadores com licença terão acesso ao *layout*;
- Outro Planejador (*Another User*) – um planejador especificado terá acesso ao *layout*. O planejador corrente não terá acesso.

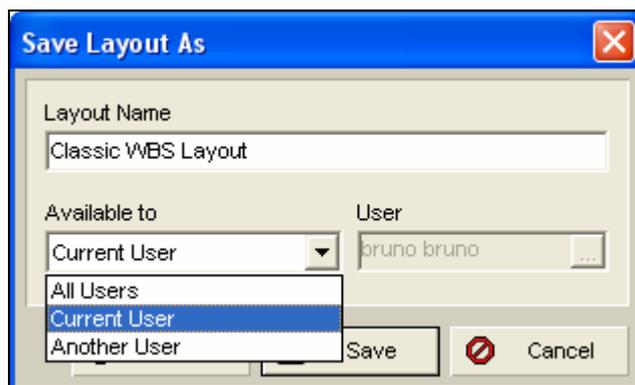


Figura 4.39 - Definição do *Layout*.

No P3e, um *layout* é uma vista personalizável das informações de um projeto. Ele é uma combinação de todos os elementos visuais que aparecem na tela. A janela de atividades possibilita a opção de visualizar dados nos *layouts* inferior e superior.

Existem os seguintes tipos de *layouts* para a parte superior: Quadro de Atividades, Diagrama de Barras, Planilha de Uso de Atividades e Rede de Atividades.

Existem os seguintes tipos de *layouts* para a parte inferior: Detalhe de Atividades, Quadro de Atividades, Diagrama de Barras, Planilha de Uso de Atividades, Planilha de Uso de Recursos, Perfil de Uso de Atividades e Perfil de Uso de Recursos.

Ao criar *layouts* personalizados, o usuário poderá facilmente ver dados de um modo específico para atender às suas necessidades. A Janela de Atividades pode ser personalizada e salva como *layout*. Salvar *layouts* para usar no futuro, permite que o usuário rapidamente acesse a informação.

Por exemplo, o planejador responsável pelo MRP necessita de todas as informações sobre os recebimentos de materiais. Dentre elas: datas de necessidade, quais atividades usam o recurso (definidas pelo seu código ID) e quais materiais serão empregados. A disponibilização dessas informações deve ser organizada e tabulada, criando-se um *layout* (Recebimento) personalizado com essas informações, como na Figura 4.40, em seguida.

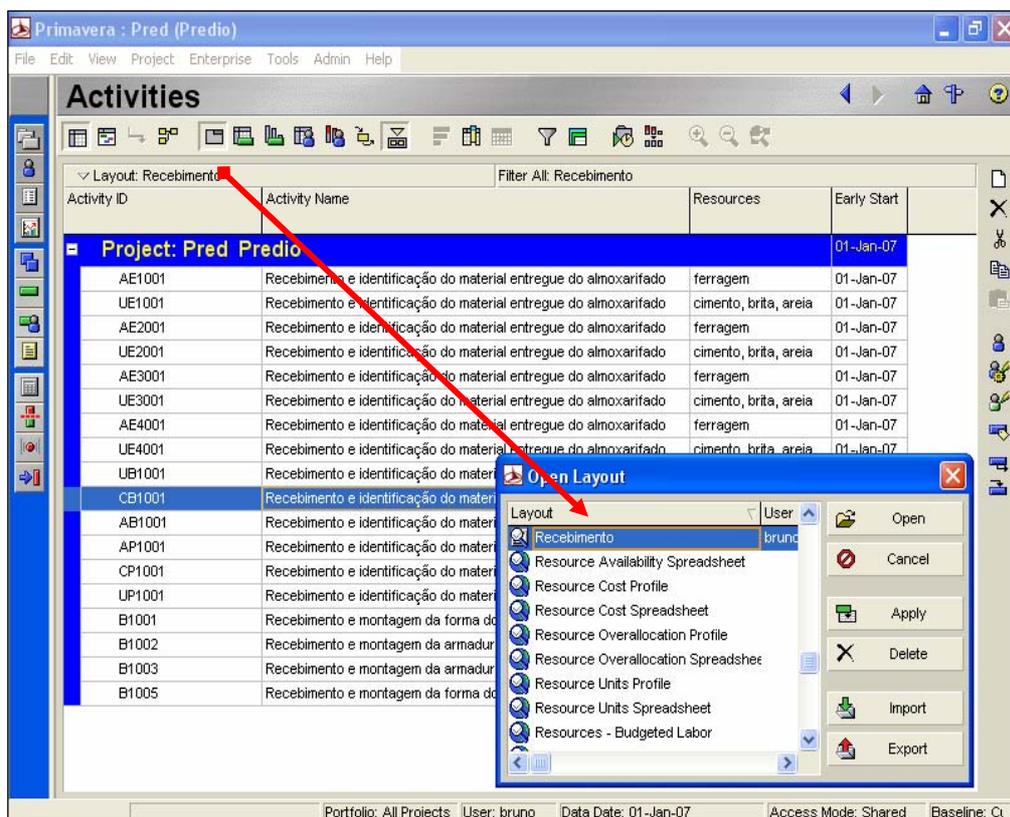


Figura 4.40 - Exemplo de *Layout*: recebimentos de materiais.

