



UNESP

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá

CONCEITOS DE GESTÃO DE PROJETOS E TEORIA
DAS RESTRIÇÕES, APLICADOS AO PLANEJAMENTO E
CONTROLE DA PRODUÇÃO DE UMA EMPRESA
AERONÁUTICA.

Guaratinguetá
2008

CARLOS ALBERTO LEMES

CONCEITOS DE GESTÃO DE PROJETOS E TEORIA DAS
RESTRICÇÕES, APLICADOS AO PLANEJAMENTO E CONTROLE DA
PRODUÇÃO DE UMA EMPRESA AERONÁUTICA.

Dissertação apresentada à Faculdade
de Engenharia do Campus de
Guaratinguetá, Universidade
Estadual Paulista, para a obtenção
do título de Mestre em Engenharia
Mecânica na área de Transmissão e
Conversão de Energia.

Orientador: Prof. Dr. Valério Antônio Pamplona Salomon
Co-orientador: Prof. Dr. Fernando Augusto Silva Marins

Linha de pesquisa: Gestão e Otimização

Guaratinguetá
2008

L552c	Lemes, Carlos Alberto Conceitos de gestão de projetos e teoria das restrições, aplicados ao planejamento e controle da produção de uma empresa aeronáutica / Carlos Alberto Lemes . – Guaratinguetá : [s.n.], 2008 134 f. : il. Bibliografia: f. 130-134 Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2008 Orientador: Prof. Dr. Valério Antonio Pamplona Salomon 1. Planejamento da produção 2. Controle da produção I. Título CDU 658.5
-------	--

UNESP  UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá

CONCEITOS DE GESTÃO DE PROJETOS E TEORIA DAS RESTRIÇÕES,
APLICADOS AO PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO DE UMA
EMPRESA AERONÁUTICA.

CARLOS ALBERTO LEMES

ESTA DISSERTAÇÃO SERÁ AVALIADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
“MESTRE EM ENGENHARIA MECÂNICA”

ESPECIALIDADE: ENGENHARIA MECÂNICA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: TRANSFORMAÇÃO E CONVERSÃO DE
ENERGIA

APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-
GRADUAÇÃO

Prof. Dr. Marcelo dos Santos Pereira
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. VALÉRIO ANTÔNIO PAMPLONA SALOMON
Orientador / UNESP-FEG

Prof. Dr. UBIRAJARA ROCHA FERREIRA
UNESP-FEG

Prof. Dr. CARLOS HENRIQUE PEREIRA MELLO
UNIFEI

Dezembro de 2008

DADOS CURRICULARES
CARLOS ALBERTO LEMES

NASCIMENTO 26.03.1959 – JACAREÍ / SP

FILIAÇÃO José Lemes
 Adélia Rufino Lemes

2000/2003 Curso de Graduação em Administração
 Faculdade Maria Augusta Ribeiro Daher - FMA.

Dedico este trabalho primeiramente a Deus,
por me permitir chegar até aqui,
aos meus pais,
por me ensinarem o caminho por onde andar
e a minha esposa,
por sempre me apoiar e incentivar a continuar.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar aqui minha gratidão a aqueles que muito me auxiliaram na elaboração desse trabalho:

Por ter feito a orientação desse trabalho, pelos conselhos e cobranças bem colocadas no momento certo, quero agradecer ao meu orientador, Professor Doutor Valério Antônio Pamplona Salomon e ao co-orientador, Professor Doutor. Fernando Augusto Silva Marins, pela ajuda, compreensão e paciência dedicados a mim e a esse trabalho.

Aos engenheiros José Soderó Ferraz Filho, por me dar oportunidade para realizar os créditos para esse mestrado, Reinaldo de Almeida, pelo apoio e incentivo no momento certo.

Aos meus amigos e familiares pelo apoio que me deram, principalmente a minha esposa Ester pela sua compreensão nos finais de semana que dediquei à elaboração da dissertação.

A todos, muitíssimo obrigado!

“Execution is a specific set of behaviors and techniques that companies need to master in order to have competitive advantage”

Ram Charan

LEMES, C. A. Conceitos de Gestão de Projetos e Teoria das Restrições, Aplicados ao Planejamento e Controle da Produção de uma Empresa Aeronáutica. 2008. 147f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2008.

RESUMO

Este trabalho aborda planejamento e controle da produção para uma indústria de grande porte, no setor aeronáutico, cujos produtos têm alto grau de customização, ciclos elevados e uma exigência de alta qualidade e prazo por parte dos clientes. Uma produção bastante complexa, com muita movimentação de material, produto e pessoal e um considerável volume de dados a serem processados diariamente. Nesse cenário não há margem para erros e o caminho é a busca constante do diferencial competitivo.

Com isso, a presente dissertação vem apresentar um modelo de planejamento e controle da produção utilizando conceitos de gestão de projetos através da programação das atividades de montagem por meio de rede de precedências juntamente com a aplicação da Corrente Crítica como recurso para minimizar as dificuldades de se trabalhar em ambientes multiprojetos. Um sistema estruturado e operado por aplicativos disponíveis no mercado, que permita a manipulação de informações oriundas do ambiente produtivo.

O método adotado nesse trabalho foi a pesquisa-ação, contando com a participação efetiva e constante do pesquisador no equacionamento dos problemas encontrados.

Tem-se como resultado da pesquisa o desenvolvimento e implantação de um sistema de gestão, com seus processos, bem como ganhos significativos de ciclo, mão-de-obra e *Work in Process* - WIP, resultados estes determinantes para a conquista do diferencial competitivo e atendimento do alto grau de exigência do mercado aeronáutico.

PALAVRAS-CHAVE: Planejamento e Controle da Produção, Rede de Precedências, Corrente Crítica, Teoria das Restrições, Gestão de Projetos.

LEMES, C. A. *Concepts of Project Management and Theory of Constraints, Applied on Production Plan and Control of one Aerospace Company*. 2008. 147f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2008.

ABSTRACT

This work approaches production planning and control of a large company, in the aerospace industry, whose products have high degree of customization, high cycles and a demand of high quality and delivery on time by the customers. The production is very complex, too many material transportation, products and personnel movement and a considerable volume of information being processed daily. In this scenario there is no margin for error and the path is the constant search of competitive differential.

This study presents a model for a production planning and control assembly using concepts of project management by programming activities with network precedence and the implementation of the Critical Chain Method as a resource to minimize the noxious effects of working in multiprojects. A system structured and operated by applications available on the market, allowing the manipulation of information originating from of the productive atmosphere

The method adopted in this work was the action-research, with the effective participation of the researcher solving some problems during the study.

As a result, the study shows the development and implementation of a management system, with its processes, as well as significant gains cycle, manpower and Work In Process - WIP, these results are decisive for the conquest of the differential competitive to assist with excellence the high degree of demand of the aeronautical market.

KEY-WORDS: Production Plan and Control, Network Precedence, Theory of Constraints, Critical Chain, Project Management.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. APRESENTAÇÃO DO TEMA	1
1.2. CONTEXTO DO PROBLEMA	2
1.3. MOTIVAÇÃO PARA A PESQUISA	3
1.4. OBJETIVO GERAL DA DISSERTAÇÃO	6
1.5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DA DISSERTAÇÃO	6
1.6. LIMITAÇÕES DA PESQUISA	7
1.7. MÉTODO CIENTÍFICO ADOTADO	7
1.8. IMPLEMENTAÇÃO DA PESQUISA-AÇÃO	10
1.8.1. Pré-passo: entendendo o contexto e a proposta	10
1.8.2. Passos principais	11
1.8.3. Meta-passo: monitoramento	12
1.8.4. Validação dos resultados obtidos	13
1.9. ESTRUTURA DO TEXTO DA DISSERTAÇÃO	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1. TIPOS DE PROCESSOS NA INDÚSTRIA	15
2.1.1. Sistema de produção para grandes projetos:	16
2.1.2. Sistema de Produção intermitente	16
2.1.3. Sistema de Produção Contínua	17
2.1.4. Conclusão	18
2.2. GERENCIAMENTO DE PROJETOS	18
2.2.1. WBS - <i>Working Breakdown Structure</i>	20
2.2.2. Redes de Precedência	21
2.2.2.1. Tipos de relacionamentos entre atividades:	21
2.2.2.2. Tipos de Rede de Precedências:	24
2.2.2.3. Técnicas de construção da Rede:	25
2.2.3. C/SCSC - <i>Cost / Schedule Control Systems Criteria</i>	25
2.2.4. Conclusão	26

2.3. AMBIENTE MULTIPROJETOS	26
2.3.1. Tipologia de Ambientes Multiprojetos.....	27
2.3.1.1. Ambiente Multiprojetos Convergentes	27
2.3.1.2. Ambiente Multiprojetos Divergentes	28
2.3.1.3. Ambiente Multiprojetos Paralelos	29
2.3.2. Gerenciando Conflitos em Ambientes Multiprojetos.....	29
2.3.2.1. Multi-tarefa Nociva	30
2.3.2.2. Estimativas Pessimistas	31
2.3.2.3. Lei de Parkinson	33
2.3.2.4. Síndrome de Estudante	34
2.3.3. O Método da Corrente Crítica	35
2.3.3.1. Tempo Seco	36
2.3.3.2. Planejamento Reverso	36
2.3.3.3. Recurso Crítico	37
2.3.3.4. Inserção de Pulmões (<i>Buffers</i>).....	38
2.3.4. Conclusão	41
2.4. PLANEJAMENTO E PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO	42
2.4.1. Planejamento Estratégico da Produção – Longo Prazo.....	44
2.4.1.1. PMO – <i>Project Management Office</i>	45
2.4.1.2. S&OP – <i>Sales and Operations Planning</i>	46
2.4.1.3. Gestão da Demanda.....	48
2.4.1.4. Planejamento de Capacidade de Longo Prazo	48
2.4.1.5. Planejamento Agregado de Produção.....	48
2.4.2. Planejamento Mestre da Produção – Médio Prazo.....	49
2.4.2.1. MPS – <i>Master Production Schedule</i>	49
2.4.2.2. Planejamento de Materiais	50
2.4.2.3. Planejamento da Capacidade de Médio Prazo	53
2.4.3. Programação e Seqüenciamento da Produção – Curto Prazo.....	53
2.4.3.1. Carregamento	54
2.4.3.2. Seqüenciamento.....	54
2.4.3.3. Programação	54

2.4.3.4. Sincronização da Produção pelo Tempo <i>Takt</i>	56
2.4.4. Conclusão	57
2.5. ACOMPANHAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO	58
2.5.1. Gráfico de Gantt	59
2.5.2. Curva “S” como Técnica de Planejamento e Programação	60
2.5.3. Histograma de Carga de Recursos.....	60
2.5.4. Gerenciamento dos Pulmões (<i>Buffers</i>)	61
2.5.5. Conclusão	62
3. DESCRIÇÃO DO MODELO DE GESTÃO ANTERIOR.....	63
3.1. ESTRUTURA DE PRODUTO	64
3.2. CASCATA DE PRODUÇÃO	69
3.3. PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO.....	70
3.4. A ATIVIDADE DE PRODUÇÃO	73
4. DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE GESTÃO PROPOSTO	75
4.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	75
4.2. FORMAÇÃO DA EQUIPE DO PROJETO	76
4.3. DEFINIÇÃO DOS PAPÉIS E RESPONSABILIDADES	77
4.3.1. Papel do Planejamento	79
4.3.2. Papel da Engenharia de Produção	80
4.3.3. Papel da Função Produção.....	81
4.4. ESCOPO DO PROJETO	81
4.4.1. Ciclo 1 – Teste do <i>software</i> Primavera® com seus recursos padrão	82
4.4.1.1. Construção da Rede de Precedências em Primavera®	83
4.4.2. Ciclo 2 – Geração das interfaces do <i>Software</i> com os sistemas da empresa.....	84
4.4.2.1. Interface com a Estrutura de Produto	84
4.4.2.2. Interface de apontamentos da produção	85
4.4.2.3. Interface de atualização diária do sistema de gestão por rede.....	85
4.4.2.4. Interface de sugestão de pagamento de material para a produção	86
4.4.3. Descrição dos critérios e processos do modelo de gestão	86
4.4.3.1. Centro de Trabalho (CT)	87
4.4.3.2. Atividade da Rede de Precedências.....	87

4.4.3.3. Linha de Montagem ou Fase de Montagem	88
4.4.3.4. Rede de Acompanhamento ou Agrupamento.....	89
4.4.3.5. Processo de manutenção da rede modelo	89
4.4.4. Processo de Planejamento e Acompanhamento	92
4.4.4.1. Estabelecendo as “Datas dos Principais Eventos”	93
4.4.4.2. Acompanhamento dentro da Fase de Montagem	95
4.4.5. Ciclo 3: Inclusão dos conceitos da Teoria das Restrições.....	96
4.4.5.1. Gerenciamento utilizando margens por Fase de Montagem	97
4.4.5.2. Tempo seco e margens por posição de montagem	98
4.4.6. Ciclo 4: Modelamento do processo de pagamento de material.....	100
5. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DA PESQUISA	102
5.1. CONSTRUÇÃO DAS INTERFACES DO SISTEMA.....	102
5.1.1. Interface com a Estrutura de Produto	104
5.1.2. Interface de Apontamento de Percentual.....	106
5.1.3. Interface de Atualização diária do Sistema de Gestão por Rede.....	108
5.1.4. Interface de Sugestão de Pagamento de Material para a Produção.....	110
5.2. VISIBILIDADES GERENCIAIS DO SISTEMA	113
5.2.1. Datas dos Principais Eventos.....	114
5.2.2. Relatórios Diários para os Times da Produção	114
5.2.3. Percentual de Completamento na Saída das Posições.....	116
5.2.4. Iso-Avançamento da Montagem (Curva “S”)	118
5.2.5. Visão Sumarizada e Cronograma Detalhado dos Aviões.....	119
5.2.6. Análise de Ocupação e Sobrecarga de Mão-de-Obra.....	120
5.3. GANHOS ALCANÇADOS	121
5.3.1. Ganho com Eficiência da Mão-de-Obra.....	121
5.3.2. Redução Acentuada dos Ciclos Produtivos.....	122
5.3.3. Redução do WIP – <i>Work in Process</i>	123
5.3.4. Gestão dos Processos e Melhoria Contínua	124
5.4. DEPOIMENTOS DOS USUÁRIOS DO SISTEMA.....	125
6. CONCLUSÕES.....	127
6.1. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	128

6.2. CONSIDERAÇÕES FINAIS	128
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	130

Índice de Figuras

Figura 1: Ciclo de Pesquisa-ação	10
Figura 2: Ciclos da pesquisa-ação	12
Figura 3: Relação Volume vs Variedade em Processos	16
Figura 4 : Ligação <i>Finish to Start</i> (FS)	22
Figura 5: Ligação <i>Finish to Start</i> com atraso de 5 horas.....	22
Figura 6: Ligação <i>Start to Start</i> (SS) com atraso de 2 horas	23
Figura 7: Ligação <i>Finish to Finish</i> (FF)	23
Figura 8: Ligação <i>Start to Finish</i> (SF)	23
Figura 9: Modelo de Rede AON (<i>Activity on Node</i>)	24
Figura 10: Modelo de Rede AOA (<i>Activity on Arc</i>).....	24
Figura 11: Modelo de Ambiente Multiprojetos Convergentes.....	28
Figura 12: Modelo de Ambiente Multiprojetos Divergentes	28
Figura 13: Modelo de Ambiente Multiprojetos Paralelos	29
Figura 14: Efeito da Multitarefa atrasando o Projeto	31
Figura 15: Estimativa de Tempo das Atividades	32
Figura 16: Gráfico das Probabilidades das Estimativas	33
Figura 17: Efeito da Síndrome de Estudante na Segurança das Atividades.....	34
Figura 18: Caminho Crítico vs Corrente Crítica	38
Figura 19: Pulmões da Corrente Crítica	39
Figura 20: Identificação do Recurso Crítico (<i>drum</i>) em Multiprojetos	40
Figura 21: Recursos Restritivos e Pulmão de Capacidade	41
Figura 22: Fluxo de informações do PCP.	43
Figura 23: Decisões hierárquicas do Planejamento e Controle da Produção	44
Figura 24: S&OP integrando as principais funções da Empresa	47
Figura 25: Programação da Produção - Sistema Puxado	55
Figura 26: Programação da Produção - Sistema Empurrado	56
Figura 27: Linha de produção do Bombardeiro B-24 fluxo baseado no Tempo <i>Takt</i> ..	57
Figura 28: Exemplo de Gráfico de Gantt – <i>Software Primavera®</i>	59
Figura 29: Curva "S" como Técnica de Controle	60

Figura 30: Diagrama de Gantt com Histograma de Recurso (<i>Primavera</i> ®).....	61
Figura 31: Exemplo Clássico de Gerenciamento de Pulmões.....	62
Figura 32: Estrutura de Produtos de Múltiplos Níveis	64
Figura 33: Estrutura de Produtos Múltiplos Níveis de um Computador.....	65
Figura 34: Várias Estruturas de Produto Múltiplos Níveis de um Computador	66
Figura 35: Estrutura de Produto Modular.....	66
Figura 36: Estrutura de Produto Modular de um Computador.....	67
Figura 37: Planejamento de acordo com a Estrutura de Múltiplos Níveis.....	68
Figura 38: Planejamento de acordo com a Estrutura Modular	68
Figura 39: Planejamento conforme Estrutura Modular com vários Coletores.....	69
Figura 40: Cascata de Produção	70
Figura 41: Entradas e Saídas do MRP – <i>Material Requirements Planning</i>	71
Figura 42: Fluxo de Informações no Cálculo do MRP	72
Figura 43: Distribuição das Necessidades Líquidas no Tempo	72
Figura 44: Modelo de Atuação do Time do Projeto	77
Figura 45: Definição dos Papéis e Responsabilidades	79
Figura 46: Mudança Cultural no Ambiente Produtivo	82
Figura 47: Visão Esquemática das Interfaces do Sistema de Gestão por Rede	83
Figura 48: Rede de Precedências criada no <i>Software Primavera</i> ®	84
Figura 49: Relação PN na Estrutura e Atividade na Rede de Precedências.....	87
Figura 50: Visão Esquemática de Linha de Montagem ou Fase de Montagem.....	88
Figura 51: Rede de Acompanhamento ou Agrupamento	89
Figura 52: Análise de Ocupação de Área.....	90
Figura 53: Rede Modelo Nivelada com definição de Fases ou Linhas Montagem.....	92
Figura 54: Planejamento dos Aviões em Processo.....	95
Figura 55: Acompanhamento dentro da Fase.....	96
Figura 56: Margem (Pulmão) de Gerenciamento entre as Fases.....	98
Figura 57: Margem (Pulmão) no final de cada posição de montagem.....	99
Figura 58: Gestão Visual das Margens por Posição.....	99
Figura 59: Fluxograma do Processo de Pagamento de Material na Montagem.....	101
Figura 60: Visão Esquemática do Sistema de Gestão por Rede.....	103

Figura 61: Interfaces para operacionalização do Sistema de Gestão por Rede.....	103
Figura 62: Processo de “Compare” entre a Estrutura Produto e Rede Modelo.....	104
Figura 63: Tela de Controle de PN Atividade Rede.....	105
Figura 64: Relatório de exclusão de atividades.....	106
Figura 65: Tela de Controle de Percentual Atividade Rede e Relatório Times	107
Figura 66: Relatório de Times	108
Figura 67: Interface de Processamento diário do Sistema de Gesto por Rede.....	109
Figura 68: Tela de Sugestão de Pagamento de Material (Visão do Programador)	111
Figura 69: Tela Sugestão Pagamento Material (Visão da Logística Interna)	112
Figura 70: Tela de Sugestão de Pagamento Material (Visão do Controlador).....	113
Figura 71: Relatório Diário dos Times de Montagem.....	115
Figura 72: Cronograma do Real versus Planejado	116
Figura 73: Percentual de Completamento na Data Planejada	117
Figura 74: Gráfico de Iso-Avançamento da Montagem (Curva “S”).....	118
Figura 75: Visão Sumarizada e Cronograma Detalhado dos Aviões	119
Figura 76: Visualização de Ocupação e Carga de Mão-de-Obra	120
Figura 77: Relação de Mão-de-Obra por Avião Fabricado	121
Figura 78: Gráfico de Acompanhamento de Ciclos	122
Figura 79: Gráfico de Acompanhamento do WIP.....	123
Figura 80: Gestão Visual dos Resultados.....	124

Índice de Tabelas

Tabela 1: Tempo Takt por período de Produção	94
Tabela 2: Datas dos Principais Eventos.....	114

Índice de Quadros

Quadro 1: Situações relevantes para diferentes métodos de pesquisa	8
--	---

Índice de Abreviaturas

ALAP	<i>As Late As Possible</i> – Execução de Atividade na Data Mais Tarde
AOA	<i>Activity on Arc</i> – Rede de Precedência com Atividades no Arco
AON	<i>Activity on Node</i> – Rede de Precedência com Atividades no Nó
ASAP	<i>As Soon As Possible</i> – Execução de Atividade na Data Mais Cedo
APICS	<i>American Production & Inventory Control Society</i> – Associação Americana de Produção e Controle de Estoque
ATO	<i>Assembly to Order</i> - Montagem sob Encomenda
CPM	<i>Critical Chain Project Management</i> – Gerenciamento de Projetos por Corrente Crítica
CPM	<i>Critical Path Method</i> – Método do Caminho Crítico
MPS	<i>Master Production Schedule</i> - Plano Mestre de Produção.
MRP	<i>Manufacturing Requirement Planning</i> - Planejamento das Necessidades de Materiais .
MTO	<i>Make To Order</i> - Produção Sob Encomenda
MTS	<i>Make To Stock</i> - Produção para Estoque.
PERT	<i>Program Evaluation and Rewiew Technique</i> – Técnica de Revisão e Avaliação de Programa
PMBOK	<i>Project Management Book of Knowlege</i> – Manual de Gerenciamento de Projetos
PMI	<i>Project Management Institute</i> – Orgão
PMP	Plano Mestre de Produção
PVO	Plano de Vendas e Operações
SCM	<i>Supply Chain Management</i> – Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos.
SCSC	<i>Schedule Control Systems Criteria</i> – Método de Controle Integrado de Custos, Prazos e do trabalho
SFC	<i>Shop Floor Control</i> – Controle de Chão de Fábrica.
S&OP	<i>Sales and Operations Planning</i> – Planejamento de Vendas e Operações
TOC	<i>Theory of Constraint</i> – Teoria das Restrições
WBS	<i>Working Breakdown Struture</i> – Estrutura Analítica de Projeto
WIP	<i>Work In Process</i> - Material em Processo de Produção.

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo apresenta-se o contexto no qual se insere esta dissertação, assim como os fatores que motivaram sua realização, seus objetivos e limitações. Também é explicitado o método científico adotado para a realização da pesquisa e, por fim, é apresentada a estrutura deste texto.