O usuário pode escolher a partir de um número de *layouts* para apresentar seus projetos de diferentes perspectivas. Isto permite que ele gaste mais tempo gerenciando projetos, ao invés de repetidamente ficar preparando a exibição, havendo assim uma maior agilidade na troca das informações entre colaboradores.

4.6.8. Arquivamento do projeto

Permite que todas as informações de um projeto possam ser armazenadas em dispositivos de mídia (HDs, CDs, DVDs, etc.), para uso posterior. O projeto pode ser salvo com extensão *Primavera* (.xer) ou MS Project (.mpp), como na Figura 4.41, subsequente.

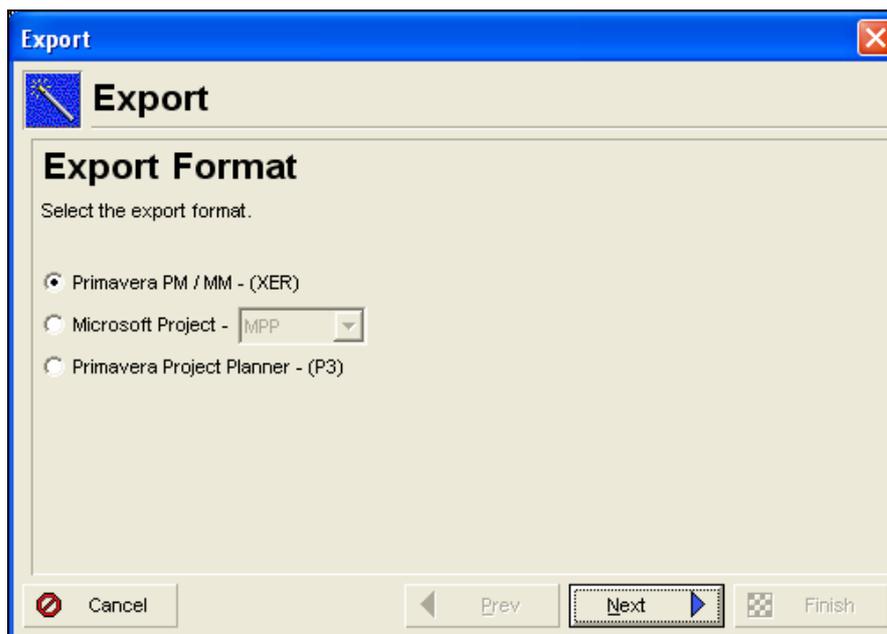


Figura 4.41 - Formatos para arquivamento do projeto.

4.6.9. Visualizar relatórios e estatísticas do projeto

Essa funcionalidade permite aos membros da equipe de projeto visualizar um resumo das ações realizadas no sistema como, por exemplo, a descrição das notificações e documento inseridos no sistema, Figura 4.42, abaixo.

Predio			
Issues			
Issue	Activity	Date Identified	Status
Atraso na cravação do tubo - estaca 1	Cravação do tubo da estaca	02-Jan-07	Open
Atraso na entrega das ferragens	Recebimento e identificação do material entregue do almoxarifado	01-Jan-07	Open

Figura 4.42 - Relatório de notificação.

4.6.10. Monitoramento do sistema

Essa funcionalidade permite controlar todos os eventos do sistema como, por exemplo, quem e quando o criou, ou se excluiu algum usuário. É função do administrador do sistema, conforme explicação mais detalhada no próximo item ,4.7.

4.7. Integração entre empresas no processo de planejamento (SIG Integrado)

Cada etapa do fluxo produtivo consome um montante de tempo, previsto no planejamento original do edifício. Tendo em vista a existência de gargalos, processos ineficientes ou flutuações no fornecimento de insumos, podem ocorrer variações nos prazos previstos para determinada etapa que geram transtornos no andamento normal do fluxo produtivo.

Um dos objetivos do Sistema de Informações Gerenciais (SIG) para Cadeia de Suprimentos - SIG Integrado - é permitir a continuidade do fluxo da construção tendo cada empresa como responsável por seu planejamento (SIG) e preservando, assim, a sua confidencialidade. Após terminar seu planejamento, a empresa administradora do sistema integrado (construtora) deve instalar a base de dados em um computador, chamado servidor, aberto a computadores de outras empresas. Este sistema de planejamento deve ficar em modo de espera, ou seja, estar disponível para interagir com outros SIG's de outras empresas, quando houver solicitação de informação. Essa solicitação pode partir de qualquer empresa da Cadeia de Suprimentos, autorizada a tal. É considerado que cada empresa participante tenha seu servidor e que os vários servidores possam comunicar-se entre si, formando uma rede, que será chamada rede de SIG integrada baseada no *software Primavera P3e* via *web (MyPrimavera)*. Para controle desta rede, deve haver um administrador da rede com as seguintes funções:

- Autorizar participantes: empresas podem entrar e sair da rede e controlar o acesso, restringindo-o a determinado computador e a pessoas autorizadas, ver Figura 4.43, a seguir;
- Estabelecer a estrutura da Cadeia de Suprimentos e a estrutura física da rede: ao se cadastrar, cada empresa identifica de quem compra, para quem vende e o endereço de rede do computador no qual disponibiliza as informações;
- Aplicar as regras de negócio: essas regras definem como as empresas trocam materiais e informação.