1.1. APRESENTAÇÃO DO TEMA

Segundo Stalk e Houl (1990), a década de 80 foi considerada a década da qualidade e a de 90 a década da resposta rápida ao mercado e no atendimento aos clientes. Para Gates (1999), as empresas devem possuir um mecanismo de resposta rápida às mudanças, semelhante à capacidade do corpo humano em reagir de maneira automática aos estímulos do meio exterior. Vivemos em um mundo globalizado, marcado pela intensa competição entre as empresas de um mesmo setor. Porter (1980), afirma que a forma como uma empresa se posiciona para a competição é fundamental para dificultar, ou não, o ataque de seus desafiantes.

O setor da indústria aeronáutica é caracterizado por produtos de alto valor agregado, elevados investimentos e acirrada competitividade, assim é de fundamental importância se buscar vantagens competitivas, as quais mantenham a empresa em posições estratégicas no mercado que ocupa. Hoje, a ênfase maior tem sido dada a realização de um bom planejamento, no entanto, a fase de execução e controle tem igual, senão maior importância quanto o planejamento, conforme Bossidy e Charan (2002), no livro “*Execution – The Discipline of getting things done*”.

Dessa forma, o presente estudo propõe um modelo sobre gestão da produção no ambiente operacional ou chão de fábrica – SFC (*Shop Floor Control*), desenvolvendo os sistemas que o apóiam, a partir da identificação das oportunidades de desenvolvimento nessa área, tendo em vista a relevância de um controle eficaz no desempenho da Produção.

1.2. CONTEXTO DO PROBLEMA

No ambiente onde este trabalho foi desenvolvido, que é o setor aeronáutico, tem se verificado um aumento extraordinário da concorrência entre as indústrias participantes. Seus produtos, que apresentam ciclos de produção elevados, recebem por parte de seus clientes a exigência de um alto grau de customização, qualidade e velocidade na entrega. Além disso, as linhas de produção desse setor industrial são bastante complexas, com atividades muitas vezes artesanais que permitem uma elevada flexibilidade na seqüência de montagem, atribuem ao produto uma singularidade que faz com que a abordagem de gestão da produção possua características particulares que não são partilhadas pela produção em série ou em lotes.

Na indústria aeronáutica existe a necessidade de grandes espaços físicos para desenvolver sua produção, com produtos e materiais em processo sendo deslocados de um prédio para outro, demandando um sistema de gestão estruturado para administrar o considerável volume de informação diária que é gerada ao longo da sua linha de montagem.

No período em que esse estudo foi desenvolvido, do início de 1999 ao final de 2003, a empresa estudada iniciava uma nova linha de produção com uma demanda crescente em níveis maiores do que, até então a empresa estava acostumada. O processo produtivo conhecido e praticado pelas áreas produtivas favorecia o desperdício causado por grandes movimentações de pessoal e acúmulo de material nos postos de trabalho. A falta de sincronismo entre as atividades prejudicava o senso de prioridade nas tarefas, elevando os ciclos produtivos a níveis impraticáveis para o atual contexto do mercado.

O aumento da cadência produtiva exigia um controle sistêmico que permitisse a tomada de decisão no chão de fábrica em velocidades compatíveis com o novo volume de produção. A distribuição da mão-de-obra estava sujeita a experiência do supervisor, sendo agrupada por tecnologia, o que não favorecia a polivalência, causando um aumento considerável no efetivo necessário para manter a produção desejada.

No cenário mundial competitivo do mercado de aviões não existe margem para erros, e as decisões se tornam cada vez mais difíceis, fazendo com que as empresas busquem continuamente formas de manter suas margens de lucro. Uma vez que o ambiente do mercado vem se tornando mais competitivo, é necessário que as empresas busquem continuamente obter recursos que as diferenciem de seus concorrentes (FIORONI, 2000).

Diante dessa situação, o que se pretende obter com esta pesquisa como contribuição para minimizar o problema apresentado é um controle mais acurado e sustentável dos processos de montagem dos produtos. Dessa maneira, pretende-se alcançar a redução dos ciclos produtivos e necessidade de mão-de-obra pela sincronização e otimização dos recursos existentes, melhorando assim a confiabilidade no cumprimento dos prazos e custos da produção.

1.3. MOTIVAÇÃO PARA A PESQUISA

O planejamento e controle da produção orientado para a produção de produtos unitários (navios, pontes etc) é normalmente classificado como gestão de projetos. Os métodos CPM e PERT, segundo Carvalho (2000) são, dentre os métodos de gestão de projetos, os que têm sido aplicados com maior sucesso. Tradicionalmente essas técnicas eram utilizadas para o planejamento e controle de projetos longos e não repetitivos, apesar de sua utilidade potencial ser muito mais ampla, mas elas têm atualmente sido utilizadas, com sucesso, em áreas variadas, dentre as quais a produção.

Na indústria aeronáutica, destaca-se a utilização dessas ferramentas de Gestão de Projetos como técnicas de gerenciamento, uma vez que os produtos dessas indústrias podem ser tratados como projetos, já que possuem características como começo e fim bem definidos e de serem, de alguma forma, diferentes entre si pela customização exigida pelos clientes.

O objetivo de todo projeto é entregar todo o escopo acordado, com a qualidade esperada pelo cliente, dentro do prazo e dos custos orçados (LEWIS, 1995 *apud*

Quelhas, 2005). Quando os projetos não conseguem atingir seus objetivos de prazo, custos ou quando suas especificações têm de ser sacrificadas ou deterioradas justamente para se tentar chegar aos prazos e custos desejados, o que se costuma fazer é lamentar que as incertezas tenham ocorrido, buscar que os recursos trabalhem mais e melhor, e que o planejamento seja mais detalhado (CALIA, 2004). Como a produção aeronáutica tem uma característica de produção sob demanda (MTO - *make-to-order*), uma vez que o seu produto, uma aeronave específica, na maioria dos casos já tenha sido vendida ao entrar na linha de produção, o fator prazo passa a ser crucial para a imagem da empresa junto aos seus clientes, aliado aos custos financeiros produzidos pelos atrasos, ambos fatais para a sobrevivência da empresa no mercado acirrado da aviação.

Estes desafios se multiplicam em um cenário onde vários projetos são executados ao mesmo tempo. Segundo Barcaui (2004), em um ambiente multiprojetos, o portfólio de projetos da organização depende diretamente do seu conjunto de recursos, sejam estes internos ou externos. O problema é que este número é finito. Nestes casos, a competência e a capacidade destes recursos podem ser interpretadas como o principal fator restritivo e estes critérios acabam por levar estes recursos a serem mais utilizados que os outros, degradando o desempenho do sistema. Ainda segundo Barcaui (2004), os processos e políticas da empresa em relação à alocação de seus recursos são de fundamental importância no contexto da restrição. Em um ambiente multiprojetos, a combinação de diversas tarefas não sincronizadas, a chamada multitarefa, limita o desempenho desses recursos. Nestes casos, a verdadeira restrição não são os recursos da organização, mas as próprias práticas organizacionais que não estabelecem mecanismos de priorização de recursos e tampouco se preocupam com a capacidade do sistema.

A Teoria das Restrições (TOC - *Theory of Constraints*), proposta por Goldratt (1992), oferece uma alternativa bastante interessante para esta situação, visualizando a empresa não em partes isoladas, mas como um sistema integrado. Através da Corrente Crítica (CCPM - *Critical Chain Project Management*), técnica de alocação de recursos em ambiente multiprojetos desenvolvida pelo físico israelense Dr Eliyahu Goldratt em 1997, procura-se neste trabalho estabelecer um modelo de gestão da produção, em

termos de planejamento e, principalmente, o controle do chão de fábrica para a obtenção de resultados de prazo, qualidade e eficiência na utilização dos recursos disponíveis.

Dentro da pesquisa bibliográfica executada (Portal da CAPES, Biblioteca da UNESP – ATHENA; Biblioteca da USP – DEDALUS; GOOGLE SCHOLAR), encontrou-se muito material referenciando tanto os conceitos de gestão de projetos aplicados a produção (Weider Robeson Silva: Aplicação dos Conceitos de Gestão de Projetos e Sistemas Enxutos na Revisão de Processos de Modernização de Elevadores. UNICAMP, 2003; Belmiro Cardoso de Oliveira: Estudo de um Modelo de Alocação de Recursos e Seqüenciamento de Atividades para Auxílio à Administração de Projetos em Instalações de Ar-Condicionado, UFMG, 2005), quanto os conceitos da Teoria das Restrições aplicados a projetos (Antonio Carlos Dantas Cabral: A teoria das restrições aplicada ao estudo de cadeias produtivas de alimentos. USP, 2003; Almir Antônio Cunha de Souza: Aplicação da Metodologia Tambor - Pulmão - Corda (TPC) com Supermercado na Gestão de Manufatura de Eletrodos de Grafite das Unidades de Candeias e Monterrey da Graftech Internacional LTDA. UFB, 2006). No entanto, foi encontrada uma lacuna no que diz respeito a um modelo de gestão que aplique os conceitos de projetos e teoria das restrições juntos para o gerenciamento da produção. A lacuna se mostra ainda maior quando esse modelo de gestão proposto seja aplicado a um produto com características de um projeto sendo montado em uma linha de produção contínua, que é a proposta desse trabalho.

A contribuição científica dessa pesquisa está na proposta de se eliminar essa lacuna e fazer com que esses resultados sejam determinantes para a conquista do diferencial competitivo, trazendo agilidade na produção e na entrega das aeronaves e poder, assim, atender com excelência o alto grau de exigência do mercado aeronáutico.

1.4. OBJETIVO GERAL DA DISSERTAÇÃO

O objetivo geral do trabalho é propor um método de planejamento e controle da produção em uma indústria aeronáutica, através da programação de atividades por meio de redes de precedências e a aplicação da Corrente Crítica como recurso para minimizar as dificuldades em se trabalhar com multiprojetos, considerando que, na produção de aeronaves, cada produto em linha de montagem é tratado como sendo um projeto.

1.5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DA DISSERTAÇÃO

Os objetivos específicos deste trabalho são:

Apresentar conceitos da gestão de projetos e do modelo de Corrente Crítica que melhor se aplicam ao planejamento e controle da produção de aeronaves.

Desenvolver um sistema estruturado através de rede de precedência e operado por aplicativos disponíveis no mercado, que permita a manipulação de informações oriundas do ambiente produtivo.

Desenvolver uma ferramenta gerencial para gerar informações que possibilitem a tomada de decisão no âmbito do planejamento operacional e permita a programação dos recursos envolvidos no processo produtivo.

Alcançar uma redução significativa nos ciclos produtivos praticados e na necessidade de mão-de-obra através da sincronização e otimização dos recursos produtivos.

1.6. LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Podem ser consideradas limitações da pesquisa as ações a serem tomadas em outras áreas que interferem diretamente no resultado da pesquisa, mas que estão fora do campo de ação específico estudado, tais como:

Indefinições de engenharia, provocando modificações no produto ao longo da linha de produção;

Indefinições de configurações de clientes;

Atrasos de materiais críticos na montagem, com prazos fora do escopo aceitável de produção.

1.7. MÉTODO CIENTÍFICO ADOTADO

Rey (1993) define pesquisa como uma “investigação e estudo minucioso e sistemático com o fim de descobrir ou estabelecer fatos ou princípios relativos a um campo qualquer do conhecimento”. Os métodos de pesquisa a serem utilizados variam de acordo com o campo da investigação, a natureza dos fatos ou fenômenos estudados e as circunstâncias em que se vai trabalhar.

Para Silva e Menezes (2005), do ponto de vista da sua natureza, uma pesquisa pode ser classificada como básica quando objetiva gerar conhecimentos novos úteis para o avanço da ciência sem aplicação prática prevista. Envolve verdades e interesses universais. Sob o mesmo ponto de vista, pode também ser classificada como aplicada quando objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos. Envolve verdades e interesses locais.

Conforme já afirmado, esta pesquisa trata de uma aplicação prática na indústria aeronáutica, dirigida à solução de problemas específicos em gestão de projetos, podendo, portanto ser classificada como uma *Pesquisa Aplicada*.

Bryman (1992) afirma que, basicamente, existem dois tipos de pesquisa em organizações: a pesquisa organizacional qualitativa e a pesquisa organizacional

quantitativa. A pesquisa organizacional qualitativa tem ênfase na perspectiva dos indivíduos que são estudados e procura descobrir o que é importante para as pessoas, interpretando os ambientes nos quais trabalham, ou seja, fazem profundas investigações sobre os indivíduos e seu meio.

Já a pesquisa quantitativa parte de um conjunto de temas previamente estabelecidos, derivados de questões teóricas ou provindos de leitura da literatura de um domínio particular e procura provar uma dada hipótese de trabalho.

Ainda de acordo com Bryman (1992), os principais métodos de pesquisa são: pesquisa experimental (*experimental research*), pesquisa de levantamento (*survey research*), estudo de caso (*case study*) e pesquisa ativa ou pesquisa-ação (*action research*).

Yin (1994) apresenta três condições para a escolha do método de pesquisa a ser adotado: tipo de questão colocada; grau de controle que o pesquisador tem sobre os eventos; grau de foco no contemporâneo como oposição a eventos históricos. Ele relaciona, para alguns métodos de pesquisa, essas três condições e seus respectivos desdobramentos, o que é mostrado no Quadro 1 a seguir.

Quadro 1: Situações relevantes para diferentes métodos de pesquisa (Fonte: Yin, 1994)

Método de pesquisa	Tipo de questão de pesquisa	Requer controle sobre eventos comportamentais?	Focaliza eventos contemporâneos?
Experimental	Como, por quê	Sim	Sim
De levantamento	Quem, o quê, onde, quantos, Quando	Não	Sim
Pesquisa-ação	Como, por quê	Sim/Não	Sim
Estudo de caso	Como, por quê	Não	Sim

Sob o ponto de vista da abordagem do problema, segundo Silva e Menezes (2005), pode-se classificar esse trabalho como *Qualitativo*, pois a interpretação dos fenômenos e a atribuição dos significados, não requereram o uso de métodos e técnicas estatísticas. O ambiente natural é a fonte direta para a coleta dos dados e o pesquisador é o instrumento chave. Ainda segundo Silva e Menezes (2005), pode-se considerar essa pesquisa como *Exploratória*, sob o ponto de vista dos seus objetivos, pois visa proporcionar familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo explícito.

Com base no Quadro 1, observa-se que o tipo de questão de pesquisa para este trabalho é “como”; e que o pesquisador não tem controle sobre os eventos comportamentais; e que o foco está em eventos contemporâneos. Tais pressupostos direcionam para o estudo de caso e para a pesquisa-ação.

Segundo Yin (1994), estudo de caso “é um estudo empírico que investiga um fenômeno dentro de seu contexto de realidade, quando as fronteiras entre o fenômeno e o contexto não são claramente definidas, e no qual são utilizadas várias fontes de evidência”.

Segundo Thiollent (2005), a pesquisa-ação é um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada com estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo.

Para Oquist (1978), pesquisa é a produção de conhecimento e ação a modificação intencional de uma dada realidade. A ação implica em conseqüências que modificam uma dada realidade independente da ação ser de sucesso ou não em termos da intenção de modificar a realidade em questão de uma dada direção.

Bryman (1989) considera que a pesquisa-ação é uma abordagem a pesquisa social aplicada na qual o pesquisador e o cliente colaboram no desenvolvimento de um diagnóstico e para a solução de um problema, por meio da qual as descobertas resultantes irão contribuir para a base do conhecimento de um domínio empírico particular.

Considerando que o trabalho de pesquisa aqui desenvolvido contou com a participação efetiva e constante do pesquisador (Seção 4.2.1 – Equipe do Projeto) no equacionamento dos problemas encontrados, no acompanhamento e na avaliação das ações desencadeadas em função dos problemas, a pesquisa-ação destaca-se como o método de pesquisa mais adequado para este trabalho. De acordo com Thiollent (2005), toda pesquisa-ação é do tipo participativo, ou seja, a participação das pessoas implicadas nos problemas investigados é absolutamente necessária. Para não haver dúvidas, Thiollent (2005) explica que uma pesquisa pode ser qualificada de pesquisa-ação quando houver realmente uma ação por parte das pessoas ou grupos implicados

no problema sob observação, uma ação não-trivial, ou seja, uma ação problemática que mereça uma investigação para ser elaborada e conduzida.

1.8. IMPLEMENTAÇÃO DA PESQUISA-AÇÃO

O ciclo de pesquisa-ação compreende três tipos de passos, dado pela Figura 1:

- Pré-passo: para entender o contexto e a proposta;
- Seis passos principais: para coletar, realimentar e analisar os dados, e para planejar, implementar e avaliar as ações;
- Meta-passo para monitoração.

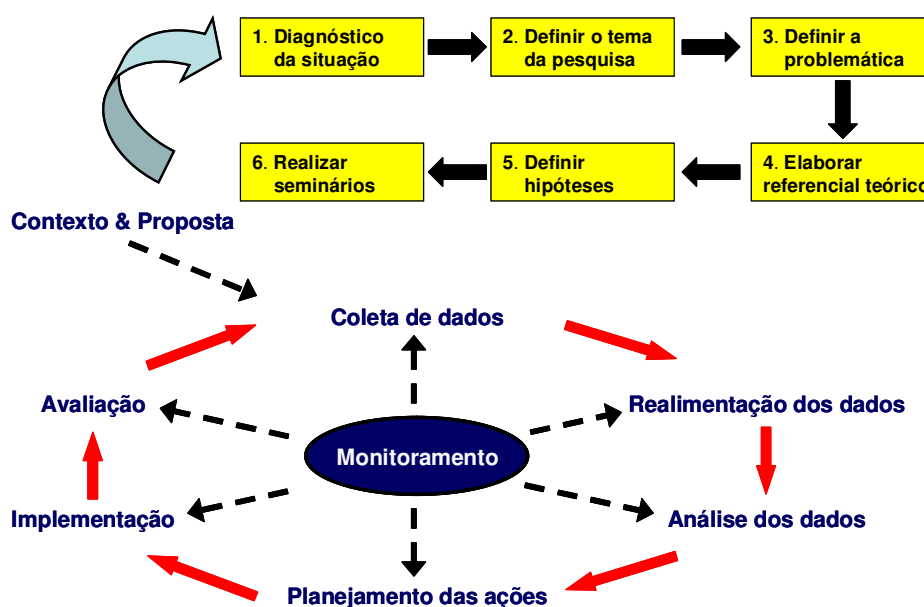


Figura 1: Ciclo de Pesquisa-ação (Fonte: Adaptado de Coughlan e Coughlan, 2002)

1.8.1. Pré-passo: entendendo o contexto e a proposta

Segundo Coughlan e Coughlan (2002), o pré-passo é dirigido por duas questões relacionadas com a racionalidade para a ação e para a pesquisa.

A racionalidade para a ação começa quando a pesquisa-ação se desdobra em tempo real e começa com os membros-chaves da organização desenvolvendo um entendimento do contexto do projeto da ação:

- Por que o projeto é necessário ou desejável;
- Quais são as forças econômicas, políticas, sociais e técnicas que governam a necessidade para a ação.

Esse pré-passo começa pela escolha do objeto de estudo, uma empresa líder no mercado aeronáutico de aviões regionais, com tecnologia de ponta, um quadro de funcionários altamente capacitados e uma nova linha de produtos sendo iniciada, o que já justifica a escolha da empresa estudada.

Nesse caso, conforme já mencionado na contextualização do problema e do objetivo geral da pesquisa, a racionalidade para a ação começa pela necessidade da empresa em se obter um modelo de gestão para o seu novo produto, considerando a situação econômica e política, ou seja, uma demanda crescente em níveis maiores do que, até então a empresa estava acostumada, um processo produtivo conhecido que favorecia o desperdício, conforme citado na contextualização do problema, Seção 1.2.

No desenvolver da pesquisa, no entanto, se fizeram necessárias ações intermediárias, descritas na Seção 1.8.3 a seguir, bem como sua investigação e resultados.

1.8.2. Passos principais

Para cada situação contextualizada em cada ciclo de pesquisa-ação, foram aplicados seis passos principais, relacionando-se primeiro com os dados e então com a ação. São eles:

- **Coleta de dados**, realizada através dos apontamentos feitos pelos operadores, usuários dos sistemas da empresa;
- **Realimentação dos dados**, realizado através de bases desenvolvidas com objetivo específico para alimentar o sistema, principalmente na fase de avaliação dos recursos padrão do *software* utilizado para o desenvolvimento do modelo;
- **Análise dos dados**, em reuniões específicas feitas pela equipe do projeto criada especificamente para o desenvolvimento desse projeto, do qual faz

parte o pesquisador, abordado mais detalhadamente na Seção 4.2 – Formação da equipe de projeto.

- **Planejamento da ação**, realizada sempre após a análise criteriosa dos resultados apresentados em cada ciclo de pesquisa, decidido igualmente pela equipe formada para esse projeto;
- **Implementação** das ações necessárias a realização da transformação desejada. Segundo Coughlan e Coughlan (2002), envolve realizar as mudanças desejadas e seguir os planos de forma colaborativa com relevantes membros-chaves da organização;
- **Avaliação**, necessária antes de se passar a uma próxima ação ou ciclo.

1.8.3. Meta-passo: monitoramento

De acordo com Coughlan e Coughlan (2002), o monitoramento é um meta-passo que ocorre em todos os ciclos. Cada ciclo de pesquisa-ação conduz a um novo ciclo, e então planejamento, implementação e avaliação contínuos acontecem ao longo do tempo, como ilustrado pela Figura 2.



Figura 2: Ciclos da pesquisa-ação (Fonte: Coughlan e Coughlan, 2002)

Como meta-passo específico tem-se o próprio objetivo geral do trabalho que é propor um método de planejamento e controle da produção em uma indústria aeronáutica, no entanto, o desenvolvimento do trabalho passou por quatro ciclos pré-

estabelecidos de pesquisa com suas investigações e resultados discutidos e validados por meio do método proposto pela pesquisa-ação (Figura 2). São eles:

- **Ciclo 1**, teste do *Software Primavera Project Planner (P3)*®, fornecido pela Primavera Systems Inc. (USA), escolhido como base de dados para o modelo de gestão, utilizando apenas os seus recursos padrão, sem qualquer interface com os sistemas da empresa;
- **Ciclo 2**, geração das interfaces do Software com os sistemas da empresa, considerando velocidade das transações, funcionalidades do novo sistema e confiabilidade das operações;
- **Ciclo 3**, inclusão dos conceitos da Teoria das Restrições - TOC no modelo por rede de precedências;
- **Ciclo 4**, modelamento do sistema de abastecimento de materiais, considerando a seqüência estabelecida pela rede de precedências, bem como a evolução dos produtos na linha de produção.

1.8.4. Validação dos resultados obtidos

Para Coughlan e Coughlan (2002), os projetos de pesquisa-ação são específicos e não visam criar um conhecimento universal, no entanto, os resultados alcançados pelo trabalho realizado geram uma teoria emergente desenvolvida a partir de uma síntese dos dados da própria pesquisa.

Para validar os resultados alcançados, estes foram submetidos à equipe do projeto e aos membros-chaves da organização e comparados com os próprios objetivos da pesquisa e da própria organização em termos de resultados planejados. Foram colhidos alguns depoimentos de pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado, os quais foram descritos na Seção 5.3 – Ganhos Alcançados.

1.9. ESTRUTURA DO TEXTO DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está dividida em sete capítulos, sendo que este se destina à contextualização do estudo, apresentando a motivação, o objetivo da dissertação, as limitações e o método utilizado.

No capítulo dois é apresentado o embasamento teórico, resultado de uma revisão bibliográfica acerca dos conceitos de Planejamento, Programação e Controle da Produção, Gerenciamento de Projetos, Rede de Precedências e suas técnicas de construção CPM (*Critical Path Method*) e PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) e, por fim, uma pesquisa sobre a Curva “S” como técnica de Planejamento e Programação.

No terceiro capítulo, tem-se a apresentação do modelo de gestão anterior ao modelo proposto nessa dissertação, com seus processos e métodos de planejamento da produção, bem como o seu comportamento no âmbito do chão de fábrica.

O quarto capítulo traz a descrição do sistema de gestão proposto, suas considerações, escopo do projeto, papéis e responsabilidades das áreas envolvidas e a descrição de seus processos de gestão.

No quinto capítulo é apresentada a construção do sistema, suas interfaces, as propostas para visibilidades gerenciais, de fundamental importância no desenvolvimento de uma ferramenta gerencial, e a apresentação dos resultados obtidos com a implantação do modelo de gestão proposto no capítulo anterior.

Por fim, o último capítulo traz as conclusões sobre o trabalho realizado, algumas considerações finais sobre o trabalho e recomendações para futuros trabalhos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Considerando o setor aeronáutico como possuidor de atividades industriais bastante complexas e de elevada flexibilidade, uma gestão da produção com características bastante particulares e a geração de um considerável volume de informações diárias ao longo da sua linha de montagem, faz-se notoriamente necessária a existência de um modelo ou conceito de gestão que busque manter uma vantagem competitiva através de decisões acertadas em um ambiente em constante mudança.

Pode-se dizer que a empresa onde esse trabalho se realizou, não possui hoje um conceito único de gestão da sua produção entre as suas diversas linhas de produtos. No entanto, busca utilizar as melhores práticas agregando conceitos já consagrados e aplicando-os em seus processos, de maneira a obter deles os melhores resultados com os recursos que possui.

Dessa forma, são apresentados neste capítulo os conceitos e descrição das ferramentas fundamentais para o desenvolvimento desse trabalho.

2.1. TIPOS DE PROCESSOS NA INDÚSTRIA

Porter (1989) cita que, para conhecer as fontes da vantagem competitiva em um segmento industrial, é necessário definir a cadeia de valores de uma empresa, bem como efetuar uma análise de todas as atividades executadas e de que modo elas interagem para competir em uma indústria particular. Conceitua a cadeia de valores de uma empresa como uma reunião de atividades que são executadas para projetar, produzir, comercializar, entregar e sustentar seu produto e que cada atividade de valor emprega insumos adquiridos, recursos humanos, tecnologia, utiliza e fornece informação, parâmetros de desempenho e ativos financeiros como estoque e passivos financeiros como contas a pagar.

Slack *et al.* (1997) classifica as operações do processo de manufatura em cinco tipos de estruturas de processo, e cada tipo implica em uma forma diferente de organizar as atividades das operações, com diferentes características de volume e

variedade. A Figura 3 apresenta os tipos de processos em manufatura e a influência da relação Volume – Variedade sobre esses processos.

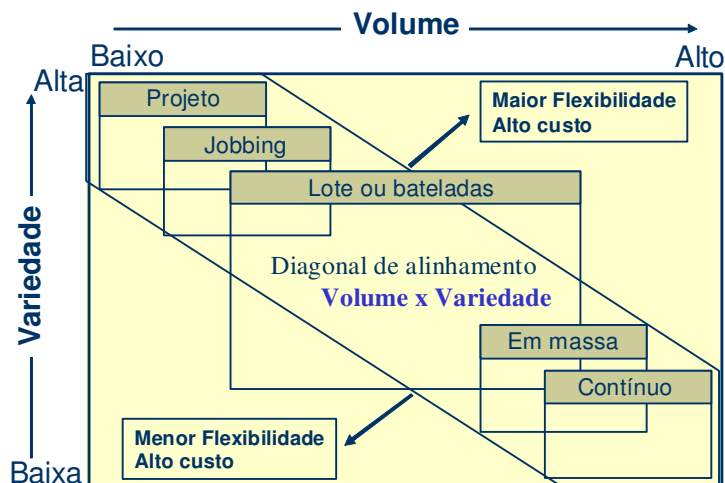


Figura 3: Relação Volume vs Variedade em Processos (Fonte Slack, 1997)

2.1.1. Sistema de produção para grandes projetos:

Projeto é um empreendimento temporário com o objetivo de criar um produto ou serviço único (PMBOK, 2000). Constitui-se de um conjunto de atividades interdependentes realizadas para atingir um objetivo dentro do prazo, orçamento e padrões de qualidade especificados. Um projeto tem seu início e término bem caracterizados. Geralmente são complexos e de longa duração.

Processos de projetos envolvem a manufatura de um produto único, exclusivo e bastante customizado. Geralmente o período de tempo para fazer o produto é relativamente longo, contando com pessoal altamente qualificado. Os recursos transformadores que fazem o produto, provavelmente serão organizados de forma especial para cada um deles. A essência de processos de projeto é que cada trabalho tem início e fim bem definidos e uma característica de baixo volume e alta variabilidade.

2.1.2. Sistema de Produção intermitente

Segundo Slack *et al.* (1997), o sistema de produção intermitente está subdividido em sistema de produção sob encomenda, sob especificação do cliente (*Jobbing*), e

sistema de produção em lotes, pequenas ou médias quantidades de um número relativamente grande de produto.

Processos de Jobbing produzem mais itens e usualmente menores que os processos de projeto, mas o seu grau de repetição também é baixo, provavelmente único. Os recursos são compartilhados e, embora os produtos exijam mesmo tipo de atenção, diferirão entre si pelas necessidades exatas. Os processos *Jobbing* também têm como característica baixo volume e alta variabilidade.

Processos em lotes ou bateladas freqüentemente podem parecer-se com os de *Jobbing*, entretanto não possuem o mesmo grau de variabilidade. No processo em lote, cada vez que um produto é processado, é produzido mais de um produto, no mínimo dois ou grandes quantidades. Se o tamanho do lote for grande e se os produtos forem familiares à operação, os processos em lotes podem ser relativamente repetitivos. Por esse motivo o processo em lotes pode ser baseado em uma gama mais ampla de níveis de volume e variedade.

2.1.3. Sistema de Produção Contínua

Ainda segundo Slack *et al.* (1997), sistema de produção contínua é uma seqüência linear de operações, produtos padronizados fluindo de um posto de trabalho para outro numa seqüência prevista. Podem ser subdivididos em sistema de produção em massa (linhas de montagem) e sistemas de processamento contínuo (indústrias de processo)

Processos de produção em massa são aqueles que produzem bens em alto volume, porém com uma variedade relativamente baixa. Na produção em massa, embora alguns produtos possam apresentar uma gama de opções, essas diferentes variantes do produto não afetam o processo básico de produção, fazendo com que as operações em massa sejam essencialmente repetitivas e amplamente previsíveis (SLACK, 1997).

Processos contínuos normalmente operam por período de tempo muito longo e, às vezes, são literalmente contínuos no sentido de que os produtos são inseparáveis e produzidos em um fluxo ininterrupto. Também podem ser contínuos pelo fato de a

operação ter que suprir os produtos sem uma parada. Processos contínuos podem estar associados a tecnologias relativamente inflexíveis, com fluxo altamente previsível. Caracterizam-se por operarem em volumes ainda mais elevados e uma variedade ainda mais baixa que a produção em massa (SLACK, 1997).

2.1.4. Conclusão

Considerando o acima exposto, observou-se na empresa estudada, a oportunidade de se aplicar, na fase de montagem final das aeronaves, o Sistema de Produção Contínua, Processo de produção em massa (linha de Montagem).

Embora exista uma customização exigida pelos clientes, as configurações apresentadas pelos aviões não afetam seu processo básico de produção, o que faz com que suas operações tenham grande repetibilidade e previsibilidade. Isso torna possível o arranjo desses aviões em um processo em linha, que segundo Corrêa (2004) é a produção de peças discretas (em unidades) fluindo de estação de trabalho a estação de trabalho, conexas umas às outras, numa taxa pré-estabelecida.

2.2. GERENCIAMENTO DE PROJETOS

A ciência “Gerência de Projetos” ou “Administração de Projetos” teve a sua origem nos Estados Unidos, no final da década de cinquenta, sendo utilizada também na Europa, Canadá e Japão. As primeiras empresas a adotarem esta ciência foram as das construções pesadas, aeroespaciais e da defesa (PRADO, 2000)

Com o sucesso do projeto Polaris, em 1958, quando foram construídos 200 submarinos atômicos dentro do prazo e custo planejados (SATO, 2004), as instituições de ensino passaram a se envolver mais e contribuíram para o seu amadurecimento. Na década de setenta, além de considerar os prazos, custos e qualidade como aspectos essenciais ao projeto, passou-se a levar em consideração o escopo. Esta fase é conhecida como a época do “gerenciamento de projeto tradicional”, que estava centrada na aplicação de técnicas como o gráfico de Gantt, PERT/CPM, curvas de custo e nivelamento de recursos (PRADO, 2000).

Um projeto é um empreendimento único e não repetitivo, de duração determinada, formalmente organizado e que congrega e aplica recursos visando ao cumprimento de objetivos pré-estabelecidos (ARCHIBALD, 1976)

Balarine (1999) acrescenta que os Projetos possuem caminho próprio e execução discreta, mas, dentre as diversas definições, a mais utilizada é a do PMI (2002), já citada anteriormente, que “um projeto é um esforço temporário com o objetivo de criar um produto ou serviço único”. Temporário, uma vez que cada projeto tem começo e fim bem definidos. Único, pelo produto ou serviço produzido ser de alguma forma diferente de todos os produtos ou serviços semelhantes.

Dias (2005), destaca que os “projetos têm atributos marcantes que os diferenciam das atividades do dia-a-dia ou das operações continuadas”.

Ainda de acordo com o PMI (2002), o “gerenciamento de projetos é a aplicação de conhecimentos, experiências, ferramentas e técnicas às atividades do projeto a fim de atingir ou exceder as expectativas dos interessados”, portanto pode se classificar o gerenciamento de projetos como uma técnica de gestão.

Para Dinsmore (1992), a Gerência de Projetos é o estudo da coordenação de pessoas, materiais, equipamentos e técnicas indispensáveis para o alcance do êxito de empreendimentos que possuam início e objetivos definidos, sempre que possível avaliando os parâmetros mensuráveis de custo, tempo, risco e qualidade.

O planejamento e controle da produção orientado para a produção de produtos unitários (navios, pontes etc) é normalmente classificado como gestão de projetos (CARVALHO, 2000).

Corrêa (2001) classifica como “Sistemas híbridos” os sistemas de administração da produção que têm elementos de mais de uma lógica básica trabalhando de forma integrada, de modo que cada lógica seja utilizada para oferecer soluções para aquelas sub-unidades para as quais melhor se encaixe. Dessa forma, a utilização de um modelo de gerenciamento da produção utilizando conceitos de Gestão de Projetos deve obrigatoriamente passar pelas fases de elaboração de um projeto:

- Definir qual é o projeto, seu início e término;
- Dividir o projeto em atividades;

- Identificar a lógica de sequência entre as atividades;
- Montar a rede do projeto;
- Determinar a duração de cada atividade;
- Determinar o tipo e a quantidade de recursos para cada atividade;
- Determinar o custo de cada recurso;
- Determinar o caminho crítico;
- Constituir a rede de precedências.

Segundo Almeida (2007), “o Gerenciamento de Projetos oferece uma visão integrada de todos os fatores envolvidos em um projeto para que sejam atingidos os objetivos propostos. O Gerenciamento de Projetos compreende a concepção de metas e objetivos do projeto, a elaboração de um plano, a execução do plano e a revisão e controle do projeto. Por fim, oferece uma grande variedade de princípios, procedimentos, habilidades, ferramentas e técnicas que são necessários para que se atinjam os objetivos previamente planejados”.

Algumas ferramentas para Gestão de Projetos foram desenvolvidas e serão apresentados a seguir:

2.2.1. Working Breakdown Structure - WBS

Segundo o *Department of Defense Handbook* (2005), o WBS é uma forma de apresentação do projeto que o explicita em suas partes físicas, em *softwares*, serviços e outros tipos de trabalho, aos quais organiza, define e graficamente mostra tanto o produto a ser feito quanto o trabalho a ser realizado para obtê-lo. Pode ser considerada como a espinha dorsal de todo o projeto. A WBS consiste em uma criteriosa decomposição tanto do produto como dos processos para obtê-lo, bem como das tarefas administrativas e/ou gerenciais necessárias. Ela pode ser representada como uma árvore, em forma de um organograma, como uma relação ou tabela.

2.2.2. Redes de Precedência

Dentro das fases de elaboração de um projeto citadas anteriormente, após serem definidas as atividades do projeto, deve-se então identificar a lógica de seqüência entre as atividades e montar-se a Rede de Precedências, “uma seqüência temporal, de maneira racional, exeqüível e eficiente, dispostas na melhor ordem para o projeto, obedecendo às restrições de precedência, conflito de recursos, fluxos de recursos e janelas de oportunidades” (PERALTA, 2002).

A rede de precedências compreende uma coleção de tarefas bem determinadas, chamadas de atividades que, somente após terem sido todas concluídas, considera-se o projeto como finalizado. As atividades de um projeto estão sujeitas a certas restrições lógicas chamadas de “relação de precedências”, as quais limitam a programação dessas atividades apenas a determinadas cadeias possíveis.

As relações ou dependências entre as atividades definem a lógica em que as atividades devem ser executadas necessariamente. Também é utilizado o termo “ligação” entre atividades. O objetivo é determinar com precisão a seqüência lógica entre as atividades, como por exemplo, monta-se primeiro a asa e depois os trens de pouso.

Outra informação que pode ser adicionada é o retardo (ou *lag*), uma defasagem de tempo referente ao relacionamento. Esses casos são muito utilizados quando da aplicação de selantes ou tintas que necessitam de um tempo para sua cura antes que a atividade sucessora seja executada. Nesses casos, o tempo de cura não é uma atividade em si, mas limita o início das atividades sucessoras, no tempo.

2.2.2.1. Tipos de relacionamentos entre atividades:

Pode-se considerar quatro tipos de relacionamentos ou ligações entre atividades:

Término a Início (TI) ou *Finish to Start* (FS):

Neste tipo de ligação a atividade antecessora deve ser encerrada para que a atividade seguinte possa ser iniciada. Na Figura 4 tem-se um exemplo onde o início da

instalação do trem de pouso do avião depende do término da instalação da asa no avião:

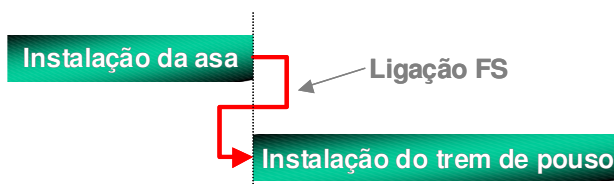


Figura 4 : Ligação *Finish to Start* (FS)

Nesse caso, a atividade *INSTALAÇÃO DA ASA* é uma atividade **precedente** ou **predecessora** da atividade *INSTALAÇÃO DO TREM DE POUSO*. Analogamente, a atividade *INSTALAÇÃO DO TREM DE POUSO* é chamada de atividade **sucessora** da atividade *INSTALAÇÃO DA ASA*. Essa nomenclatura é utilizada para qualquer tipo de ligação.

É importante notar que esse tipo de ligação limita o início da instalação do trem de pouso de forma que ele ocorra somente após o término da instalação da asa, o que não impede que o início ocorra em algum momento posterior, como demonstrado na Figura 5:

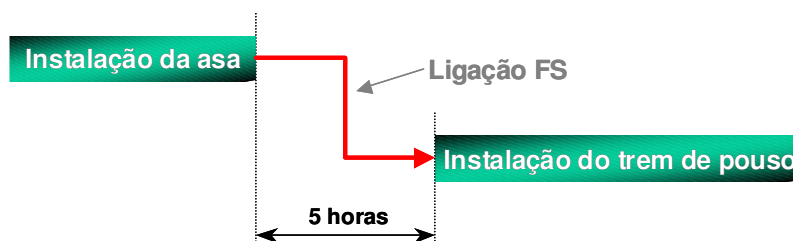


Figura 5: Ligação *Finish to Start* com atraso de 5 horas

Início a Início (II) ou Start to Start (SS):

Neste tipo de ligação a atividade sucessora só pode ser iniciada se a atividade antecessora já tiver sido iniciada. Na Figura 6 tem-se um exemplo onde o início do ajuste da janela de mau tempo deve, no mínimo, ser iniciado duas horas depois do início da instalação da janela de mau tempo. Isso significa que as duas atividades podem ser feitas em paralelo, desde que a primeira já tenha um determinado

andamento especificado. Analogamente ao caso anterior (FF), o início do ajuste poderia ocorrer três horas após o início da instalação da janela de mau tempo.



Figura 6: Ligação *Start to Start* (SS) com atraso de 2 horas

Término a Término (TT) ou *Finish to Finish* (FF):

Neste tipo de ligação a atividade só pode ser encerrada se a atividade antecessora já tiver sido encerrada. Podemos citar o caso da instalação das calhas do flap e aileron que só podem ser encerradas se o teste do flap estiver terminado, conforme Figura 7.

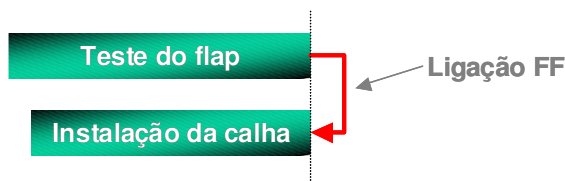


Figura 7: Ligação *Finish to Finish* (FF)

Início a Término (IT) ou *Start to Finish* (SF):

Neste tipo de ligação pouco usual, a atividade sucessora só pode ser encerrada se a atividade antecessora já tiver sido iniciada. Um exemplo, Figura 8, seria a troca de equipamentos ou linha de produção, onde a parada de funcionamento de uma linha antiga está vinculada ao início de funcionamento da linha nova.

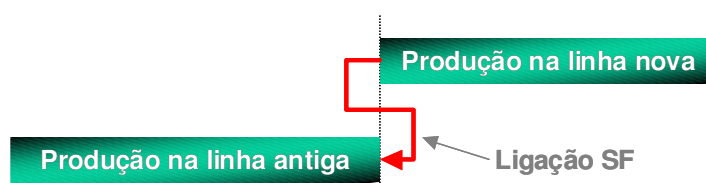


Figura 8: Ligação *Start to Finish* (SF)

2.2.2.2. Tipos de Rede de Precedências:

Segundo Carvalho (2000), há dois tipos de modelos de rede de precedências:

AON (Activity On Node) – em que os nós da rede representam a atividade e os arcos as relações de precedências entre elas, conforme Figura 9.

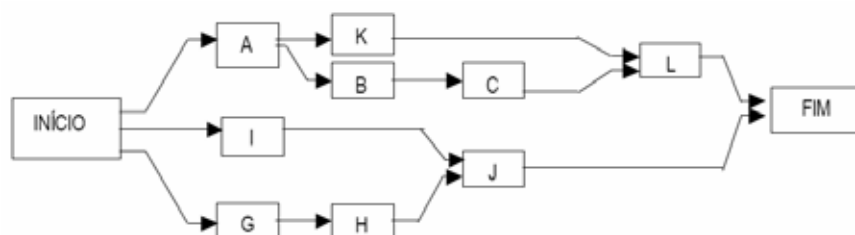


Figura 9: Modelo de Rede AON (Activity on Node)

AOA (Activity On Arc) – em que os arcos representam a atividade e os nós representam os acontecimentos, conforme Figura 10.

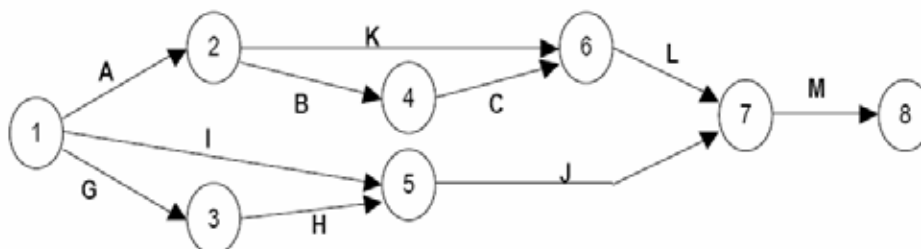


Figura 10: Modelo de Rede AOA (Activity on Arc)

Ainda segundo Carvalho (2000), as redes com atividades nos arcos (AOA) são as que têm mais adeptos. Em relação às redes (AON) tem a vantagem de tornar mais óbvia a representação do progresso das atividades ao longo da execução do projeto (fator importante no controle deste). No entanto, as redes (AON) são mais simples por evitarem a necessidade do recurso a atividades fictícias e, além disso, permitem a representação direta de relações de dependência diferente da simples relação “A precede B”.

2.2.2.3. Técnicas de construção da Rede:

Segundo Carvalho (2000), o método CPM (*Críticas Path Método* - método do caminho crítico) e o PERT (*Program Evaluation and Review Technique* – técnica de revisão e avaliação de programa) são, dentre os métodos de gerenciamento de projetos, os que com maior sucesso têm sido aplicados para o planejamento e controle de projetos longos e não repetitivos, no entanto, devido ao seu sucesso, têm sido hoje utilizados inclusive na gestão da Produção na elaboração das Redes de Precedências.

CPM – Critical Path Method teve origem em 1957 e foi desenvolvido por Keley e Walker na aplicação de um projeto de construção de uma instalação industrial (CARVALHO, 2000)

PERT – Program Evaluation and Review Technique foi desenvolvido também no final da década de 50, pela Marinha dos EUA, para o planejamento e controle do Programa do submarino Polaris (CARVALHO, 2000)

As duas técnicas são similares e a diferença básica entre elas é que a técnica CPM é um modelo determinístico e o PERT é um modelo probabilístico. Isto significa que no CPM as datas calculadas são discretas, ou seja, o projeto será planejado para começar e terminar em datas específicas. Já no PERT o resultado final é uma distribuição de probabilidade da data final do projeto, ou seja, poderemos verificar a probabilidade do projeto terminar antes ou após uma determinada data.

2.2.3. C/SCSC - Cost / Schedule Control Systems Criteria.

O C/SCSC é uma metodologia que exerce o controle integrado de custos, prazos e do trabalho efetivamente realizado no decorrer de um projeto (FLEMING e KOPPELMAN, 2000). Caracteriza-se por prover os gerentes com dados precisos para monitorar seus projetos e uma adequada base de dados que indique o progresso do trabalho; por relacionar custos, prazos e trabalho técnico; por permitir levantar tendências de evolução de custos e prazos. É analisada em uma mesma base (custos) a variação de prazos e de custos para que se possa determinar as causas das variações e

corrigi-las e também para obter estimativas precisas em relação ao resultado final do projeto.

2.2.4. Conclusão

Para o caso da linha de montagem considerada para esse trabalho, analisou-se que esse produto específico, produzido nessa linha, possui características como começo e fim bem definidos, ciclos longos e certa customização exigida pelos clientes podendo, portanto serem tratados como projetos (ALMEIDA, 2007).