O SIG cria uma plataforma multi-usuários, em que auxilia os colaboradores a coordenarem seus esforços. O planejador (da construtora) que coordena o fluxo de informação é chamado de Administrador do sistema. O planejador que coordena o fluxo de material de sua empresa é chamado de planejador colaborador. Cada empresa, representada na Metodologia, possui um planejador de *software* correspondente em seu próprio SIG. Este planejador de *software* pode ser alocado em qualquer computador conectado à Internet.

Define-se a Metodologia de Planejamento da Cadeia de Suprimentos, pela integração dos planejadores e seus respectivos SIG's (representando suas empresas), por um conjunto de políticas de gestão e controle.

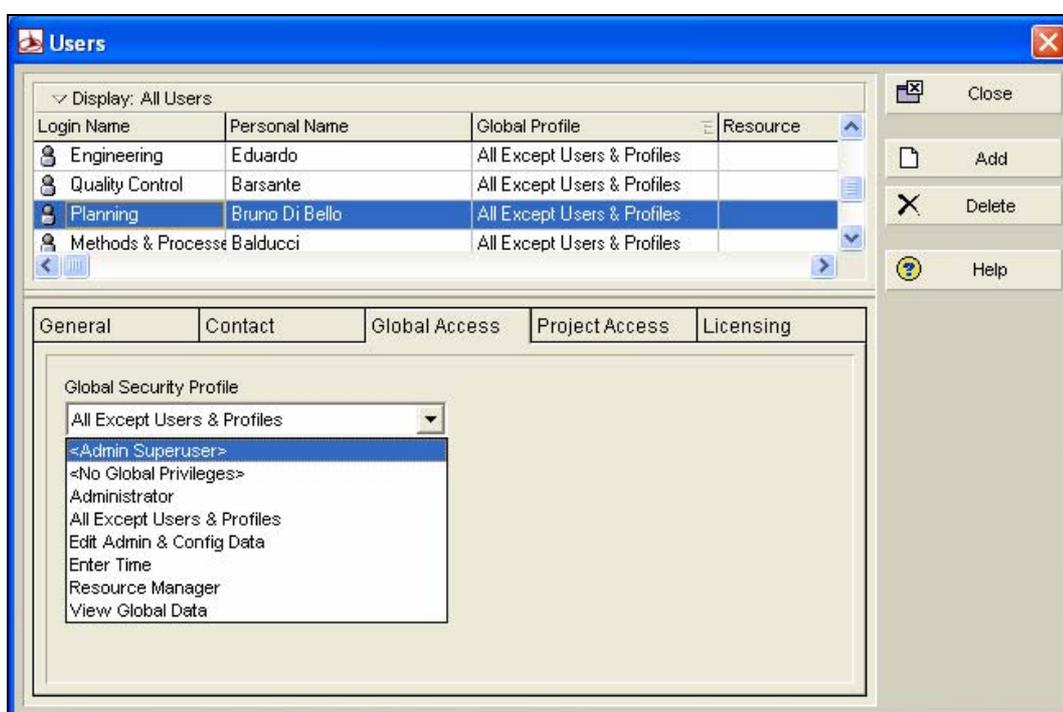


Figura 4.43 - Autorizações dos participantes do Sistema.

A atuação do administrador de rede integrada independe da forma de gestão utilizada pela Cadeia de Suprimentos. A responsabilidade do administrador pode ser da empresa que assume a liderança da rede (construtora) ou uma terceira empresa responsável pelos serviços de "data center" – base de dados. A localização física do administrador de rede não é importante. O importante é o acesso seguro às informações administradas. Os servidores podem estar conectados ao administrador da rede por diferentes tipos de rede (*Extranet*, Internet ou *Lan*).

O ambiente de SIG integrado para a Cadeia de Suprimentos é um ambiente distribuído, baseado nos planejamentos de produção de todos os colaboradores,

especialmente desenvolvido para comparação das diferentes formas de gestão entre empresas. Sua implementação deve considerar que o gerenciamento distribuído ocorre em tempos discretos e utiliza uma lógica de coordenação centralizada. O ambiente consiste numa Metodologia de planejamento que permite ao analista/gerente definir:

- A configuração da Cadeia de Suprimentos formada pelas empresas participantes, bem como o papel de cada uma;
- As regras de negócio de cada empresa (regras para processo pedido, controle de estoque, gerenciar pedido em atraso, regras de produção, etc.);
- A demanda, definida por funções de distribuição e probabilidade (segundo modelos matemáticos baseados na teoria das filas), ou obtida de um arquivo externo com dados exatos dos fornecedores;
- Tempos para o fluxo de informação e material, ou seja, o tempo que um pedido leva para chegar ao fornecedor e o tempo que o material leva para chegar à obra.

Uma vez que cada entidade de negócio possui um conjunto de habilidades e obrigações, um planejador deve possuir um conjunto de atributos e ações, que lhe permita representar o papel da entidade de negócio correspondente. Como exemplo, um planejador (colaborador) fabricante de pré-moldados tem a habilidade de estabelecer um plano de produção baseado em uma previsão, adquirir componentes, fabricar seus produtos e entregá-los à empresa compradora (a obra).

Por fim, deve existir uma plataforma que possibilite a comunicação entre os diferentes planejadores que representam a Cadeia de Suprimentos. Essa comunicação ocorre por meio de mensagens. As mensagens são recebidas pelo planejador que as interpreta e ativa a política de controle correspondente. As decisões nas empresas são realizadas pelos gerentes da empresa, as decisões que envolvem colaboração entre empresas são realizadas pela colaboração dos gerentes e mediadas pelo planejador de coordenação - Administrador do sistema. Por exemplo, o planejador/fornecedor, ao receber pedidos do comprador da obra:

1. Extrai a informação contida no pedido (tipo do produto, quantidade, tempo de entrega);
2. Verifica se há "no estoque" produtos em quantidade suficiente para atender ao pedido;
3. Se houver, gera uma mensagem, endereçada ao planejador do pedido (cliente - obra), confirmando o envio dos produtos. Atualiza o estoque da quantidade enviada;
4. Se não houver quantidade suficiente, o pedido é registrado como pedido em atraso. O atendimento pode ocorrer das seguintes formas: atender ao pedido parcialmente e

a parte não atendida é registrada como pedido em atraso; ou, não atender ao pedido, registrando o pedido inteiro como em atraso.

4.8. Uso do *Primavera* como suporte à tomada de decisão (SAD do Projeto)

Com o objetivo de ser um instrumento facilitador no processo da tomada de decisão, a TI possibilita a integração e a troca de informações entre as atividades que compõem a cadeia de valor de uma empresa, ou seja, as chamadas atividades primárias – que tratam desde a entrada de pedidos até sua entrega – e as atividades secundárias – que provêm a infra-estrutura e a tecnologia para viabilizar o atendimento das necessidades da obra.

Com o uso da TI para o desenvolvimento de um SAD (Sistema de Apoio à Decisão), define-se um sistema pró-eficiente que torna disponíveis ao gestor do projeto as informações críticas ao sistema de forma simplificada e consistente a partir da validação dos dados cadastrados em seu banco de dados por parte dos fornecedores. Estes dados serão processados e expostos em módulos de consultas, viabilizando assim a parte operacional do programa.

O SIG é de grande importância para o SAD deste projeto. Porém, deve-se salientar que a administração propriamente dita do sistema só utilizará para a redução do tempo de entregas de materiais ao canteiro de obras. Dessa forma, o SIG define-se como peça fundamental para o SAD e para o sucesso do projeto, onde a Tecnologia de Informação (TI) torna-se o principal suporte para o desenvolvimento, implantação e gerenciamento deste projeto.

5. CONCLUSÃO

A dissertação apresentou uma análise do gerenciamento da cadeia de suprimentos a partir da sincronização do fluxo do processo construtivo à logística de suprimento do canteiro de obras. Teve como objetivo a redução dos tempos de espera e das paradas no processo produtivo, devido à falta destes recursos no momento de sua utilização.

Para atender esse objetivo, o planejamento e controle da produção se voltaram para questões de produtividade. As atividades que não agregam valor foram eliminadas. Os níveis de estoques apresentados na metodologia tendem a uma redução significativa, pois o *Just-In-Time* estará em toda parte - desde a entrega dos componentes dos fornecedores nos postos *Job-Shops* até as frentes de trabalho no canteiro - no prazo planejado.

Esta metodologia sugere que os projetos da obra sejam desenvolvidos juntamente com os processos onde serão construídos, definindo um planejamento baseado em práticas do PMBOK e aplicado por um sistema de informações conduzido pelo *software Primavera P3e*. Este sistema indicou em que momento devem ser utilizadas as técnicas de melhoria e otimização de processos - MRP e o JIT - para impedir ou minimizar as interrupções nos processos.

A obra deve ser "protegida" de incertezas e variações, por meio do domínio dos processos de produção. O foco da gestão passa a ser:

Desenhar processos internos de produção que favoreçam a estabilização do ritmo da produção, de tal maneira que o seu fluxo possa ser contínuo, facilitando a produção puxada, com a redução dos estoques de materiais e mão-de-obra. Este objetivo pode ser atingido com a produção *Just-In-Time* (JIT) e o *Material Requirements Planning* (MRP), buscando a demanda instantaneamente, com qualidade perfeita e sem desperdícios. De forma complementar, criam-se mecanismos de percepção de desvios das condições de início e fim de cada pacote de serviço: controlando o cronograma e monitorando suas restrições.