Identifica-se aqui segundo Corrêa (2004), um “Sistema Híbrido”, ou seja, uma Linha de Montagem (Sistema de Produção Contínua, produção em massa), administrada por um Sistema de Gerenciamento por Projetos em redes de precedências.

Utilizou-se na construção das redes dos aviões uma rede tipo AON (*Activity On Node*), construída através do Método do Caminho Crítico (CPM – *Critical Path Method*).

2.3. AMBIENTE MULTIPROJETOS

Segundo Danilovic (2001 *apud* Freitas 2005), a grande maioria das organizações não tem condições de manter uma equipe dedicada para cada um dos seus projetos, os seus funcionários vão sendo deslocados entre os projetos de acordo com as necessidades de cada um deles. Esse ambiente dinâmico no qual a alocação de recursos é peça-chave é conhecido como ambiente multiprojetos.

Em um ambiente multiprojetos, o portfólio de projetos da organização depende diretamente de seu conjunto de recursos, sejam estes internos ou externos (BARCAUI, 2004). Dessa forma, os recursos passam a ser a principal restrição ao cumprimento das metas de um projeto, uma vez que as políticas e metas financeiras das organizações não permitem que esses recursos sejam infinitos.

Agravando ainda mais a situação dos recursos está o grande volume de itens necessários à fabricação de uma aeronave, em suas diferentes etapas no processo de aquisição, um universo de informações muito grande para ser tratado com facilidade. Aumentando essa complexidade está a grande quantidade de itens opcionais disponíveis para escolha dos clientes. Além disso, são comuns as modificações de engenharia aplicadas ao produto ainda em sua fase de montagem, tornando impossível se produzir dois produtos sem que haja diferenças entre suas peças. Neste cenário, o desabastecimento na linha torna ainda mais complexa a administração dos seus recursos produtivos, uma vez que a falta de material provoca um deslocamento de mão-de-obra entre os projetos, sem que se tenha capacidade suficiente para recuperação das tarefas não realizadas sem prejuízo de custo e prazo.

Nestes casos, segundo Barcaui (2004), a verdadeira restrição não são os recursos da organização, mas as próprias práticas organizacionais que não estabelecem mecanismos de priorização de recursos e tampouco se preocupam com a capacidade do sistema.

2.3.1. Tipologia de Ambientes Multiprojetos

Em relação à classificação dos ambientes multiprojetos, Danilovic (2001 *apud* Freitas 2005) aborda a existência de três tipos:

2.3.1.1. Ambiente Multiprojetos Convergentes

Uma característica do ambiente multiprojetos convergente é que se pode ter um ou mais subprojetos convergindo para um projeto independente ou parte de um projeto maior contendo outros subprojetos. (Figura 11)

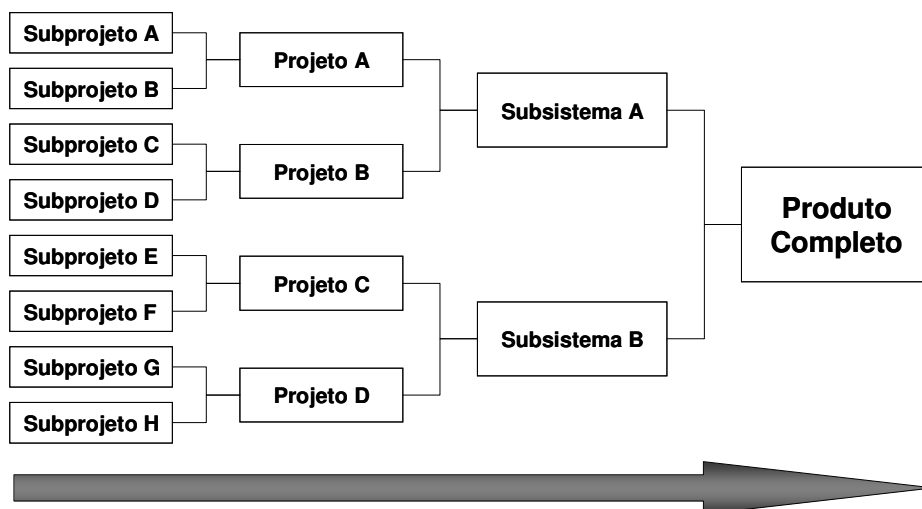


Figura 11: Modelo de Ambiente Multiprojetos Convergentes

2.3.1.2. Ambiente Multiprojetos Divergentes

Uma característica do ambiente multiprojetos divergentes, Figura 12, é a de que vários projetos diferentes compartilham a mesma plataforma, tecnologia e decisão de produto ou negócio. Um exemplo da configuração divergente é a indústria automobilística, na qual diferentes modelos compartilham a mesma plataforma, motor ou chassi. A saída do projeto divergente é uma variedade de modelos de carros, adaptações do mercado etc. O principal problema de tal ambiente é coordenar atividades de acordo com as relações identificadas.

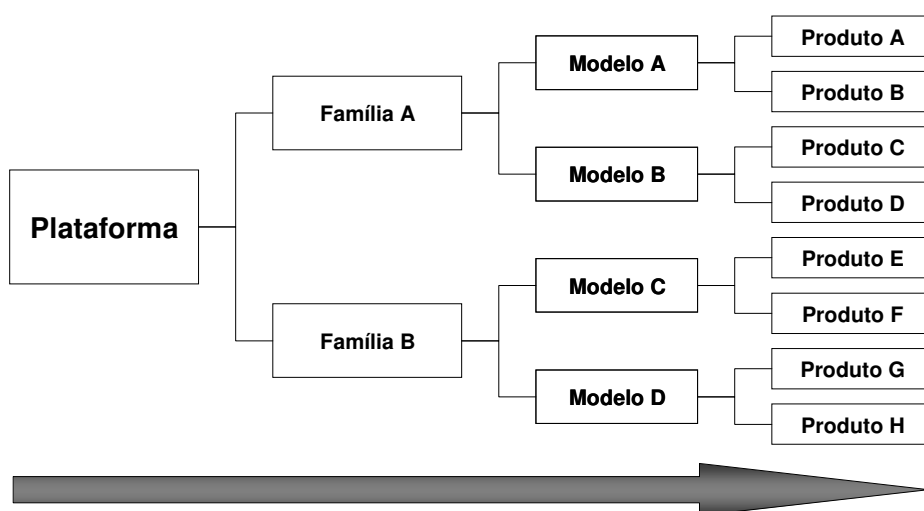


Figura 12: Modelo de Ambiente Multiprojetos Divergentes

2.3.1.3. Ambiente Multiprojetos Paralelos

No ambiente multiprojetos paralelos, Figura 13, diferentes projetos podem ser vistos como independentes uns dos outros, ainda que compartilhem recursos como pessoas, base de conhecimentos etc. O foco aqui não está na saída do processo, mas nos recursos utilizados para conduzir os projetos e tarefas, enquanto a saída dos tipos de ambientes anteriormente citados é a base para o entendimento das características do ambiente multiprojetos.

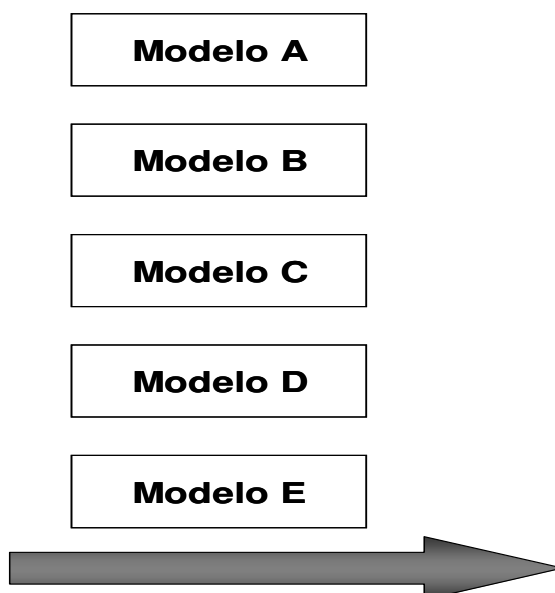


Figura 13: Modelo de Ambiente Multiprojetos Paralelos

2.3.2. Gerenciando Conflitos em Ambientes Multiprojetos

Segundo Lewis (1995 *apud* Quelhas, 2005), o objetivo de todo projeto é entregar todo o escopo acordado, com qualidade esperada pelo cliente, dentro do prazo e dos custos orçados. A satisfação do cliente está diretamente ligada aos benefícios proporcionados pelo projeto.

De acordo com Quelhas (2005), o fator limitante (ou restrição) na habilidade de tirar vantagem do produto de um projeto é o reconhecimento da existência de uma enorme quantidade de trabalho para a realização do mesmo. Ainda segundo Quelhas

(2005), isso envolve as tarefas para a realização do trabalho, as pessoas envolvidas, bem como o tempo relativo para cada tarefa.

Como já comentado, as atividades industriais no setor aeronáutico se caracterizam por serem bastante complexas e de elevada flexibilidade. Considerando ainda uma gestão da produção com características bastante particulares como desabastecimento de materiais críticos, modificações de engenharia, a tarefa do Gerente de Projetos em garantir as metas de custo e prazo, torna-se um desafio ainda maior pela demanda de recursos dos múltiplos projetos executados ao mesmo tempo ao longo da linha de montagem.

Para Elder (2006), por mais de cinquenta anos os projetos têm sofrido os mesmos efeitos causados pelo comportamento humano, responsáveis por seus projetos estarem atrasados, especialmente nos ambientes multiprojetos. Esses problemas são bastante conhecidos pelos gerentes de projeto e relacionados a seguir

2.3.2.1. Multi-tarefa Nociva

Em um ambiente multiprojetos as equipes constantemente sofrem a pressão pela mudança de prioridade entre os projetos, fazendo com que se interrompa uma atividade para iniciar outra. Segundo Elder (2006) a multi-tarefa sempre faz com que uma tarefa demore mais do que deveria. Entre outros fatores que se somam está o tempo de raciocínio para “entrar no trilho” como ajustes de máquina, preparação de ferramentas e equipamentos apropriados e colocá-los de volta nos seus lugares.

Na Figura 14, tem-se o caminho crítico de um projeto formado por três atividades de três dias de duração cada, com o mesmo recurso associado, perfazendo um total de nove dias. Com a multitarefa o projeto sofreria um atraso de, no mínimo, o dobro do necessário (QUELHAS, 2005).

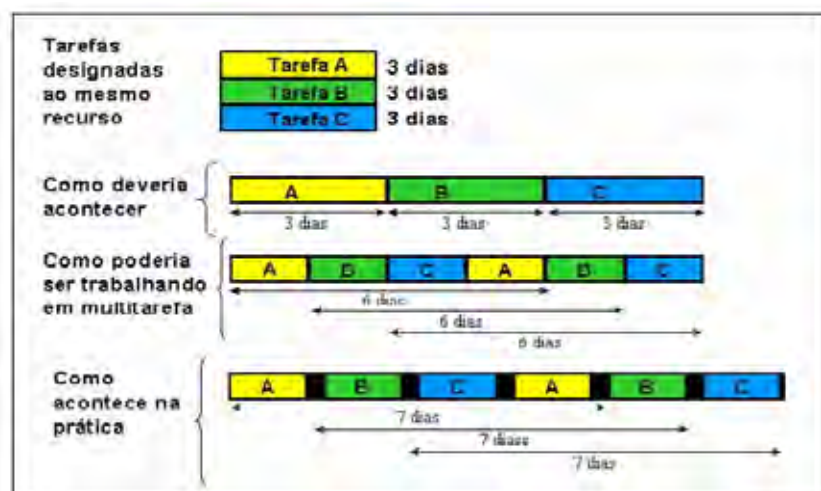


Figura 14: Efeito da Multitarefa atrasando o Projeto (Fonte: QUELHAS, 2005)

Na indústria aeronáutica a multi-tarefa é algo bastante comum devido a grande especialização da mão-de-obra, por ser uma manufatura com características artesanais bastante elevadas, aliada as impossibilidades de conclusão das atividades devido a faltas críticas de componentes, geralmente importados. A grande flexibilidade na seqüência das atividades na linha de produção favorece esse tipo de comutação entre as tarefas que, embora pareçam favorecer a evolução do completamento do produto, acabam por aumentar seu ciclo de montagem, causando atrasos.

2.3.2.2. Estimativas Pessimistas

Segundo Barcaui & Quelhas (2004), existe uma tendência natural das pessoas de passarem estimativas de tempo extremamente superestimadas em função de possíveis futuras cobranças e também da manutenção da estabilidade de seu próprio nível de conforto. Isso se dá pela inserção de uma margem de segurança embutida na tarefa específica, tanto maior quanto mais experiente é o recurso.

A Figura 15 mostra que uma “pequena” segurança adicionada às estimativas não são normalmente aceitas porque, mentalmente, se adiciona a segurança considerando uma distribuição normal do tempo. Na prática, segundo Elder (2006), tempos nas tarefas não seguem uma distribuição normal, mas a “pequena” segurança embutida é, na realidade, bastante grande. O gráfico da direita na Figura 15 demonstra a cauda

formada pela segurança embutida, a qual se torna maior na proporção com que se aumenta a incerteza da tarefa. O resultado é uma tarefa com uma segurança de aproximadamente metade de sua duração estimada.

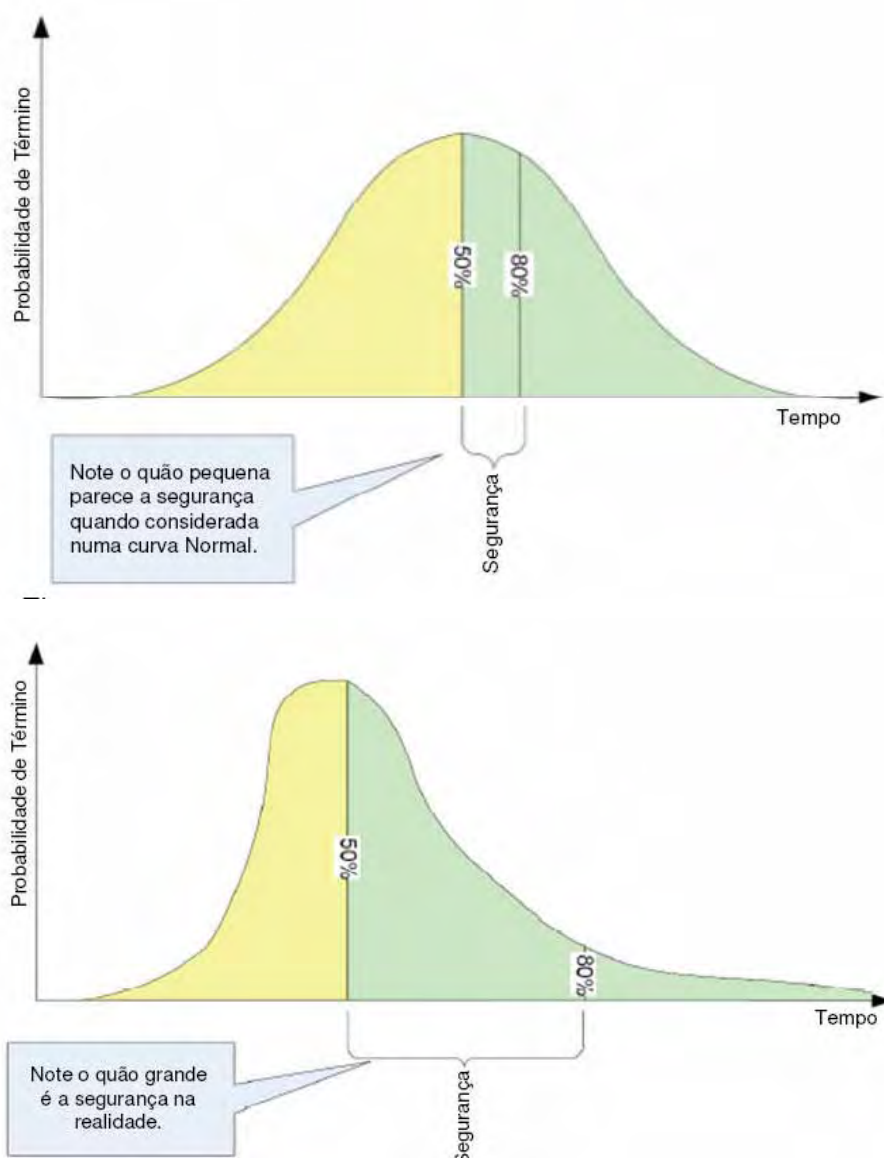


Figura 15: Estimativa de Tempo das Atividades (Fonte: Elder, 2006)

Nas indústrias aeronáuticas, como a quantidade de produtos produzidos mensalmente é relativamente baixa, o número de repetições para uma mesma atividade é igualmente baixo. Dessa forma, o método adotado para se estabelecer a duração das atividades é através das estimativas feitas pelos funcionários mais experientes. A Figura 16 mostra que nessas estimativas, quanto mais segurança embutida, maior a

probabilidade de ocorrer no tempo estabelecido. Assim, todo funcionário, mesmo sabendo o tempo que normalmente leva para concluir uma atividade, acaba por inserir uma “segurança” no tempo médio de cada atividade para garantir que sua estimativa não será ultrapassada. O problema é que esse tempo de segurança adicionado em cada atividade acaba por provocar um aumento desnecessário no tempo de realização do projeto e, contraditoriamente, não garantem que o término desse projeto aconteça na data planejada. A causa desse resultado contraditório se fundamenta em duas características humanas: a Síndrome de estudante e a Lei de Parkinson.

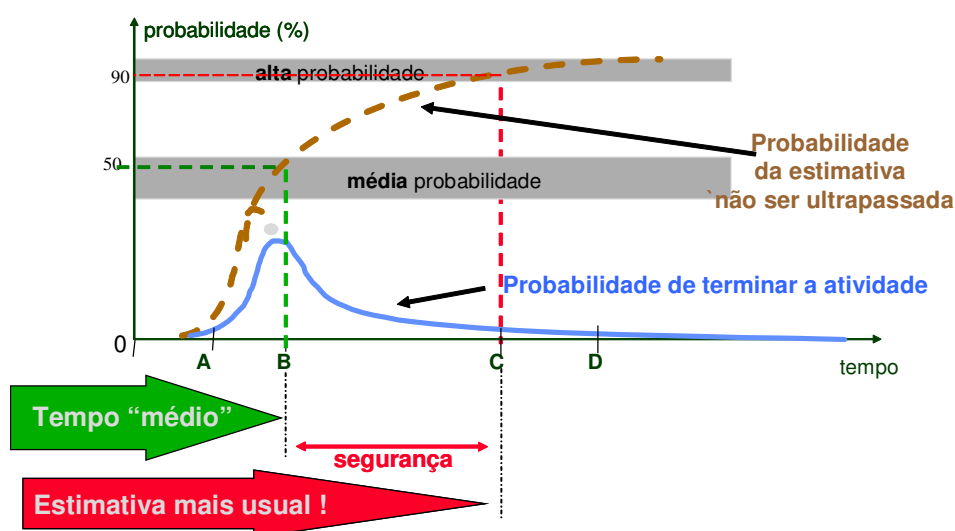


Figura 16: Gráfico das Probabilidades das Estimativas (Fonte: Goldratt Consulting, 2006)

2.3.2.3. Lei de Parkinson

“O trabalho se expande para preencher todo o tempo disponível” (QUELHAS, 2005). Mesmo que uma tarefa seja completada antes do tempo, o recurso gasta todo o tempo que resta para “terminar de completar a tarefa”. Como existe tempo disponível, aquele tempo médio necessário para concluir a tarefa será ignorado, e será considerado então que se tem todo o tempo estimado para se completar a tarefa. Talvez algumas coisas que não seriam feitas durante o trabalho, talvez sejam feitas, ou ainda, talvez sejam feitas com uma velocidade compatível com o tempo que se tem.

O mais agravante desses casos é o relaxamento natural causado pelo conhecimento de que se tem tempo de sobra, aumentando a probabilidade de se gastar ainda mais do que foi estimado, provocando atrasos no término do projeto.

2.3.2.4. Síndrome de Estudante

É característico da natureza humana esperar até que uma tarefa fique realmente urgente para realizá-la. Recebe esse nome em analogia ao comportamento de um estudante que recebe uma tarefa e, por medida de proteção, pede mais tempo ao professor. Concedido o adiantamento do compromisso, o estudante acaba por realizar a tarefa somente nos últimos dias do compromisso, se desgasta com a entrega e ainda corre o risco de atrasá-la.

A Figura 17 mostra os efeitos desse comportamento na realização de uma determinada tarefa.

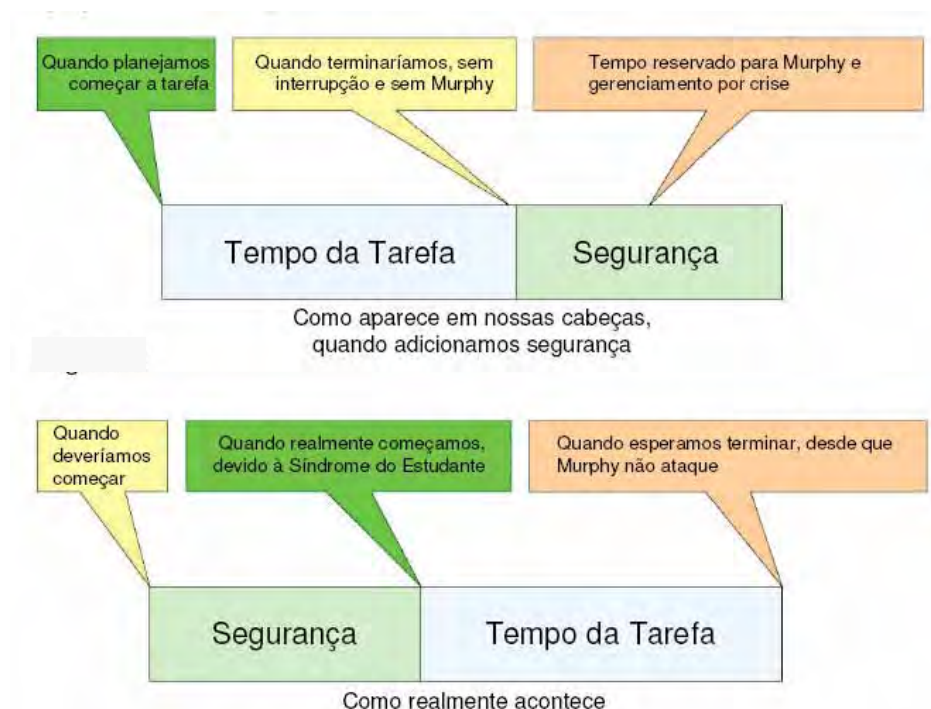


Figura 17: Efeito da Síndrome de Estudante na Segurança das Atividades (Fonte: Elder, 2006)

A síndrome de estudante, também conhecida como Procrastinação, é um mecanismo de defesa natural que significa adiar o trabalho até o último momento

possível. A Figura 17 demonstra que ao adicionar-se o tempo de segurança, mentalmente, se coloca a proteção no final da tarefa. Porém, devido à Síndrome de Estudante, a tarefa é iniciada mais tarde. Quando um problema (Murphy) ataca, a segurança com a qual se contava já não está mais disponível (ELDER, 2006)

2.3.3. O Método da Corrente Crítica

Fundamentada a partir da Teoria das Restrições (*TOC – Theory of Constraints*) do físico israelense Eliyahu Goldratt (1995), a Corrente Crítica (*CCPM – Critical Chain Project Management*), também de Goldratt (1998), dirige os conceitos básicos da Teoria das Restrições para a gestão de projetos. A Corrente Crítica apresenta uma solução para problema de conflitos de recursos e prazos apresentados anteriormente, introduzindo uma significativa melhora no desempenho dos projetos e na maneira de gerenciar os conflitos existentes.

Segundo Barcaui & Quelhas (2004), a TOC e a Corrente Crítica oferecem uma alternativa bastante interessante para a equação acima, visualizando a empresa não em partes isoladas, mas como um sistema integrado. Mais especificamente, um conjunto de elementos entre os quais há algum tipo de ligação. Para Goldratt (1998), o desempenho global do sistema depende dos esforços conjuntos de todos os seus elementos. Assim como em uma corrente, a empresa é tão forte quanto o seu elo mais fraco. Logo, para melhorar o desempenho do sistema, é preciso conhecer sua principal restrição e atuar nela, de forma a promover um processo de melhoria contínua.

O processo da TOC reconhece que a melhoria do desempenho de um sistema é ditada pela sua principal restrição, assim estabeleceu os chamados “Cinco Passos da TOC” na identificação e tratamento dessa restrição:

1. Identificar a restrição;
2. Decidir como explorar a restrição;
3. Subordinar e sincronizar todo o resto à decisão acima;
4. Elevar o desempenho da restrição;
5. Se em qualquer um dos passos anteriores, a restrição principal for alterada, voltar ao passo 1.

Os sistemas são análogos a correntes. Todo sistema tem um elo mais fraco (restrição) que vai limitar o sucesso do sistema como um todo. Fortalecer um elo da corrente que não seja o mais fraco não ajuda em nada o desempenho da corrente. O ótimo global não é a soma dos ótimos locais (GOLDRATT, 1998)

A Corrente Crítica ou CCPM é a aplicação da TOC ao ambiente de projetos e, assim como na Teoria das Restrições, a CCPM busca obter a melhora dos resultados desafiando diversas premissas existentes hoje na maneira tradicional de planejamento e controle de cronogramas.

2.3.3.1. Tempo Seco

A primeira premissa a ser quebrada pelo método da Corrente Crítica é a maneira de se estimar a duração das tarefas, onde o tempo de segurança é inserido em cada tarefa individualmente. Segundo Barcaui & Quelhas (2004), a CCPM propõe uma redução de 50% na estimativa de cada tarefa inserida no cronograma. No entanto, essa diminuição da segurança colocada em cada tarefa, torna o projeto bem mais vulnerável às possíveis atrasos derivados das mudanças e incertezas a que todo projeto é submetido. A CCPM gerencia este fato com a colocação de parte da segurança removida das tarefas individuais em “pulmões” (*buffers*) ao final de cada caminho da rede.

Segundo Rovina (2004), a proposta é comprometer os recursos a realizarem suas tarefas com o menor tempo possível, reportando periodicamente quanto falta para terminar, mas lembrando que não existem “gorduras” nas horas (é necessário garantir isso nas estimativas). Ainda segundo Rovina (2004), é fundamental uma mudança de comportamento do gerente do projeto em criar um ambiente onde desvios nas horas realizadas serão aceitos, pois o gerente estará controlando a folga como um todo nos “pulmões” do projeto.

2.3.3.2. Planejamento Reverso

No gerenciamento de projetos tradicional tem-se como premissa o planejamento do projeto baseado no seqüenciamento lógico das atividades de modo que o projeto

evolua a ponto de se obter o produto ou serviço desejado no final (FREITAS, 2005). Da forma tradicional, a partir da data de início estabelecida para um projeto, somando-se as durações seqüenciadas de suas atividades obtém-se a data de conclusão estimada do projeto.

A Corrente Crítica propõe aqui outra quebra de premissa ao pregar o “Planejamento Reverso”, ou seja, o caminho inverso que é através da data estimada de término de um projeto, voltando à duração seqüenciada de cada uma das suas atividades, chegar-se a data de início do Projeto. Para Goldratt (1998), essa abordagem é menos susceptível a criar dependências desnecessárias entre as atividades baseadas nas atividades anteriores e também é menos susceptível a criar tarefas que não adicionem valor algum aos objetivos do projeto, entretanto, essa maneira de raciocinar não é muito comum.

Para que essa nova maneira de raciocinar o projeto seja possível, Goldratt (1998) recomenda que o agendamento das tarefas seja retardado o máximo possível a fim de se obter a maturidade do projeto. Esse tipo de agendamento de atividades (*ALAP – As Late As Possible*) o mais tarde possível proposto pelo CCPM, é o oposto ao tipo utilizado no modelo tradicional de planejamento de projetos (*ASAP – As Soon As Possible*), o mais cedo possível.

No geral, o ser humano possui uma ânsia natural de iniciar algo o quanto antes para demonstrar progresso e alcançar logo o objetivo da atividade. O resultado disso é o planejamento superficial do projeto e muito retrabalho causado pela falta de conhecimento das características particulares dos projetos (FREITAS, 2005). Segundo Goldratt (1998), à medida que vamos entendendo melhor o que estamos fazendo, menos iremos cometer erros, mas essa maturidade do projeto só vai sendo adquirida ao longo do mesmo.

2.3.3.3. Recurso Crítico

Diferentemente do método de desenvolvimento do diagrama de rede proposto pelo tradicional método do caminho crítico (CPM – *Critical Path Method*) que só considera as dependências entre tarefas, a CCPM propõe aqui uma nova quebra de

paradigma, ou seja, além de considerar as dependências entre as tarefas, propõe também a eliminação dos conflitos entre os recursos e suas atividades.

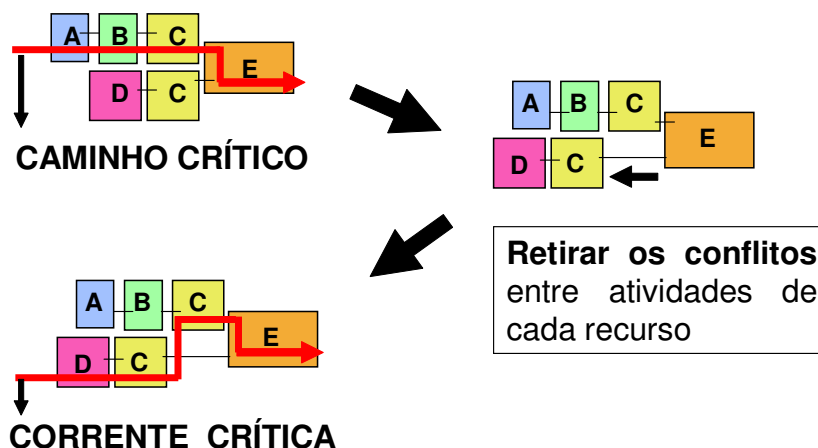


Figura 18: Caminho Crítico vs Corrente Crítica (Fonte: Goldratt Consulting, 2006)

Na Figura 18 tem-se a diferença sutil entre a técnica do Caminho Crítico, definido como a cadeia mais longa de tarefas baseado apenas na sua relação de interdependências e a Corrente Crítica, definida por Goldratt (1998) como sendo a mais longa cadeia de tarefas baseado na relação de interdependência entre as suas tarefas e recursos.

Com a eliminação dos conflitos entre os recursos a CCPM acaba reduzindo o problema da multitarefa de forma bastante significativa ao identificar não apenas o caminho crítico, mas os recursos igualmente críticos para a conclusão do projeto na data estabelecida.

2.3.3.4. Inserção de Pulmões (*Buffers*)

A Corrente Crítica reconhece que um atraso na disponibilidade de um recurso pode atrasar todo o cronograma do projeto. Segundo Goldratt (1998) esse problema é resolvido através da inserção de pulmões (*buffers*) em pontos chaves do projeto para absorver os imprevistos que, certamente, irão ocorrer ao longo da vida de cada projeto.

Para Barcaui & Quelhas (2004), a inserção dos pulmões é um processo de “proteção à corrente crítica” que segue os seguintes passos:

- a. Criação da rede dentro da maneira tradicional, utilizando os tempos médios estimados para cada atividade;
- b. Utilizar as datas de início mais tarde (ALAP) para os caminhos não críticos, seguindo a lógica da rede;
- c. Identificar a Corrente Crítica (maior caminho através da rede considerando dependências entre tarefas e recursos);
- d. Proteger a corrente crítica através da inserção de pulmões.

Existem três tipos de pulmões que podem ser utilizados durante o planejamento dos projetos (GOLDRATT, 1998):

a) Pulmão de Projeto

São os pulmões inseridos no final da Corrente Crítica com o objetivo de evitar uma vulnerabilidade indesejável em relação ao tempo de duração do projeto. Em geral, os pulmões de projeto são calculados normalmente com 50% do total da segurança retirada de cada tarefa (Figura 19).

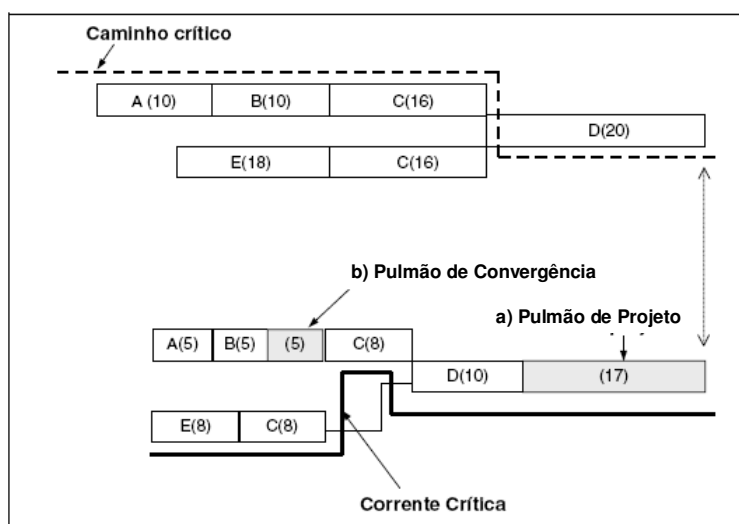


Figura 19: Pulmões da Corrente Crítica (Fonte: Calia, 2004)

b) Pulmão de Convergência

Assim como no método do Caminho Crítico (CPM), na Corrente Crítica existem atividades que, no início do projeto, não pertencem ao caminho crítico ou recurso crítico. No entanto, essas atividades sofrem dos mesmos problemas das atividades

críticas e podem e irão afetar as atividades da Corrente Crítica. Para Goldratt (1998), esses caminhos não críticos da rede (apenas os ramos que incidem na Corrente Crítica) devem também receber pulmões de proteção, chamados de “Pulmão de Convergência”. A Figura 19 também mostra a inclusão desse pulmão nos ramos que afetam a Corrente Crítica.

c) Pulmão de Capacidade

Esse tipo de pulmão é uma solução aplicada quando se trabalha em um ambiente multiprojetos e a montagem da corrente crítica deve ser feita de forma simultânea. Primeiramente, segundo Barcaui & Quelhas (2004), deve-se identificar qual seria o recurso que representa a restrição de capacidade para o sistema, chamado de tambor (*drum*). Na Figura 20, tem-se um grupo de projetos e as diferentes cores das suas atividades representam os diferentes recursos aplicados. Na mesma figura, separou-se as atividades cujo recurso é o que representa uma restrição de capacidade.

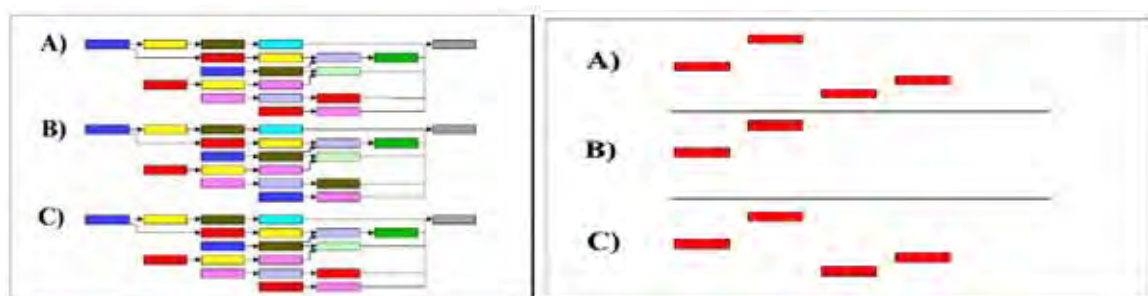


Figura 20: Identificação do Recurso Crítico (*drum*) em Multiprojetos (Barcaui & Quelhas, 2004)

Em seguida, deve-se então eliminar a contenção de recursos entre os projetos, de acordo com a priorização já estabelecida e, para evitar possíveis atrasos causados por flutuações entre projetos, inserir o chamado pulmão de capacidade (Figura 21). Esse pulmão tem o tamanho proporcional ao tamanho da atividade do recurso restritivo (*drum*), e seu objetivo, segundo Barcaui & Quelhas (2004), é o escalonamento com a devida proteção entre o fim do projeto anterior e o início do próximo.

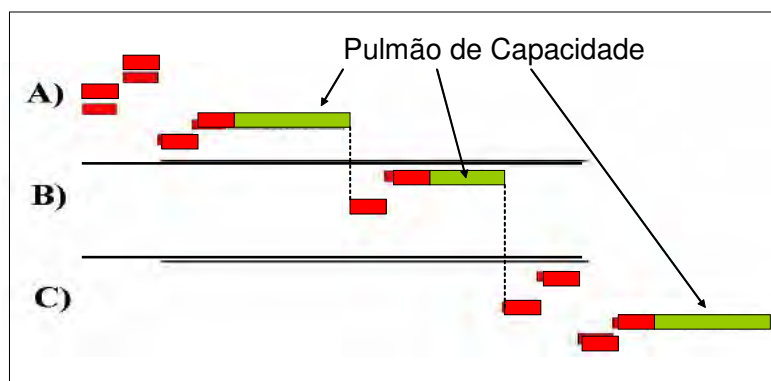


Figura 21: Recursos Restritivos e Pulmão de Capacidade (Barcaui & Quelhas, 2004)

2.3.4. Conclusão

Continuando o que foi exposto na conclusão da Seção 2.2.4, que um avião possui características como começo e fim bem definidos, certa customização exigida pelos clientes podendo, portanto serem tratados como projetos, há de se salientar que ele possui também ciclos elevados. Dessa forma, em uma mesma linha de produção vamos encontrar várias unidades requerendo os mesmos recursos e os mesmos níveis de atendimento, qualidade, custo e prazo.

Também há que se considerar que, na indústria aeronáutica em geral, devido aos ciclos elevados e baixas cadências, o aprendizado é igualmente baixo, conseqüentemente o nível de polivalência desejado (quantidades diferentes de atividades que um mesmo funcionário pode executar) para os funcionários não é atingido. A solução então é a migração dos funcionários entre os projetos (aviões na linha) produzindo a indesejável multitarefa nociva.

A baixa cadência também faz com que os tempos das atividades sejam estimados, ao invés de se utilizar a cronoanálise (técnica muito utilizada nas indústrias de alta produção), pelo fato da baixa repetitividade das tarefas.

Para o caso desse trabalho utilizou-se, então, o aprimoramento da rede construída segundo o método CPM – *Critical Path Method* através das sugestões da CCPM – *Critical Chain Path Method* de “Tempo seco nas atividades” e “Inserção dos pulmões” ao final de cada posição na linha (Estações de Montagem), conforme descrito na Seção 4.4.5.2

2.4. PLANEJAMENTO E PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO

Em um sistema de manufatura, toda vez que são formulados objetivos, é necessário formular planos de como atingi-lo, organizar recursos humanos e físicos necessários para a ação, dirigir a ação dos recursos humanos sobre os recursos físicos e controlar esta ação para a correção de eventuais desvios. No âmbito da administração da produção, este processo é realizado pela função de Planejamento e Controle da Produção – PCP. (MOURA, 1996)

Segundo Slack *et al.* (2002), o Planejamento e Controle da Produção (PCP) é a atividade desenvolvida no sentido de se decidir em relação ao melhor emprego dos recursos de produção, assegurando, assim, a execução do que foi previsto.

O objetivo principal do PCP é comandar o processo produtivo, transformando informações de vários setores em Ordens de Produção e Ordens de Compra - para tanto exerce funções de planejamento e controle - de forma a satisfazer os consumidores com produtos e serviços e os acionistas com lucros (MARTINS, 1993).

Zacarelli (1979 *apud* Moura, 1996), denomina o PCP como Programação e Controle da Produção, definindo-o como ".um conjunto de funções inter-relacionadas que objetivam comandar o processo produtivo e coordená-lo com os demais setores administrativos da empresa".

Para atingir esses objetivos, o PCP reúne informações vindas de diversas áreas do sistema de manufatura, resultando nas definições das Ordens de Compra e Produção. São elas:

- Engenharia de Processos,
- Engenharia de Produtos,
- Qualidade,
- Manutenção,
- Suprimentos

A Figura 22 relaciona as áreas e as informações fornecidas ao PCP.

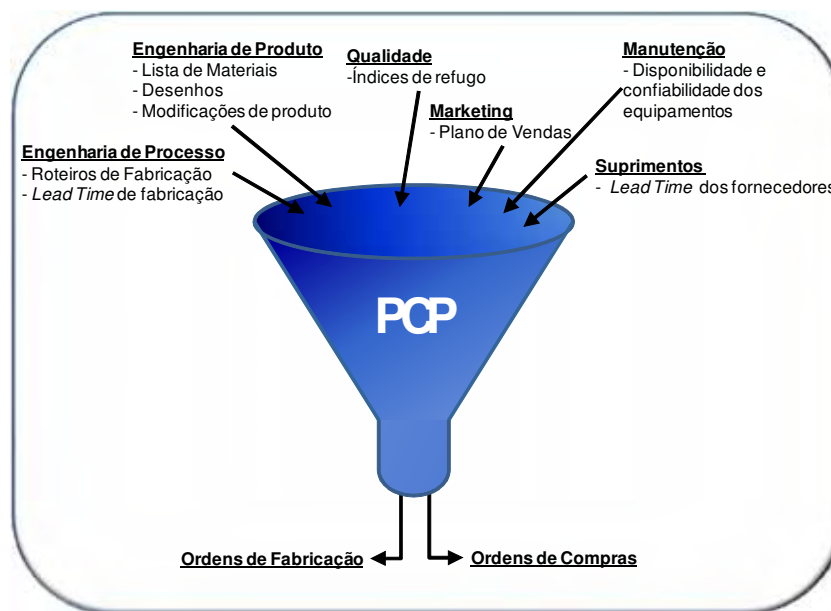


Figura 22: Fluxo de informações do PCP. Fonte: Moura (1996)

De acordo com Slack *et al.* (2002) e Moura (1996), das atividades típicas de gerenciamento desenvolvidas pelo PCP destacam-se:

- Planejar as necessidades de capacidade;
- Planejar o abastecimento de materiais;
- Planejar estoques adequados de matérias-primas, semi-acabados e produtos finais, nos pontos certos;
- Programar as atividades de produção para que pessoas e equipamentos estejam trabalhando no momento e tarefa certos;
- Informar sobre materiais, pessoas, ordens, equipamentos e outros recursos na fábrica;
- Comunicar-se com consumidores e fornecedores;
- Ser capaz de reagir eficazmente a situações adversas.

Slack *et al.* (2002) afirmam que o Planejamento e Controle da Produção é o processo de conciliar demanda e fornecimento. No entanto, independente do sistema de manufatura e estrutura administrativa, um conjunto básico de atividades de PCP

deve ser realizado. Estas atividades são necessárias para a consecução dos objetivos do PCP, mas não necessariamente deverão estar todas sendo executadas numa área específica. Isto dependerá da configuração organizacional adotada pelo sistema de manufatura (MARTINS, 1993).

Silver & Peterson (1985 *apud* Moura, 1996) estabelecem três níveis hierárquicos para o PCP :

- Nível Estratégico (longo prazo);
- Nível Tático (médio prazo);
- Nível Operacional (curto prazo).

A Figura 23 estabelece as atividades relativas ao processo decisório do Planejamento e Controle da Produção dentro desses níveis hierárquicos.

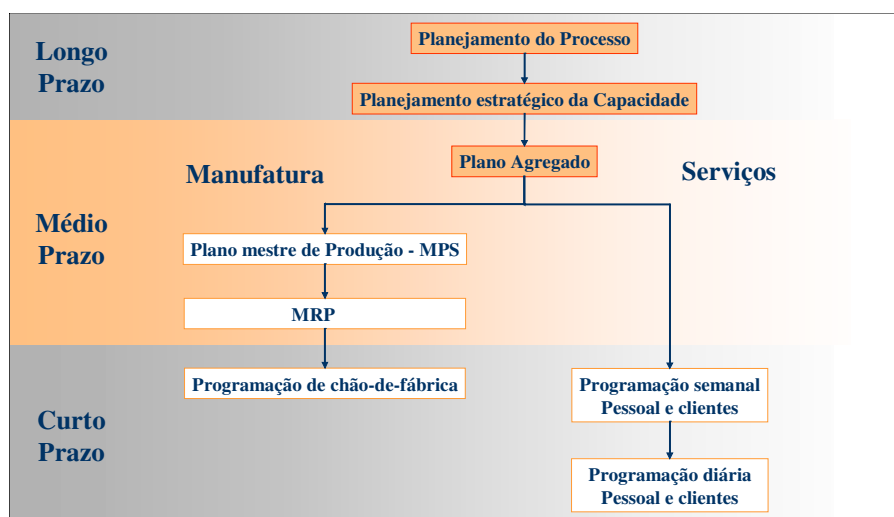


Figura 23: Decisões hierárquicas do Planejamento e Controle da Produção (Fonte: Slack, 2002)

2.4.1. Planejamento Estratégico da Produção – Longo Prazo

Segundo Slack *et al.* (2002), a estratégia é o padrão geral de decisões e ações que posicionam a organização em seu ambiente em que pretendem alcançar suas metas de longo prazo.

Estratégia competitiva é a estratégia através da qual uma empresa busca uma posição competitiva favorável dentro do seu meio ambiente, fundamentalmente dentro da indústria a qual pertence (PORTER, 1991).

2.4.1.1. PMO – *Project Management Office*

O PMO ou Escritório de Gerenciamento de Projetos, segundo Prado (2000), é um dos aspectos organizacionais de gerenciamento de Projetos que vem recebendo muita atenção ultimamente, e que tem crescido muito. A razão disso é que o PMO simplifica, facilita e otimiza o gerenciamento de projetos a um custo muito baixo. Ainda segundo Prado (2000), o PMO tem se mostrado muito útil para empresas que tocam muitos projetos simultaneamente, aliviando o trabalho dos gerentes de projeto ao compartilhar a execução de tarefas de planejamento e acompanhamento.