O Sistema de Informações Gerencial (SIG) suportado pelo *software Primavera P3e* apresentou informações sobre produção, produtividade, objetivos atingidos (atividades concluídas no prazo) e a atingir (planejamento das atividades a serem executadas), informações sobre re-trabalho e refugos, necessidades de materiais, etc., podendo estar dispostas na rede (*lan*) ou na própria *extranet* da empresa, para serem lidos, analisados e discutidos por todos os colaboradores. Tal ocorre por meio do domínio das variáveis de logística interna (recebimento, armazenamento e disponibilização de insumos) pelo JIT, no canteiro, e de logística externa, para o relacionamento com a rede de fornecedores pelo sistema MRP. O planejamento, a programação e o controle da produção, serão todos controlados por computadores por meio de *softwares* integrados.

Na prática, para o desenvolvimento da Metodologia de Planejamento do trabalho, o principal mecanismo que vem sendo utilizado para viabilizar a colaboração digital no processo de projeto é o SIG via *extranets (MyPrimavera)*.

A Metodologia de Planejamento desta dissertação avaliou os procedimentos impostos ao SIG para redução das variabilidades das entregas devido à falta de coordenação e planejamento da construtora com seus colaboradores (fornecedores, projetistas etc). Tais problemas seriam resolvidos mediante a proposta de estabilização da relação do fluxo do processo com a cadeia de fornecedores.

Para que esses objetivos sejam plenamente alcançados, o gerenciamento do projeto não pode apenas vislumbrar solução para os problemas do canteiro, mas sim de todo o sistema. É necessária, como sugerida na metodologia, uma gestão integrada com seus fornecedores, por meio de soluções baseadas em ferramentas de Tecnologia de Informação (TI), com a configuração de um SIG integrado, que contemple ganhos significativos de colaboração, produtividade e prazo no projeto.

O desenvolvimento das capacidades eletronicamente sincronizadas exige o alinhamento aos objetivos compartilhados. Sem este nível de coordenação e suporte, as oportunidades não conduzem à ação e as programações (cronogramas) falham. A principal capacidade deste sistema está nas formas de crescimento dos relacionamentos com os colaboradores certos.

Cada vez mais se torna necessário solucionar o problema da falta de informações relevantes e oportunas, além da sobrecarga de informação para os tomadores de decisão na indústria da construção. Portanto, a disponibilização dessas novas tecnologias em ferramentas que modelam as informações e gerenciam os dados de um empreendimento, integrando todas as fases e compartilhando informações entre os envolvidos nos processos em todo o ciclo da obra, contribui fundamentalmente para o desenvolvimento do Sistema de Apoio à Decisão (SAD) ofertando aos gestores do projeto as melhores tomadas de decisão.

5.1. Sugestões para futuros estudos

Nesta dissertação, foram observadas algumas oportunidades de investigação. Assim, fazem-se a seguir sugestões para novos estudos dentro do tema apresentado:

- Acompanhar a implementação dos procedimentos e técnicas no transcorrer do processo de projeto e execução de obras prediais, avaliando seu impacto na integração dos colaboradores nas soluções propostas pela tecnologia de informação selecionada;

- A partir da Metodologia de Planejamento apresentada no gerenciamento de projetos de construção civil, aprofundar as questões de Design Colaborativo, admitindo mecanismos de troca de informações entre os envolvidos no processo de projeto, que permita otimizar a comunicação entre os membros da equipe de projeto e fomentar a colaboração entre os demais envolvidos no empreendimento;
- Avaliar o controle das informações em tempo real, com a utilização de serviços Web conectados a terminais de entrada de dados ou até mesmo a leitoras ópticas, que, como parte integrante de sistema de código de barras, possam monitorar o processo produtivo, tais como o recebimento de materiais;
- Analisar mais detalhadamente a redução dos desperdícios nos processos construtivos a luz da Construção Enxuta;
- Analisar outros benefícios do SIG, dentro das soluções de TI, que contemplem a melhoria na troca da informação, a tais como: Chat, Fórum de discussão, Videoconferência e a Integração com dispositivos de computação e telefonia móvel como PDAs e Smartphone.