De uma maneira sucinta, o PMO é um pequeno grupo de pessoas que tem relacionamento direto com todos os projetos da empresa, seja prestando consultoria e treinamento, seja efetuando auditoria e acompanhamento de desempenho (PRADO, 2000).

A seguir, os principais membros do PMO e suas funções dentro do ambiente da organização. Dependendo do porte da organização, cada uma das funções relacionadas abaixo pode ser exercida por uma única ou por diversas pessoas. Para Prado (2000), com o crescimento da equipe do PMO, outras pessoas que sejam especialistas em assuntos complementares, podem ser agregadas à equipe, dependendo da necessidade.

a) Coordenador do PMO (*Controller*)

É o gerente do escritório, uma pessoa experiente, com fácil trânsito entre as áreas. Participa da formulação estratégica da empresa e do desenvolvimento do Plano Estratégico Anual.

b) Especialista no Negócio e na Metodologia de Gerenciamento de Projetos

Profissional sênior, com a missão de acompanhar e avaliar a execução dos projetos, emitir relatórios, criar regulamentos (padronização), avaliar propostas, efetuar a garantia da qualidade dos projetos, gestão à vista etc. Deve conhecer os

negócios da empresa, a metodologia de gerenciamento de projetos e os *softwares* utilizados.

c) Especialista em Software

Profissional com profundo conhecimento das ferramentas de informática, linguagem de programação, banco de dados etc. Tem a incumbência de prestar consultoria, assessoria e treinamento a toda a equipe, inclusive os membros do PMO.

O PMO tem como principais atribuições :

- Assessoria à Alta Administração;
- Assessoria aos gerentes de projeto;
- Auditoria;
- Padronização ou regulamentação;
- Treinamento;
- Garantia da Qualidade do Projeto;
- Suporte na elaboração de propostas;
- Guardião das “Melhores Práticas”(*Best Practices*);
- Emissão de relatórios;
- Criação e Manutenção da “Sala de PMO” (*War Room*);
- Gestão à vista;
- Comunicações.

2.4.1.2. PVO – Planejamento de Vendas e Operações

Segundo Corrêa (2004), o nível hierárquico do processo de planejamento de operações, mais adequado para atender aos requisitos de integração das diversas áreas funcionais da organização, é o Planejamento de Vendas e Operações – PVO, também conhecido por S&OP – *Sales and Operations Planning*. Ainda segundo Corrêa (2004),

esse processo deve integrar, tanto no nível de políticas como no de decisões, as funções de Manufatura, Marketing, Finanças e Engenharia e Desenvolvimento de Produtos, conforme demonstrado na Figura 24.



Figura 24: PVO integrando as principais funções da Empresa (Fonte: Corrêa, 2004)

Para Corrêa (2004), o processo de planejamento de vendas e operações tem alguns objetivos específicos que podem servir para caracterizá-lo, ou seja, somente estaremos executando eficazmente o PVO se esses objetivos estiverem sendo alcançados:

- Suportar o planejamento estratégico do negócio;
- Garantir que os planos sejam realísticos;
- Gerenciar as mudanças de forma eficaz;
- Gerenciar os estoques de produtos finais e/ou a carteira de pedidos de forma a garantir bom desempenho de entregas (nível de serviços a clientes);
- Avaliar o Desempenho;
- Desenvolver o trabalho em equipe.

Fazem parte do processo de Planejamento de Vendas e Operações:

2.4.1.3. Gestão da Demanda

As análises das futuras condições de mercado e previsão da demanda futura, são da maior importância para a elaboração do Planejamento de Longo Prazo. Mesmo em indústrias que fabricam produtos sob encomenda, onde não se faz nenhum estudo formal de previsão de demanda, a alta direção pode fazer conjecturas sobre o estado da economia e o seu impacto nos negócios futuros da empresa (MOURA, 1996).

Previsões de demanda podem se basear em dados referentes ao que foi observado no passado (previsão estatística) ou em julgamentos de uma ou mais pessoas (predição).

Um bom sistema de previsão deve ter boa acuracidade, simplicidade de cálculo e habilidade de rápidos ajustes frente às mudanças.

2.4.1.4. Planejamento de Capacidade de Longo Prazo

As empresas devem se preparar elaborando planos de longo prazo para dimensionamento de suas capacidades futuras, através de estudos de previsão de demanda e objetivos formulados pelo planejamento estratégico feitos pela alta administração, com a finalidade de se fazer a previsão dos recursos necessários (equipamentos, mão-de-obra especializada, capital para investimentos em estoque) que geralmente não são passíveis de aquisição no curto prazo.

2.4.1.5. Planejamento Agregado de Produção

O Planejamento Agregado de Produção é um plano elaborado a partir da visão de mercado da área de Vendas e Marketing que é o plano de vendas. Esse plano é avaliado pela área de Manufatura que verifica as necessidades de capacidade e de materiais críticos.

O planejamento é feito em termos de famílias de itens, isto é, os produtos a serem produzidos não são definidos de forma a terem uma constituição individual e completamente especificada, mas são agregados formando famílias de itens semelhantes.

O resultado final é um plano atualizado de operações que deverá atender a demanda. Esse plano deve, então, ser desagregado para dar origem ao Plano Mestre de Produção – PMP ou *Master Production Schedule* - MPS.

2.4.2. Planejamento Mestre da Produção – Médio Prazo

Segundo Corrêa (2004), a ampla área entre os planos estratégicos e sua execução num nível tático é o domínio da gerência intermediária. A gerência intermediária é responsabilizada pelo desenvolvimento de planos de nível mais baixo (mais detalhados e de horizonte mais curto) e por sua execução. Nesse sentido, explica Corrêa (2004), a gerência intermediária compatibiliza o PVO com sua programação e execução mais detalhada. O planejador mestre de produção é um desses importantes compatibilizadores de gerência intermediária.

2.4.2.1. Plano Mestre de Produção – PMP

O Plano Mestre de Produção – PMP ou *Master Production Schedule* – MPS é gerado a partir do plano agregado de produção, desagregando-o em produtos acabados. Este guiará as ações do sistema de manufatura no curto prazo, estabelecendo quando e em que quantidade cada produto deverá ser produzido dentro do horizonte de planejamento. Este horizonte de planejamento pode variar de 4 à 12 meses, sendo que quanto menor for o horizonte de tempo maior será a acuracidade do PMP (MOURA, 1996).

O PMP coordena a demanda do mercado com os recursos internos da empresa de forma a programar as taxas adequadas de produção de produtos finais, principalmente aqueles que tem sua demanda independente (CORRÊA, 2004).

“O plano mestre de produção é o plano antecipado de produção daqueles itens a cargo do planejador mestre. O planejador mestre mantém esse plano, que, por sua vez, torna-se uma série de decisões de planejamento que dirigem o planejamento das necessidades de materiais (MRP – *Material Requirements*

Planning). Representa o que a empresa pretende produzir expresso em configurações, quantidades e datas específicas. O plano mestre não é uma previsão de vendas, que representa uma declaração de demanda. O plano mestre deve levar em conta a previsão de demanda, o plano de produção e outras importantes considerações, como solicitações pendentes, disponibilidade de material, disponibilidade de capacidade, políticas e metas gerenciais, entre outras. É o resultado do processo de programação mestre. O plano mestre é uma representação combinada de previsões de demanda, pendências, o plano mestre em si, o estoque projetado disponível e a quantidade disponível para promessa.”

APICS, 2000 – *American Production & Inventory Control Society*

2.4.2.2. Planejamento de Materiais

É a atividade através da qual é feito o levantamento completo das necessidades de materiais para execução do plano de produção. A partir das necessidades vindas da lista de materiais, das exigências impostas pelo PMP e das informações vindas do controle de estoque (itens em estoque e itens em processo de fabricação), procura determinar quando, quantos e quais materiais devem ser fabricados e comprados.

O Planejamento de Materiais tem como objetivo reduzir os investimentos em estoques e maximizar os níveis de atendimento aos clientes e produção da indústria

Hopp & Spearman (2000 *apud* Castro, 2005) citam quatro abordagens para o planejamento de materiais:

a) Modelagem Matemática (ou Pesquisa Operacional)

Envolve a teoria clássica de estoques, planejamento agregado (e programação linear) e programação de operações (teoria de *scheduling*), a qual pode ser atribuída à Administração Científica de Taylor no início do século XX (CASTRO, 2005).

A partir dos anos 50, com o desenvolvimento da área de pesquisa operacional, foram desenvolvidos vários modelos e métodos matemáticos para solução de problemas de estoque. Os principais modelos são apresentados a seguir:

- Lote Econômico de Produção e Compra;
- Formação Dinâmica de Lotes;
- Modelos Probabilísticos;
 - Modelo do Jornaleiro;
 - Modelo da Reposição Contínua de Estoque;
 - Modelo de Revisão Periódica de Estoque;
 - Modelo de Estoque Básico ou Estoque Máximo;
- Modelos de *Scheduling*.

b) MRP – *Material Requirement Planning*

Seguido pelos seus sucessores MRP II e ERP, estão associados ao aprimoramento das técnicas computacionais (tecnologia da informação) e sistematização das atividades de manufatura.

O sistema MRP – *Material Requirements Planning* ou Planejamento das necessidades de materiais surgiu durante a década de 60, como um software com uma lógica de cálculos que permite que as empresas calculem a quantidade necessária de materiais para a fabricação de um determinado produto e em que momento essa necessidade é exigida. Para isso, ele utiliza a previsão de vendas, os pedidos em carteira e informações necessárias para prever o volume de componentes e a data de sua aplicação, sinalizando a todos para que isso seja providenciado a tempo.

O sistema MRP foi concebido a partir da formulação dos conceitos desenvolvidos por Joseph Orlicky, de que os itens em estoque podem ser divididos em duas categorias: itens de demanda dependente e itens de demanda independente. Sendo assim, os itens de produtos acabados possuem uma demanda independente que deve ser prevista com base no mercado consumidor. Os itens dos materiais que compõem o produto acabado possuem uma demanda dependente de algum outro item, podendo ser

calculada com base na demanda deste. A relação entre tais itens pode ser estabelecida por uma lista de materiais que definem a quantidade de componentes que serão necessários para se produzir um determinado produto, segundo Swan (1983, *apud* Castro, 2005).

c) JIT – Just in Time

Desenvolvido por Taiichi Ohno e o Sistema Toyota de Produção, o *Just in time* é baseado no modelo dos supermercados, onde o cliente retira o material desejado da prateleira na quantidade e momento desejado. O estoque é reposto de acordo com o consumo.

Analogamente, a indústria deve funcionar da mesma forma, ou seja, na filosofia JIT o estoque na fábrica deve ser zero e os materiais necessários para o andamento da produção devem ser entregues no local e momento estabelecido para sua utilização dentro do processo produtivo.

A movimentação de materiais e a coordenação da produção no modelo JIT é feita através de *Kanban* (cartão em japonês). Em um posto de trabalho, quando o material é consumido, uma ordem é enviada para a etapa anterior, através de um cartão, para que o estoque seja reposto, caracterizando o chamado sistema de produção “puxado” ou *Lean Manufacturing*.

O JIT envolve a melhoria do sistema através da busca da redução de custos operacionais, reduzindo a ineficiência e as perdas de processo. Tem como objetivo a redução dos tempos de preparação (*set up*), ciclo de obtenção do produto (*lead time*) e o menor lote de produção possível.

d) OPT – Optimized Production Technology

O OPT surge, Segundo Corrêa & Giansi, como um sistema de administração recente e viável, cuja abordagem é programar a produção com base nos gargalos de produção (Teoria das Restrições) já abordado na Seção 2.3.3

Na Teoria das Restrições utiliza-se uma programação batizada de DBR – *Drum-buffer-rope* (tambor-pulmão-corda): o “tambor”, segundo Corrêa & Giansi (1996) se associa com o ritmo e volume da produção do sistema, baseado na capacidade do

recurso gargalo. O “pulmão” se refere ao estoque protetor que deve ser mantido exatamente antes do gargalo, de modo que este não pare nunca por falta de material a processar. E “corda” como uma analogia da sincronização que deve haver entre a chegada de material no estoque protetor e a admissão de matérias-prima no sistema. Assim, a programação é feita em função do recurso gargalo, de modo que ele esteja sempre ocupado (CASTRO, 2005).

2.4.2.3. Planejamento da Capacidade de Médio Prazo

Para Moura (1996), planejar a capacidade de médio e curto prazo é a atividade que tem como objetivo calcular a carga de cada centro de trabalho para cada período no futuro, visando prever se o chão-de-fábrica terá capacidade para executar um determinado plano de produção para suprir uma determinada demanda de produtos ou serviços.

O Planejamento da Capacidade fornece informações que possibilitam:

- A viabilidade de planejamento de materiais;
- Obter dados para futuros planejamentos de capacidade mais precisos;
- Identificação de gargalos;
- Estabelecer a programação de curto prazo
- Estimar prazos viáveis para futuras encomendas.

2.4.3. Programação e Seqüenciamento da Produção – Curto Prazo

A atividade de programação determina o prazo das atividades a serem cumpridas, ocorrendo em várias fases das atividades de planejamento da produção. De posse de informações tais como: disponibilidade de equipamentos, matérias-primas, operários, processo de produção, tempos de processamento, prazos e prioridade das ordens de fabricação; estas poderão ser distribuídas aos centros produtivos onde será iniciada a execução do PMP (MOURA, 1996).

Segundo Martins (1993), os objetivos da programação e seqüenciamento da produção são :

- Aumentar a utilização dos recursos;
- Reduzir o estoque em processo;
- Reduzir os atrasos no término dos trabalhos.

Para tanto, três atividades distintas devem ser desempenhadas:

2.4.3.1. Carregamento

Slack *et al.* (2002) definem o carregamento dos recursos da produção como a quantidade de trabalho alocado para um centro de trabalho. Considerando-se as limitações impostas a cada centro de trabalho, o plano de carregamento deve ser montado provendo um nivelamento (uniformização) da demanda de cada recurso. O processo de nivelamento pode ser realizado com o auxílio de técnicas de Pesquisa Operacional (TOSO & MORABITO, 2005), e, para tal, é comum o emprego de computadores (problemas complexos) ou, ainda, por processo manual (pequenos projetos com número reduzido de recursos).

2.4.3.2. Seqüenciamento

Segundo Slack *et al.* (2002), a atividade de seqüenciamento tem a função de determinar a ordem em que as tarefas serão executadas. As prioridades dadas ao trabalho em uma operação são, normalmente, orientadas por um conjunto de regras pré-definidas.

Para o seqüenciamento de atividades em uma linha de produção de aviões, o conceito adotado foi a utilização de Redes de Precedências, assunto já abordado na Seção 2.2.2.

2.4.3.3. Programação

Segundo Moura (1996), a atividade de programação busca a definição das datas de início e término das atividades a serem cumpridas, portanto, visa a caracterização

do ciclo produtivo. Para tanto, utiliza informações tais como: disponibilidade de equipamentos, de matérias-primas, de operários, características do processo de produção, tempos de processamento, prazos e prioridade das ordens de fabricação.

Um grande problema na programação da produção é o emprego de recursos limitados, por certo período de tempo, para o atendimento a ordens de clientes ou à reposição de estoques, conhecido como problema de seqüenciamento ou problema de *scheduling*.

Segundo Rodrigues (2003), na programação da produção é essencial o entendimento de produção puxada e produção empurrada.

Produção Puxada

A produção puxada é um sistema no qual a demanda é acionada a partir de requisições de centros de trabalho anteriores (fornecedores). Assim a demanda é transmitida para trás ao longo das etapas, a partir do ponto de demanda original pelo consumidor original (SLACK *et al.*, 2002) . Esses sistemas geram menos estoques, portanto funcionam com a ótica do JIT, geralmente com o sistema *kanban*. (Figura 25)

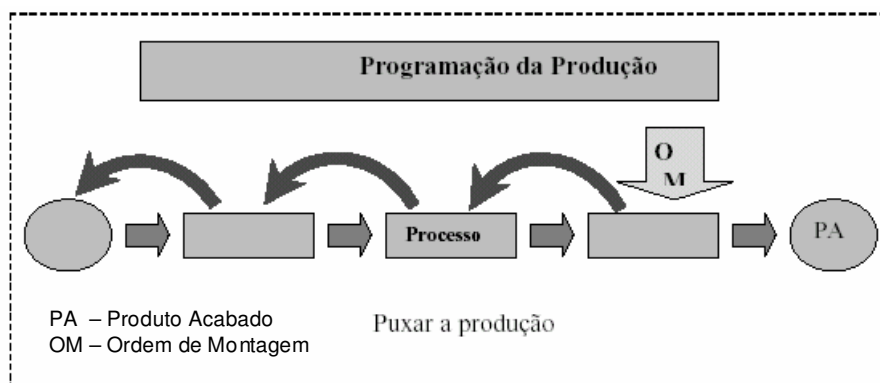


Figura 25: Programação da Produção - Sistema Puxado (fonte: TUBINO, 1997)

Produção Empurrada

A produção empurrada é um sistema centralizado em que as decisões de planejamento e controle são enviadas para os centros de trabalho que devem executar suas tarefas e mandar suas peças para a estação de trabalho seguinte. Funcionam como

um sistema de MRP. Como consequência, pode ocorrer tempo ocioso, estoque e fila. (Figura 26)

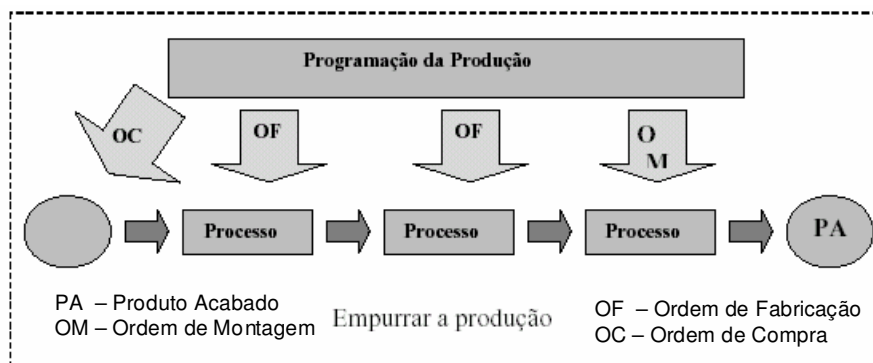


Figura 26: Programação da Produção - Sistema Empurrado (fonte: TUBINO, 1997)

2.4.3.4. Sincronização da Produção pelo Tempo *Takt*

Segundo Alvarez & Antunes Jr (2001), para que seja possível iniciar a discussão relativa ao Tempo *Takt*, há que se reconhecer que, do ponto de vista da operação do Sistema Toyota de Produção, a linearização e o encadeamento do fluxo de materiais têm fundamental relevância, e isso é realizado de duas formas:

- Com a utilização do sistema *Kanban* para conexão de células de produção;
- Através da produção em fluxo unitário (*one piece flow*) – transferência de materiais entre postos de trabalho se dá em lotes de tamanho igual a uma unidade (peça). Objetivamente, o que ocorre é uma combinação dessas duas modalidades. A gestão do tempo assume papel primordial na medida em que a fábrica como um todo se adapta ao ritmo definido para a linha de montagem.

TEMPO TAKT

A palavra alemã “*takt*” serve para designar o compasso de uma composição musical, tendo sido introduzida no Japão nos anos 30 com o sentido de “ritmo de

produção”, quando técnicos japoneses estavam aprendendo técnicas de fabricação com engenheiros alemães (SHOOK, 1998 *apud* Alvarez & Antunes Jr, 2001)

O Tempo *Takt* é definido a partir da demanda do mercado e o tempo disponível para produção; é o ritmo de produção necessário para atender a demanda. Matematicamente resulta da razão entre o tempo disponível para a produção e o número de unidades a serem produzidas.

Em 1940, Charles Sorensen construiu a linha de produção do Bombardeiro B-24 dimensionada para a produção de uma unidade por hora. O efeito do Tempo *Takt* foi uma operação estabilizada prevenindo estoques intermediários e um balanceamento no processo de montagem, assegurando que todas as partes cheguem no momento exato em que elas sejam necessárias.

A Figura 27 mostra o fluxo dos bombardeiros e suas montagens ao longo da linha, dentro do Tempo *Takt* estabelecido. Como resultado tem-se uma linha sincronizada, com todos os setores trabalhando de forma organizada, em uma linha de montagem balanceada. (DUCHARME & RUDDICK, 2004)

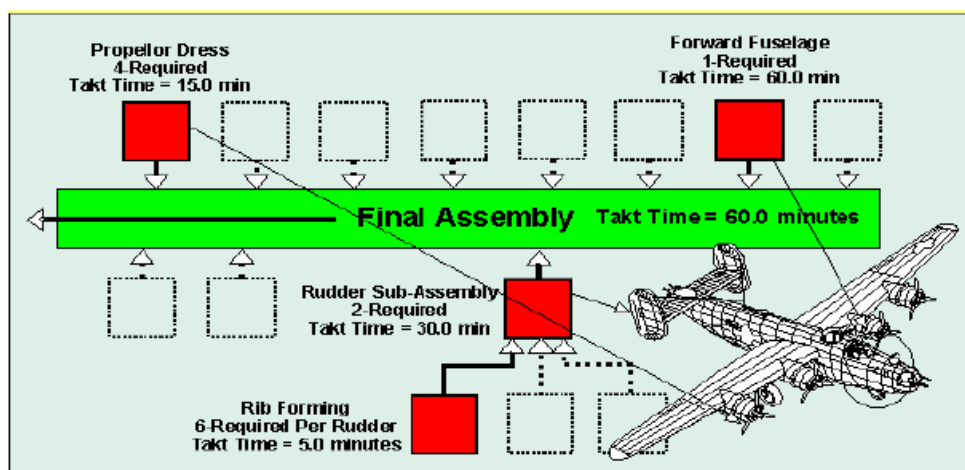


Figura 27: Linha de produção do Bombardeiro B-24 com fluxo baseado no Tempo *Takt*

2.4.4. Conclusão

Considerando que a área escolhida para a elaboração desse estudo e implantação do modelo de gestão foi uma linha de Montagem Final de aeronaves onde, já

comentado anteriormente, aplicou-se o arranjo dos aviões em um processo em linha (de estação de trabalho a estação de trabalho) aliado a um modelo de gestão por projetos, utilizou-se, agora, a programação da linha através do conceito de Tempo *Takt* e o carregamento dentro dos centros de trabalho (CT), obedecendo o seqüenciamento estabelecido pela rede de precedências. (Seção 4.4.4.1 - Estabelecendo as “Datas dos Principais Eventos”)

Após o balanceamento da linha e a adequação da carga dentro das posições, a informação é passada ao MRP para o abastecimento dos materiais necessários às montagens.

Para o gerenciamento estratégico da linha foi adotado o conceito do PMO – *Project Management Office*, com extensões do modelo do escritório em cada hangar de produção chamado de WR – War Room, onde é feito o planejamento tático da linha. (Seção 4.2 – FORMAÇÃO DA EQUIPE DO PROJETO)

2.5. ACOMPANHAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

O objetivo do acompanhamento e controle da produção é fornecer uma ligação entre o planejamento e a execução das atividades operacionais, identificando os desvios, sua magnitude e fornecendo subsídios para as ações corretivas. (TUBINO, 1997)

Dentro desse processo, o PCP tem as seguintes funções:

- Coleta e registro de dados sobre o estágio das atividades programadas;
- Comparação entre o programado e o executado;
- Identificação dos desvios;
- Busca de ações corretivas;
- Emissão de novas diretrizes com base nas ações corretivas;
- Fornecimento de informações produtivas aos demais setores da empresa (Finanças, Engenharia, *Marketing* etc);
- Preparação de relatórios de análise de desempenho do sistema produtivo.

A seguir são apresentadas algumas das principais ferramentas que auxiliam no acompanhamento e controle da produção:

2.5.1. Gráfico de Gantt

Inventada em 1917 por H.L. Gantt, a ferramenta conhecida por Gráfico de Gantt é um dos métodos de programação mais comumente utilizados. É uma metodologia simples, que consiste basicamente em definir o conjunto de tarefas a realizar indicando seu nome, duração, o início e o término e o relacionamento entre as atividades e representar isso graficamente em uma escala de tempo (SILVA, 2001 *apud* Almeida, 2007), como mostra a Figura 28.

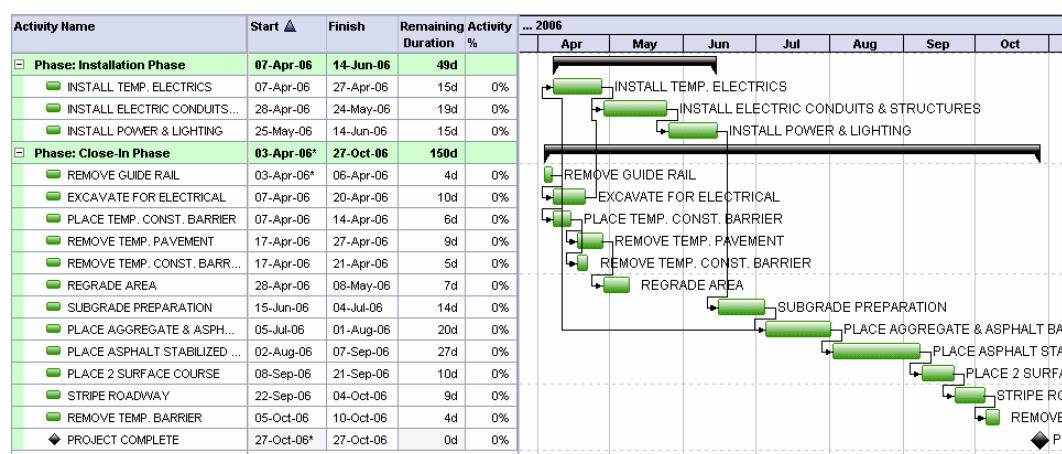


Figura 28: Exemplo de Gráfico de Gantt – Software Primavera®

Uma grande vantagem do gráfico de Gantt é a sua simplicidade e, portanto, a facilidade de entendimento e construção, além da capacidade de exibir várias informações associadas às tarefas. O gráfico apresenta uma visão clara do estado do projeto, indicando o *status* de cada atividade em uma visão global do planejamento.

A desvantagem está no fato de não ser possível identificar o impacto de alterações na programação tanto na fase de planejamento (simulações) como, também, da fase de execução (dados reais de início e término). Isto é, o gráfico de Gantt é uma solução estática que não permite uma análise do comportamento da realidade dinâmica do projeto. (ALMEIDA, 2007)

2.5.2. Curva “S” como Técnica de Planejamento e Programação

A curva “S” representa graficamente o resultado da acumulação das distribuições percentuais, parciais, relativas à alocação de determinado fator de produção (mão-de-obra, equipamentos e materiais) ao longo do tempo. Por conseguinte a curva “S” pode ser também denominada de curva de distribuição ou agregação acumulada. Basicamente, a curva pode ser empregada como técnica de planejamento, programação e/ou como técnica de controle. (SILVA, 2005)

Como técnica de controle, a curva “S” (Figura 29) é o resultado final do processo de planejamento e da programação do projeto. Com os dados obtidos nesse processo, traça-se a curva que servirá, na etapa de execução, como parâmetro de comparação entre o desempenho esperado ou planejado (andamento físico ou progresso dos serviços, consumo de homens-hora, materiais, equipamentos e custos) com o desempenho realizado, fruto da apropriação da aplicação dos recursos no processo de execução. (SILVA, 2005)



Figura 29: Curva "S" como Técnica de Controle (fonte SILVA, 2005)

2.5.3. Histograma de Carga de Recursos

Um emprego mais nobre para o gráfico de Gantt, além de ser um instrumento de visualização de atividades ao longo do projeto, é permitir entender melhor a distribuição dos recursos, especialmente os mais críticos.

Partindo da informação sobre o início e o término mais cedo da atividade e o esforço necessário para executá-la, pode-se – distribuindo esse esforço uniformemente ao longo da execução da atividade – identificar o volume dos recursos necessários para cada período de tempo (hora, dia, semana)

Ao associar-se ao gráfico de Gantt à distribuição de cada tipo de recurso ao longo do projeto, tem-se o “Histograma de Recursos”. A Figura 30 mostra a construção de um histograma de recursos a partir do gráfico de Gantt de um projeto.

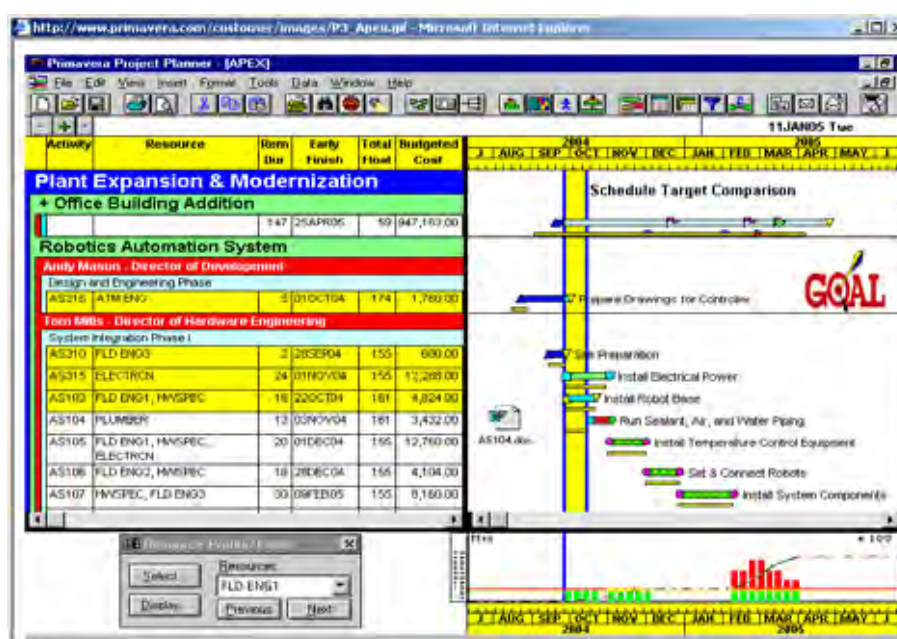


Figura 30: Diagrama de Gantt com Histograma de Recurso (Primavera®)

2.5.4. Gerenciamento dos Pulmões (Buffers)

Segundo Barcaui & Quelhas (2004), os pulmões envolvidos na CCPM (em especial o pulmão de projeto), funcionam como uma base de sustentação para gerenciar e medir o progresso do projeto em relação a data de término esperada. Em geral, essa gerência dos pulmões é feita, dividindo-se o pulmão em três diferentes níveis conforme exemplificado na Figura 31. Cada nível representa 1/3 do tempo calculado ao pulmão.

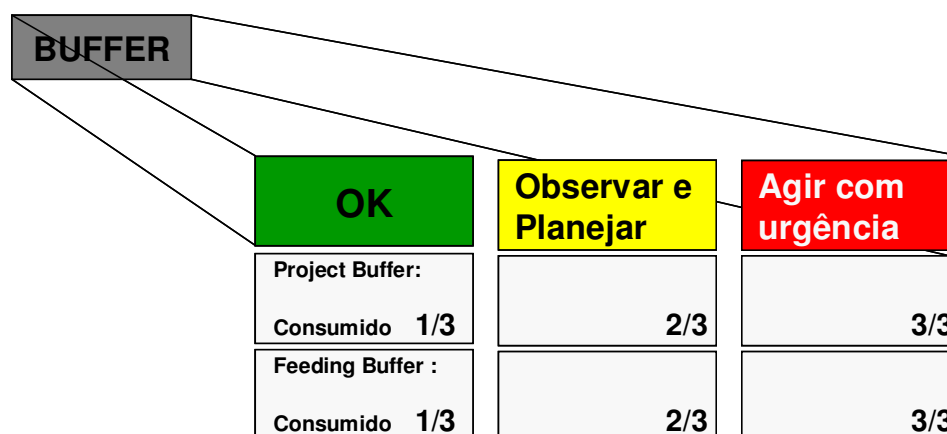


Figura 31: Exemplo Clássico de Gerenciamento de Pulmões (Fonte: Barcaui & Quelhas, 2004)

Durante a evolução do projeto, é esperado que o pulmão seja consumido e também recuperado, uma vez que ele foi dimensionado considerando o excesso das estimativas das tarefas do projeto; no entanto, se esse consumo permanecer na primeira coluna (1/3 do consumo), nenhuma ação é requerida do gerente do projeto.

Se o consumo avançar dentro do segundo terço do pulmão (cor amarela), um plano de recuperação deve ser implementado, com o objetivo de retornar a área verde do pulmão, que pode ser hora extra, alocação de recursos extras etc.

Se o consumo do pulmão permanecer, avançando agora para a área vermelha, o gerente do projeto deve colocar um plano mais contundente, sob o risco de se perder a data do projeto.

2.5.5. Conclusão

Para o modelo proposto no Capítulo 4 foi possível a aplicação dos recursos apresentados nesse capítulo para o acompanhamento dos aviões na linha. Apenas há que se considerar que a gestão das margens nas estações de montagem foi distribuída também nas tarefas individuais de montagem pelo relatório de atividades, onde as atividades apresentam sua folga dinâmica em função da margem (pulmão) relativa à estação que a atividade pertence. (Seção 4.4.4.2)

3. DESCRIÇÃO DO MODELO DE GESTÃO ANTERIOR

Este capítulo tem o objetivo de dar uma visão geral de como a empresa estudada administrava sua produção antes das ações propostas e implementadas durante a pesquisa-ação realizada nesse trabalho. O entendimento do modelo anterior proporciona uma melhor compreensão do modelo de gestão proposto e suas vantagens demonstradas através dos resultados alcançados durante a pesquisa-ação.

Não se trata aqui de descrever todos os processos empresariais ligados à produção, mas sim relatar apenas os pontos importantes que possuem uma relação direta com o novo modelo proposto, ou seja, descrever de maneira restrita a administração da produção praticada anteriormente na fase de Montagem Final das aeronaves, abrangendo apenas quatro áreas bem distintas:

- A Engenharia de Produto através da Estrutura de Produtos de uma aeronave;
- A Engenharia de Produção e a chamada “Cascata de Produção” utilizada para orientar a seqüência de montagem na linha;
- O Planejamento da Produção realizado através do MRP – *Material Requirement Planning* e as estações de produção;
- A área de Produção e o modelo de equipes por tecnologia de montagem.

A administração da produção trata da maneira pela qual as organizações produzem bens e serviços. Embora nem sempre as pessoas que supervisionam a produção sejam chamadas de gerentes de produção ou de operações, isso é o que realmente são (SLACK *et al.* 2002).

Segundo Ritzman & Krajewski (2004), a administração de operações refere-se à direção e ao controle dos processos que transformam insumos em produtos e serviços. Interpretada de maneira ampla, a administração da produção está na base de todas as áreas funcionais, porque os processos encontram-se em todas as atividades empresariais. Interpretadas de maneira restrita, a produção refere-se a um departamento específico que tem a função de gerir os processos de transformação.

3.1. ESTRUTURA DE PRODUTO

A fabricação de aviões inicia-se pela Estrutura de Produto que é uma base de dados riquíssima, responsável por fornecer informações para diversos departamentos da empresa. A Estrutura de Produto representa as várias partes de um produto. Ela é a base para todo o planejamento de materiais (data de compra de matéria-prima, data de fabricação e montagem de peças e ferramentais etc.), controle de configuração de produto, entre diversas outras aplicações.

O conceito de Estrutura de Produto adotado é o tipo modular. Para que se possa entender este conceito, será primeiramente abordado um conceito de estrutura mais tradicional: a estrutura de múltiplos níveis.

A estrutura de múltiplos níveis, Figura 32, é baseada em como o produto é concebido. Associando-se cada item aos seus conjuntos temos a Estrutura de Produto do produto A.

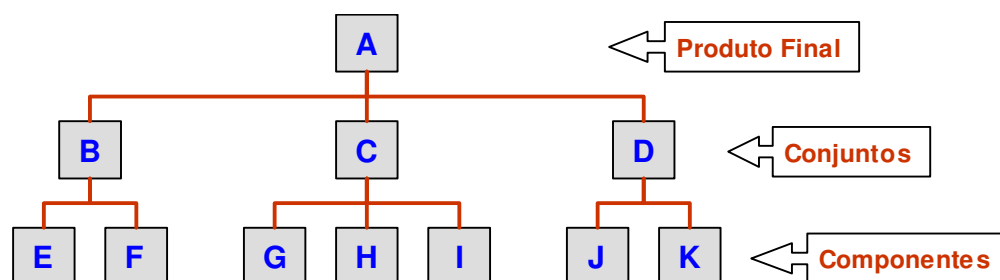


Figura 32: Estrutura de Produtos de Múltiplos Níveis

A representação indica que o produto A é composto pelos conjuntos B, C e D. Por sua vez o conjunto B é composto pelos componentes E e F e assim por diante. Uma informação adicional é a quantidade de cada item, por exemplo, o componente B é formado por duas peças de E e três peças de F.

A desvantagem deste tipo de estrutura é que toda modificação nos níveis inferiores da estrutura que produzam alteração na Fixação, Forma ou Função – FFF do produto, gera-se a necessidade de reidentificar os níveis superiores.

Por outro lado, essa modificação pode não ser exatamente uma modificação em si, mas uma opção que se oferece ao cliente. Assim, tem-se que manter as duas

estruturas de produto, pois se pode ter clientes pedindo os produtos A e o outro com a opção oferecida.

Para um entendimento real da complexidade desse tipo de estrutura causada pela quantidade de variações que se pode ter para um mesmo produto utiliza-se a Estrutura de Produto de múltiplos níveis de uma empresa que faz montagens de computadores. A Figura 33 apresenta uma alternativa para esta estrutura, destacando, além da descrição dos itens, o tempo de fabricação e a quantidade de modelos possíveis de cada item.

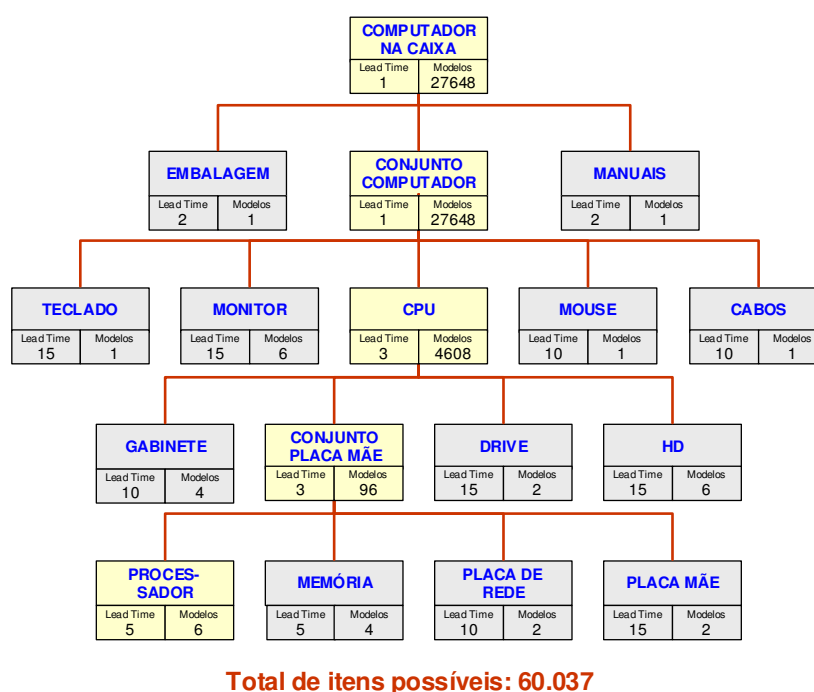


Figura 33: Estrutura de Produtos Múltiplos Níveis de um Computador

Dessa forma, são várias as estruturas de produto similares de computador, uma para cada combinação conforme demonstrado na Figura 34. Claro que a Estrutura de Produtos de um avião oferece menos variáveis que a de um computador, no entanto a quantidade de componentes é absurdamente maior (perto de 50 mil por avião), o que torna tão ou mais dificultosa a manutenção de mais de uma estrutura de produtos para uma mesma linha de aviões.

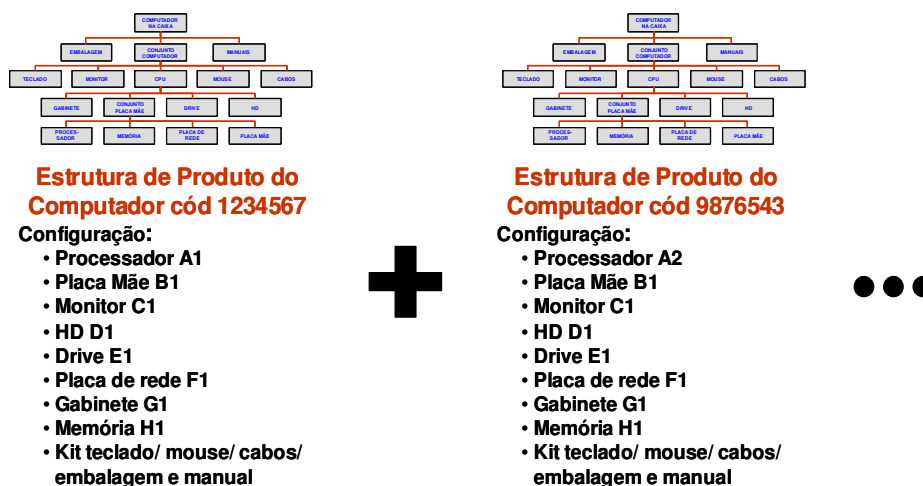


Figura 34: Várias Estruturas de Produto Múltiplos Níveis de um Computador

Para evitar a criação de um número excessivo de itens diferentes utiliza-se o conceito de Estrutura de Produto modular. Neste conceito os itens que possuem grande variação de modelos são migrados para níveis superiores da Estrutura de Produto. Ao colocar estes itens nos primeiros níveis da estrutura, torna-se desnecessária a reidentificação dos itens. A Figura 35 mostra um exemplo de estrutura modular a partir do primeiro exemplo do produto A.

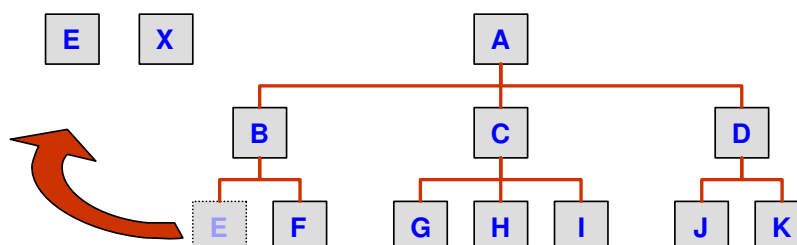


Figura 35: Estrutura de Produto Modular

Neste caso o componente E foi movido para o primeiro nível da estrutura, juntamente com o componente alternativo X. Assim, o conjunto B não precisa ser reidentificado, pois só é formado por F. Entretanto, para solicitar um produto é necessário especificar o produto A e a variação do componente desejada (B ou E).

Analogamente a Figura 36 apresenta uma alternativa para a Estrutura de Produto da Figura 33 (caso do computador) usando uma Estrutura de Produto modular.

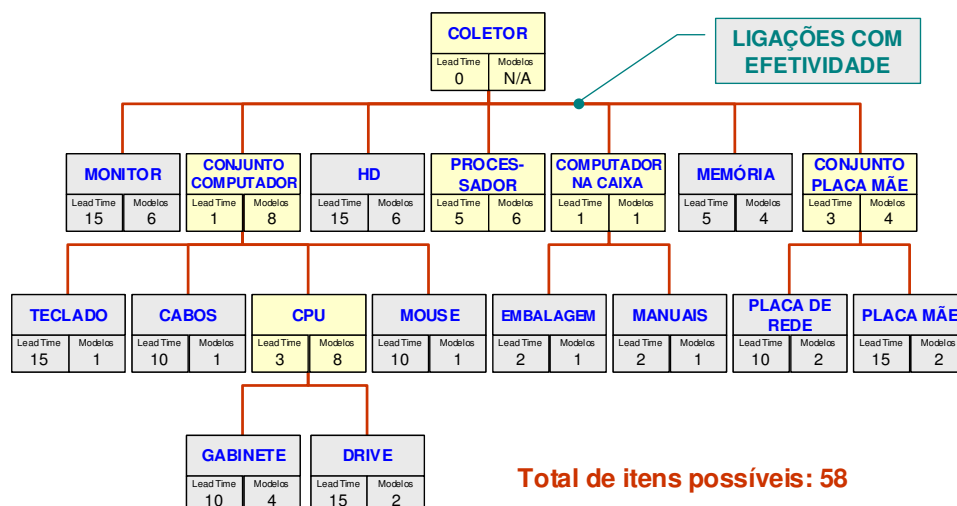


Figura 36: Estrutura de Produto Modular de um Computador

No exemplo do computador foram movidos vários itens dos níveis inferiores da Estrutura de Produto para o primeiro nível. Assim, foi possível reduzir de forma significativa a combinação de itens, obtendo um valor de 58 possibilidades frente às 60.037 possibilidades da estrutura de múltiplos níveis.

Assim, é possível reduzir de forma significativa a combinação de itens frente às inúmeras possibilidades da estrutura de múltiplos níveis. Fica claro que o gerenciamento de poucos itens é muito mais simples, entretanto existem algumas implicações desse modelo a serem abordadas.

A primeira implicação diz respeito ao controle de configuração. O montador de computadores não precisa manter um histórico detalhado de cada produto que montou e, portanto, é possível vender um conjunto de peças (itens do primeiro nível da estrutura) que equivalem a um computador embalado em uma caixa ao invés de vender um computador com um código específico.

Entretanto, como na indústria aeronáutica é necessário um controle efetivo da Estrutura de Produto de todas as aeronaves, a solução adotada pela empresa é o controle através da efetividade dos itens do primeiro nível. Isto é feito com o auxílio de um item fictício que nada mais é do que um novo nível acima na Estrutura de Produto. A particularidade deste item, chamado de COLETOR na Figura 36, é que ele não necessita ser reidentificado. Sua função é a de “agrupar” os itens do primeiro nível, através de uma ligação de estrutura especial, denominada efetividade.

A efetividade é uma ligação condicional, ou seja, só existe sob determinadas condições. Pode-se dizer, por exemplo, que o modelo A de PROCESSADOR só é usado para um determinado cliente. Assim, tem-se uma Estrutura de Produto mais “enxuta” com o mesmo resultado final.