Referências Bibliográficas

- 1 ALCANTARA, R. L. C.. **A Gestão Estratégica dos Canais de Distribuição: Um Exame da Evolução e do Atual Estágio do Relacionamento entre o Atacado de Entrega e a Indústria.** 194 f. Tese (Doutorado em Administração). Escola de Administração de Empresas de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas. São Paulo, 1997.
- 2 ALSAHWI, M.; INGIRIGE, B.. **Web-Enabled Project Management: an Emerging Paradigm in Construction, Automation in Construction.** 12, 2003, pp. 349-364.
- 3 ALVES, T. C. L., FORMOSO, C. T.. **Guidelines for Managing Physical Flows in Construction Site s.** In: **Conference of the International Group for Lean Construction.** Disponível em: <http://cic.vtt.fi/lean/>. Proceedings... Brighton, 2000, 11p.
- 4 ARAVECHIA, C. H. M.; PIRES, S. R. I.. **Gestão da Cadeia de Suprimentos e Avaliação de Desempenho.** In: Encontro Anual da Associação de Pós-Graduação em Administração (ANPAD), 24., 2000, Florianópolis. Anais...Florianópolis, 2000.
- 5 AZEVEDO, A.; SOUSA, J. P. **Agile Supply Chain Management: Challenges, Requirements and Solutions.** In: CONFERENCE ON MANAGEMENT AND CONTROL OF PRODUCTION AND LOGISTICS, 2, 2000, Grenoble,
- 6 BALDWIN, A.; BETTS, M.; CARTER, C.; HAMILTON, A.; STOKES, E.; THORPE, T. **A Framework for Measuring it Innovation Benefits. Electronic Journal of Information Technology in Construction** 5. Disponível em: <http://www.itcon.org/>. 2000, pp. 57-72.
- 7 BALLARD, H. G.; CASTEN, M. & HOWELL, G. **PARC.. A Case Study.** In: **Conference of the International Group for Lean Construction**, 4., 1996, Birmingham. Disponível em: <http://cic.vtt.fi/lean/>. Proceedings... Birmingham, 1996, 14p.
- 8 BALLARD, H. G.. **Improving Work Flow Reliability.** In: **Conference of the International Group for Lean Construction**, Berkeley. Disponível em: <http://cic.vtt.fi/lean/>. Proceedings... Berkeley. 1997. 12p.
- 9 BALLARD, G.; HOWELL, G.. **An Up-date on Last Planner.** In: **Conference of the International Group for Lean Construction**, 11, 2003, Virginia. Proceedings... Virginia: Virginia Tech, 2003.
- 10 BATALHA, M. O; SILVA, A. L. da. **Gerenciamento de Sistemas Agroindustriais: Definições e correntes Metodológicas.** In: BATALHA, M. O. (Coord.). **Gestão da Cadeia de Suprimentos.** São Paulo: Atlas, 2001. v. 1, cap. 1, p. 23-63.0
- 11 BERGMAN, R.; BAKER, J. D.. **Enabling Collaborative Engineering and Science at JPL, Advances in Engineering Software** 31, 2000, pp. 661-668.

- 12 BERGER, P. L.; LUCKMANN, T.. **The Social Construction of Reality**. Anchor, New York. 1967.
- 13 BERNARDES, M.M. e S. e FORMOSO, C. T. **Implantação de Um Modelo de Planejamento da Produção em Uma Empresa de Construção de Pequeno Porte**. In: VIII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2000, Salvador, BA. Anais..., 2000. v1, p. 493-500.
- 14 BERNARDES, M. M. e S.. **Desenvolvimento de Um Modelo de Planejamento e Controle da Produção para Micro e Pequenas Empresas de Construção**. Porto Alegre: Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001. Tese de Doutorado.
- 15 BERNARDES, M.M. e S. e FORMOSO, C.T.. **Contributions to the Evaluation of Production Planning and Control Systems in Building Companies**. 10th International Conference on Lean Construction - Proceedings IGLC 2002, <http://www.vtt.fi/rte/lean/.2002>.
- 16 BERNARDES, M. M. e S.. **Planejamento e Controle da Produção para Empresas de Construção Civil**. Rio de Janeiro: LTC, 2003.
- 17 BROWN, R. G.. **Advanced service parts inventory control**. Vermont: Materials Management Systems Inc., 1982.
- 18 CAMARGO, André de S. A. e AMARANTE, Felipe G. C. do . **Gestão de Estoques**. Tese de Mestrado. UFSC – SC, 1999.
- 19 CAVALCANTI, Marcos do Couto B. **Sistemas Inteligentes de Apoio a Decisão**. SEMINÁRIO DE TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO: IMPLEMENTAÇÃO E IMPACTOS - IMPACTOS ORGANIZACIONAIS ADVINDOS DA UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS ESPECIALISTAS DE INFORMAÇÃO GERENCIAL, 1998, Rio de Janeiro, p. 35-53.
- 20 CHAPMAN, P. et al. **Building Internet Capabilities** in SMEs. *Logistics Information Management*, v. 13, n. 6, p. 353-360, 2000.
- 21 CHASE, Richard B.; FROEHLE, Craig M.; ROTH, Aleda V.; VOSS, Christopher A. **Antecedents of new service development effectiveness:an exploratory examination of strategic operation choices**. *Journal of Service Research*, v. 3, n. 1, p. 3-17, Aug. 2000.
- 22 CHOW, G.; HEAVER, T. D.; HENRIKSSON, L. E. **Logistics Performance: Definition and Measurement**. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Bradford, v. 24, n. 1, p. 17-28, 1994.
- 23 CHRISTOPHER, M. **The Agile Supply Chain – Competing in Volatile Markets**. *Industrial Marketing Management*, v. 29, n. 1, p. 37-44, 2000.

- 24 CONTE, A.S.L. Last Planner, Look Ahead, PPC: **A Driver to the Site Operations**. 6th International Conference on Lean Construction - Proceedings IGLC 98, <http://www.vtt.fi/rte/lean/>.1998.
- 25 COOPER, M. C.; LAMBERT, D. M.; PAGH, J. D. **Supply Chain Management: More than a New Name for Logistics**. The International Journal of Logistics Management, v. 8, n. 1, p. 1-13, winter, 1997.
- 26 DAUGHERTY, P. J.; ELLINGER, A. E. & GUSTIN, G. M. **Integrated Logistics: Achieving Logistics Performance Improvements**. Supply Chain Management, Bradford, v. 1, n. 3, p. 25-33, 1996.
- 27 FIGUEIREDO, R. S. & ZAMBOM, A. C. **A empresa vista como um elo da cadeia de produção e distribuição**. Revista de Administração da USP. São Paulo, v. 33, n. 3, p. 29-39, jul.-set., 1998.
- 28 FROESE, T.; WAUGH, L. & POURIA, A. **Project Management in the Year 2020**. In: Annual Conference OF THE Canadian Society for Civil Engineers. Proceedings... Victoria: [s.n.]. Victoria, Canada. 2001.
- 29 FURTADO, P. G.; CARVALHO, M. F. **Optimization Structures for Supply Chain Management**. In: Working Conference on Infrastructures for Virtual Enterprises, 3., 2002, Sesimbra, Portugal. Collaborative Business Ecosystems and Virtual Enterprises. Norwell, USA: Kluwer Academic Publishers, 2002. p. 227-236.
- 30 GABRIEL, G. G.; MAHER, M. L., **Coding and Modeling Communication in Architectural Collaborative Design, Automation in Construction**, 11, 2002, pp. 199-211.
- 31 GOLDRATT, E. M., COX, J. **A Meta: Um Processo de Aprimoramento Contínuo**. Editora Educator, 1997, 385p.
- 32 HEINECK, L. F. M.; MACHADO, R. L. **A Geração de Cartões de Produção na Programação Enxuta de Curto Prazo em Obra**. PPGEP, UFSC – SC, 2002.
- 33 HUTT, M. D. & SPEH, J. W. **Supply Chain Management. Business Marketing Management: A Strategic View of Industrial and Organizational Markets**.7 ed. USA: Harcourt College Publishers, 2001.
- 34 JAMES-MOORE, S. M.; GIBBONS, A. **Is Lean Manufacture Universally Relevant? An Investigate Methodology**. International Journal of Operations & Production Management, v. 17, n. 9, p. 899-911, 1997.
- 35 KING, R. P; PHUMPIU, P. F. **Reengineering the food supply chain: the ECR initiative in the grocery industry**. American Journal of Agricultural Economics, v. 78, p. 1181-1186, dec. 1996.
- 36 KINSEY, J.; ASHMAN, S. **Information Technology in the Retail Food Industry**. Technology in Society, v. 22, p. 83-96, 2000.

- 37 KOSKELA, L. **Application of The New Production Philosophy to Construction**. Technical Report N. 72, Centre for Integrated Facility Engineering (CIFE), Stanford University, USA, Setembro, 1992.
- 38 _____. **Concurrent Engineering in Construction: From Theory to Practice**, Proceedings on the 2M International Conferente on Concurrent Engineering in Construction - CEC99. 25-27. Finland, August 1999.
- 39 KOSKELA, L.; BALLARD, G. **Towards Lean Design Management**. In: Conference of the International Group for Lean Construction, 5, 1907, Gold Coast. Proceedings. Gold Coast, Australia: IGLC, 1997.
- 40 LAURINDO, F. J. B. **Tecnologia da Informação: Eficácia nas Organizações**. São Paulo: Editora Futura, 2002. 248 p.
- 41 LEE, H.; WHANG, S. **Decentralized Multi-echelon Supply Chains: Incentives and information**. Management Science. Chicago, USA, v. 45, n. 5, p. 633-640, 1999.
- 42 MACHADO, Ricardo Luiz. **A Sistematização de Antecipações Gerenciais no Planejamento da Produção de Sistemas da Construção Civil**. Tese de Mestrado – UFSC. 2003.
- 43 MARTINS, Petrônio Garcia e LAUGENI, Fernando Piero. **Administração da Produção** - São Paulo: Saraiva, 2000.
- 44 MENTZER, J.T.; KRISHNAN, R. **The Effect of the Assumption of Normality on Inventory Control/Customer Service**. Journal of Business Logistics, v. 6, n. 1, p. 101-120, 1988.
- 45 MICROSOFT Project, version 2003: Microsoft Corporation, 2003.
- 46 MONTEIRO, P. F. **Curso de fundações**, ABACUS informática e engenharia, 1996.
- 47 MOORE, C. J., **Collaborative and Concurrent Engineering in the Construction Industry**. Guest Editor's Introduction, Artificial Intelligence in Engineering, 14, 2000, pp. 201-202.
- 48 NETTO, M. A. C. (1992). **Análise de Sistemas Logísticos**. Grupo Interdisciplinar de Logística- COPPE/UFRJ - Rio de Janeiro.
- 49 NEVES R. M. das; PANZETER A. A.. **“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. 2000.
- 50 NORIE-RS – Nucleo **Orientado para Inovação da Edificação**. Entidade de pós-graduação em engenharia civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- 51 OLIVER & WEBBER. **Supply Chain Management: Logistics Catches up with Strategic**, 1992.

- 52 PIRES, S. R. I. **Managerial implications of the modular consortium in a Brazilian automotive plant**. International Journal of Operations e Production Management. v. 18, n. 3, 1998.
- 53 PMBOK . **Project Management Body of Knowledge**. Versão em português disponível na Internet desde maio de 2000 por Project Management Institute, Brazil, Minas Gerais, 2000.
- 54 _____. **Guia de Conhecimento do Conjunto em Gerenciamento de Projetos**. Guia PMBOK. 3ª edição. Uma Norma Nacional Americana ANSI/PMI 99-001. 2004.
- 55 **PRIMAVERA PROJECT ENTERPRISE P3e**, version 5.0: Primavera Systems, Inc., 2005.
- 56 REZENDE, D.A.; ABREU, A.F. e PEREIRA, R.O. **Geração de Informações Oportunas ou Conhecimento para Auxiliar nos Processos Decisórios Empresariais das Organizações que Utilizam Tecnologia da Informação**. In: Congresso de Lógica Aplicada à Tecnologia, Anais... São Paulo: Plêiade, 2000. São Paulo. 2000.
- 57 SANTOS, E. G. D., **Estrutura: Desenho de Concreto Armado**, São Paulo, Nobel, 1985-1986, v. IV, p. 27-28.
- 58 SCARDOELLI, Lisiane; et all. **Melhorias de Qualidade e Produtividade: Iniciativas de Empresas de Construção Civil**. Porto Alegre: Programa da Qualidade e Produtividade da Construção Civil no Rio Grande do Sul, Porto Alegre: SEBRAE 1994.
- 59 SILVA, M. F. S. & HEINECK, L.F.M. **Equipes de Projeto de Edificações e seu Potencial como Equipes de Gestão de Conhecimento: Uma Reflexão Preliminar**. In: WORKSHOP NACIONAL GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 2., Anais... São Carlos: UFSCar, 2001. 1 CDROM. São Carlos. 2001.
- 60 SILVA, L. F. da. **Uma Metodologia para o Desenvolvimento de Sistemas de Projetos Integrado para a Indústria da Construção Civil em Aço**. Tese de Doutorado - Departamento de Engenharia Civil, Pontifca Universidade Católica do Rio de Janeiro Rio de Janeiro, 2004. 189p.
- 61 SILVER, E. Operations **Research in Inventory Management: A Review and Critique**. Operations Research, v. 29, n. 4, p. 628-645, 1981.
- 62 SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A. & JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. Tradução Brandão, A. B. ...[et al.] - 1.ed - São Paulo - Editora Atlas S.A., 1997.
- 63 SLACK, N. e outros. **Administração da Produção**. São Paulo: Editora Atlas, 1999, 726p.

- 64 SLACK, N.; CHAMBERS; S. & JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- 65 SIMON, H. A. **Applying information technology to organization design**. Public Administration Review, v. 33, n. 3, p. 268-278, 1973.
- 66 SVENSSON, G. **The Theoretical Foundation of Supply Chain Management: A Functionalist Theory of Marketing**. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, v. 32, n. 9, p. 734-754, 2002.
- 67 TOMELLEIN, I. D. & BALLARD, G. **Lookahead Planning: Screening and Pulling**. In: Seminário Internacional sobre Lean Construction, 2., 1997, São Paulo. Anais... São Paulo: Instituto de Engenharia de São Paulo/Logical Systems, 1997.
- 68 WATHEN, Samuel; ANDERSON, John C.; **Designing services: an information-processing approach**. International Journal of Service Industry Management, v. 6, n. 1, p.64-76, 1995.
- 69 ZILBER, M. A. & FISCHMANN, A. A. **Mudanças na Distribuição: o Papel da Estratégia**. In: SEMINÁRIOS EM ADMINISTRAÇÃO (SEMEAD), 4, 1999, São Paulo. Anais... São Paulo, out.1999.
- 70 ZUFFO, J.A. **A Tecnologia e a Infossociedade**. In: A sociedade e a economia do novo milênio, v.1. São Paulo: Manole. 2002.