Outra implicação diz respeito ao planejamento de datas. A estrutura de múltiplos níveis tem a vantagem de demonstrar exatamente como o produto é construído, o que facilita o planejamento. O planejamento do ramo destacado na Figura 33 se apresenta conforme destacado na Figura 37.

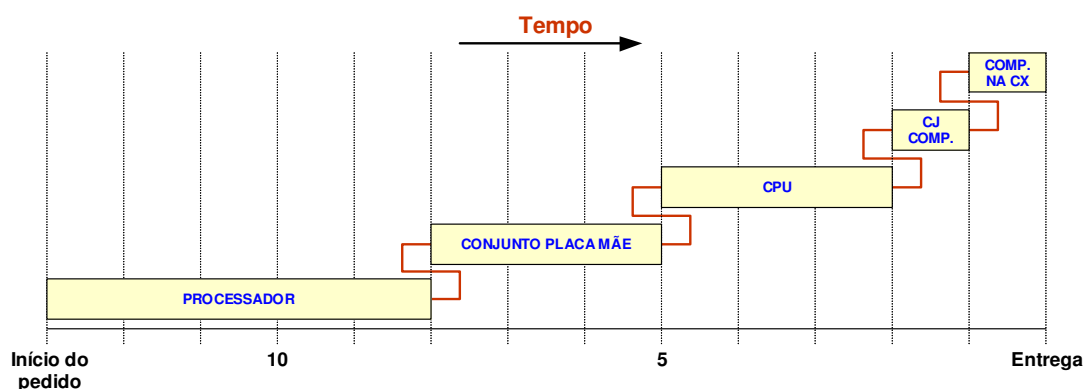


Figura 37: Planejamento de acordo com a Estrutura de Múltiplos Níveis

Agora, a Figura 38 apresenta o planejamento dos mesmos itens de acordo com a estrutura da Figura 35.

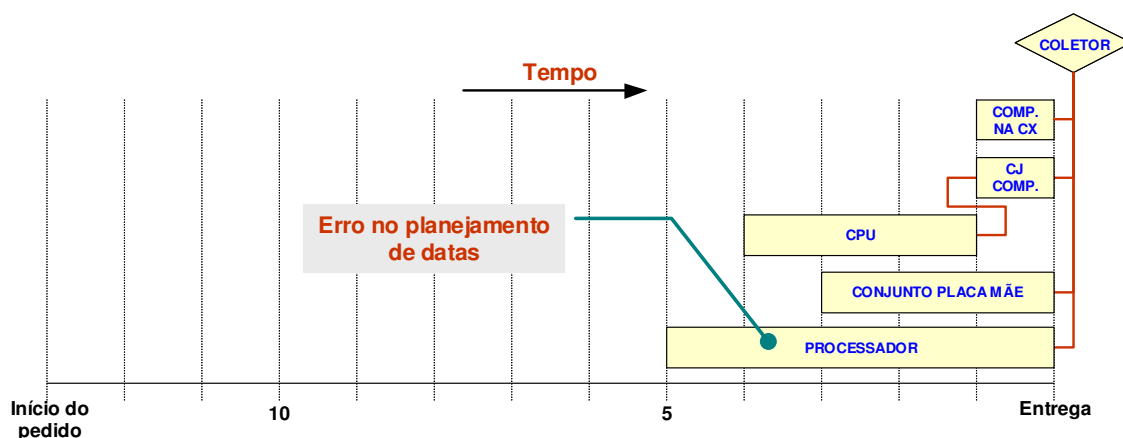


Figura 38: Planejamento de acordo com a Estrutura Modular

Comparando-se a Figura 36 com a Figura 38, nota-se que os planejamentos se diferenciam substancialmente. O planejamento de compra do PROCESSADOR que deve iniciar 13 dias antes da entrega (conforme Figura 37) está planejado para cinco dias antes da entrega na Figura 38.

Para solucionar este problema, adotou-se mais de um “coletor” defasados no tempo, conforme demonstrado na Figura 39.

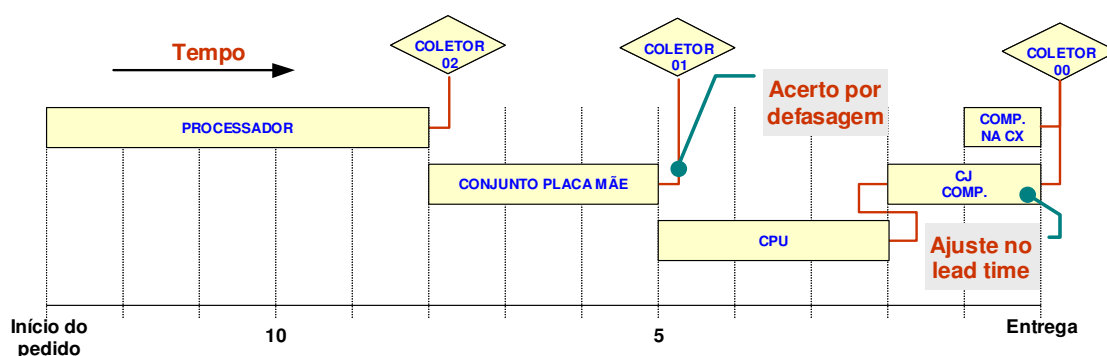


Figura 39: Planejamento conforme Estrutura Modular com vários Coletores

O uso de mais de um “coletor” com defasagem no tempo, conforme apresentado na Figura 39, corrige parcialmente o problema do planejamento da Estrutura de Produto modular.

3.2. CASCATA DE PRODUÇÃO

Na produção utilizam-se as estações de montagem que fazem o papel dos “coletores” na Estrutura de Produto e são as estações que determinam em que momento da linha de produção devem ser executadas as atividades nos aviões. Ligadas nas estações estão as subestações, as quais representam cada montagem a ser executada na linha e que consideram a efetividade para projeto, modelo ou cliente. As subestações definem a configuração de um avião.

A efetividade de uma ligação da Estrutura de Produtos é de responsabilidade da Engenharia de Produto, a Engenharia de Produção determina em qual estação uma subestação deve ser ligada. Para isso é preciso ter uma visão clara de como é feita a execução das atividades, principalmente suas durações e seqüência.

Entretanto esse trabalho não é uma atividade simples, dada a complexidade e o grande número de montagens de uma aeronave e, principalmente as suas variações de configuração. Considerando essa dificuldade, a forma com que essas atividades são agrupadas passa por um estudo detalhado no início de cada novo projeto de aeronave e, ao longo de sua vida vai sofrendo alterações e agregações de novas atividades que nem sempre refletem a real necessidade da linha de montagem.

O modelo adotado é o chamado “cascata de produção” que tem como base de agrupamento os coletores da Estrutura de Produto, chamados agora de “estações de montagem”.

A Figura 40 mostra esquematicamente uma Cascata de Produção, no entanto o que deve ficar claro é que para a Engenharia de Produto, responsável por fazer as ligações das subestações na Estrutura de Produto, que por sua vez refletem a cascata de produção, o momento no tempo em que essa ligação deve representar, não é muitas vezes claro o suficiente, ocasionando grandes transtornos no planejamento e execução das mesmas na linha de produção.

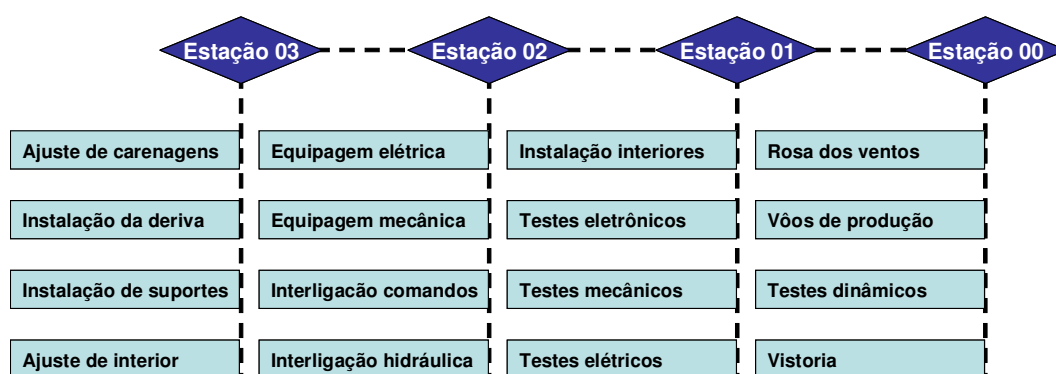


Figura 40: Cascata de Produção

3.3. PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO

O planejamento da produção inicia-se pelo Plano Mestre de Produção que é um plano operacional, parte de um plano amplo e abrangente, o plano de vendas e operações. É o demonstrativo do que a empresa planeja produzir por produto (configuração, quantidade e data). Ele estabelece os marcos a partir dos quais serão

detalhados, de forma qualitativa e quantitativamente, os materiais e operações a serem executadas.

O próximo passo desse processo é comunicar esse plano de montagem final para os níveis de baixo da estrutura de produto para garantir que os materiais e a capacidade de produção estarão disponíveis no momento necessário. Todo esse processo está inserido em um sistema de gestão, o MRP (*Material Requirements Planning*) da empresa. Desenvolvido pela própria empresa, o MRP integra a Estrutura de Produtos com a Previsão de Vendas e pedidos em carteira, gerando o Plano Mestre de Produção com a previsão de fabricação e compra dos insumos necessários a fabricação dos aviões dentro dos prazos estabelecidos de entrega, conforme mostra a Figura 41.

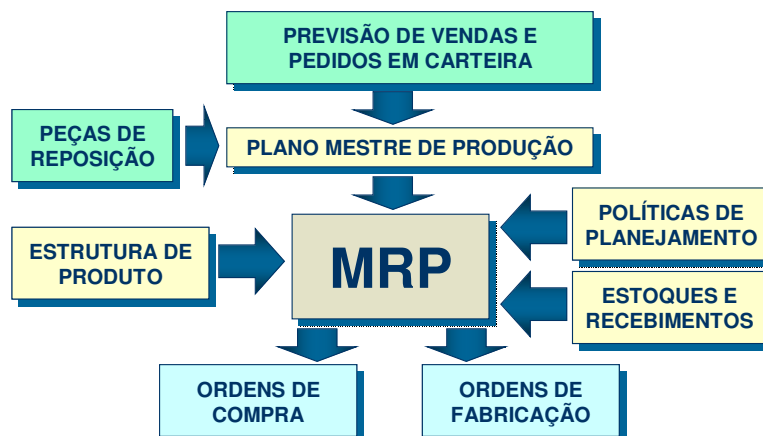


Figura 41: Entradas e Saídas do MRP – *Material Requirements Planning* (Fonte Slack, 2002)

Embora o MRP integre todos os programas da empresa, os Planos de Produção para a Montagem Final dos aviões (MTO – *Make-to-Order*) são elaborados individualmente, sob a responsabilidade das áreas de Programas, as quais traduzem para a área de Operações as necessidades da área Comercial. O Plano de Produção, após ser discutido e estabelecido, é cadastrado no MRP e transmitido para a empresa de forma sistêmica conforme demonstrado na Figura 42. Um detalhe importante a ser comentado é que o plano de produção obedece a um estudo inicial de capacidade e estabelece datas para cada avião considerando uma necessidade de disponibilização mensal de aviões para os clientes. Esse critério funciona de forma tranqüila para baixas

cadências, porém se agrava na medida em que a cadência aumenta e a diferença entre a fabricação de um avião e outro passa a ser marcado em horas.

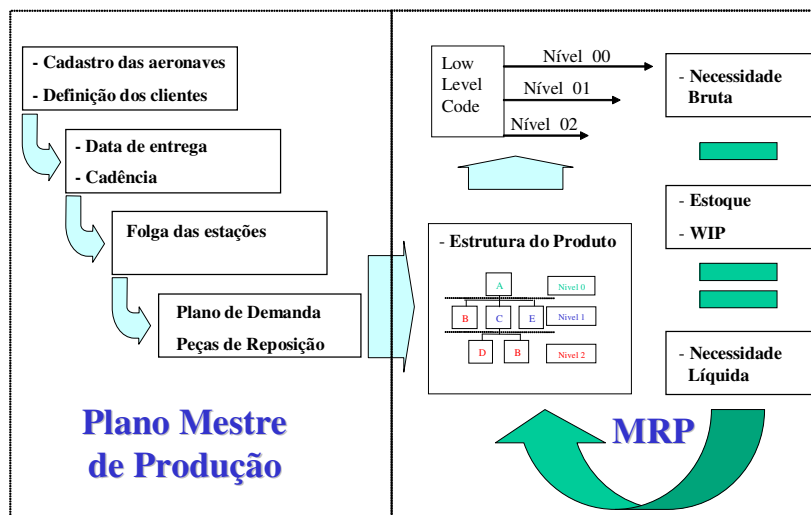


Figura 42: Fluxo de Informações no Cálculo do MRP

Está na responsabilidade do Planejamento defasar no tempo as estações de montagem de acordo com a cadência praticada no período de planejamento. Para cada cadência cadastra-se no MRP uma quantidade de folga entre uma estação e outra chamada de “Config”, a qual estabelece o momento em que as atividades daquela estação deverão ser executadas na linha de montagem em semanas de produção, conforme demonstrado na Figura 43.

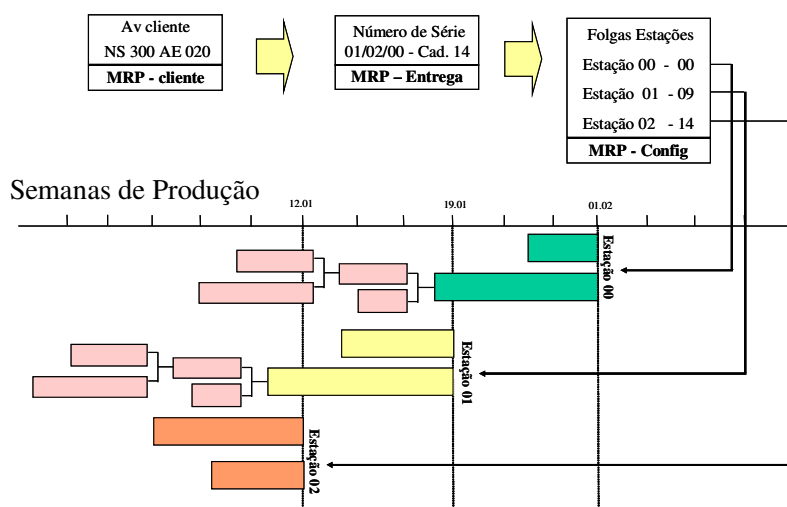


Figura 43: Distribuição das Necessidades Líquidas no Tempo

Com base nessas informações, as ordens de produção são programadas na linha de montagem e acompanhadas em sua execução, o que gera um fluxo contínuo e intenso de informações na linha.

Com frequência a Engenharia efetua uma série de alterações na estrutura do produto que impactam diretamente nos aviões em linha de montagem. Diariamente o sistema emite relatórios que indicam tais mudanças na estrutura em nível de subestação, para que o programador faça o acompanhamento da emissão das “Folhas de Providência”, que são geradas pelo Processo via sistema e que endossam a ação do programador na manutenção do Plano de Produção e na emissão e/ou recolhimento de Ordens de Fabricação.

Como o MRP processa as informações semanalmente, e o seu período de programação é de cinco dias úteis, a disponibilização de material ao longo da linha de montagem é agrupada no primeiro dia da semana de produção, o que torna o “pagamento” de material um processo lento e dificultoso, com grande quantidade de produtos disponibilizados na linha ou em áreas destinadas pra isso, aumentando o WIP – *Work in process* da empresa.

3.4. A ATIVIDADE DE PRODUÇÃO

Como já citado anteriormente, a descrição do estado anterior do processo produtivo restringe-se apenas a fase de Montagem Final do produto, que tem seu início no gabarito de junção das fuselagens e termina com o avião liberado para a entrega ao cliente, após a conclusão do processo de “Vistoria” feita pelo órgão competente (CTA - Centro Técnico de Aeronáutica).

As aeronaves a serem produzidas estão contempladas em dois planos de produção dispostos em duas fases de produção bem distintas, o primeiro contendo as datas de junção das fuselagens, chamado “Plano de Célula”, e o segundo contendo as datas de Vistoria, chamado “Plano de Montagem Final”. Os aviões iniciam o processo produtivo a partir da junção e são “empurrados” na linha até sua conclusão, na velocidade necessária ao cumprimento das datas de Vistoria.

As equipes de montadores são formadas de acordo com a tecnologia, sob a gestão de um supervisor e se distribuem entre os aviões na linha conforme a disponibilidade de áreas e materiais necessários às montagens. Esse tipo de gestão provoca uma dispersão da mão-de-obra dificultando a gestão e a definição de prioridades, uma vez que as equipes são focadas na sua tecnologia, realizando as atividades na seqüência necessária à conclusão do seu pacote de tarefas. No entanto, dentro das atividades pertinentes a um avião, a relação de interdependência não se restringe apenas ao sistema a que ela pertence, mas existe uma interdependência entre os sistemas de uma forma geral. Não só a dependência técnica, mas a limitação de espaço faz com que surja uma dependência não técnica chamada de dependência de área, o que faz com que a dificuldade na montagem aumente ainda mais, impedindo muitas vezes a conclusão das atividades no tempo e prazo corretos.

Equipes por tecnologia também dificultam o balanceamento da mão-de-obra, pois não favorecem a formação de polivalência, ou seja, funcionários capazes de executar tarefas diferentes. Assim, temos a ocorrência de atividades necessitando ser executadas sem mão-de-obra disponível e, ao mesmo tempo, equipes ociosas por já terem concluído seu pacote de atividades.

Devido a não existir sistemicamente uma indicação da precedência das atividades, a distribuição da mão-de-obra fica sujeita à experiência do supervisor da área, o qual estabelece a prioridade, na maioria das vezes, pela posição do avião na linha, o que nem sempre significa uma real prioridade.

4. DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE GESTÃO PROPOSTO

Este capítulo tem por objetivo apresentar a contextualização prática da revisão bibliográfica apresentada no Capítulo 2. A presente pesquisa é resultado da participação e acompanhamento da implantação de um modelo de gestão por rede de precedência, para acompanhamento e análise de impactos na linha de Montagem Final para os jatos regionais produzidos por uma empresa do ramo aeronáutico. Esse modelo permite o acompanhamento, programação e reprogramação da Montagem Final, fornecendo à Produção os cronogramas com a distribuição das atividades, com os respectivos prazos, ciclos, interdependências e mão-de-obra associada para cada avião ao longo da linha de montagem.

4.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Para Kotter (1997), a grande dificuldade em uma mudança organizacional reside na complexidade da tarefa de convencer todo um coletivo de indivíduos a acreditar nos benefícios da mudança e conseguir retirá-lo de sua zona de conforto para uma lógica de atuação com novos valores, propósitos, processos, sistemas e conhecimentos. Apresentam-se erros comuns que causariam fracasso em um projeto de mudança organizacional e propõe alternativas para evitá-los:

- Assegurar que uma parte relevante da organização tenha real entendimento da necessidade de mudança que está por vir;
- Garantir a autonomia e influência para o grupo responsável pela coordenação do processo de transformação;
- Esse grupo deve definir a estratégia de atuação e a visão de futuro almejada, comunicando-as de forma abrangente e expressiva para a organização;
- Deve-se ter a preocupação que essa visão corresponda às expectativas e possibilidades viáveis da organização, não se constituindo em um sonho utópico desacreditado pelos funcionários;

- Manter a motivação necessária dos empregados durante o processo de mudança, que normalmente são longos e cansativos e difíceis de serem percebidos pelos funcionários;
- Definir objetivos de curto prazo, que criem a percepção da agregação de valor que a mudança irá gerar;
- Monitorar continuamente os processos de implantação, de forma a assegurar a postura pró-mudança dos funcionários, evitando que ocorra uma regressão do projeto e combatendo os obstáculos entendidos como forças contrárias à mudança;
- Conscientizar as pessoas de que os resultados obtidos foram conseguidos por meio dos esforços coletivos e da aceitação da mudança, de modo a garantir que essas não voltem a agir como antes, incorporando, assim, a mudança à cultura da organização.

4.2. FORMAÇÃO DA EQUIPE DO PROJETO

Conforme exposto anteriormente, a formação da equipe do projeto é vital para a implantação e sucesso do projeto. Para Sentanin (2004), a escolha das pessoas que irão compor a equipe, a palavra de ordem é participação, ou seja, envolvimento daqueles que lidam com o processo em seu dia-a-dia.

Com a equipe do projeto assegura-se a existência de um núcleo de competência técnica cujo principal objetivo é manter a unicidade e disseminação correta da aplicação do conceito e da tecnologia, além dos alvos relacionados abaixo:

- Estabelecer viabilidades de aplicação;
- Definir nível de aplicação;
- Garantir a capacitação necessária (pessoas);
- Estabelecer conceitos de operação;
- Consolidar infra-estrutura de informática para suportar a operação;
- Garantir o provisionamento orçamentário;
- Ampliar visão (pesquisas, apoios externos, eventos, *benchmarking*);
- Analisar perspectivas futuras.

Antes de se descrever a formação da equipe, deve-se salientar a necessidade de se estabelecer os setores da empresa que, de forma integrada e consistente, devem tomar parte no desenvolvimento das decisões, bem como a contribuição e o papel de cada uma delas no processo de gestão das atividades a serem realizadas ao longo da linha de produção de aeronaves. São eles:

- Setor de Planejamento;
- Engenharia de Produção;
- Setor de Produção.

Sua forma de atuação deve ser integrada e consistente como demonstrado na Figura 44, assegurando a formação de um conceito de gestão com métodos e procedimentos bem definidos e descritos, ficando a cargo de representantes de cada área, aqui chamados de “Equipe do Projeto”, a garantia pelo cumprimento integral de cada um desses procedimentos.

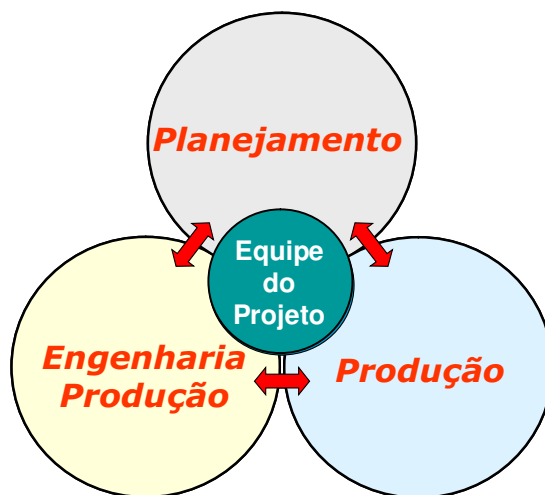


Figura 44: Modelo de Atuação da Equipe do Projeto

4.2.1. Equipe do Projeto

Como a formação da equipe do projeto é vital para o sucesso de todo empreendimento, a escolha começa pelo “patrocinador” do processo, ou seja, o seu dono, aquele que vai “cobrar” os resultados para que o projeto efetivamente chegue ao melhor resultado.

A pessoa indicada para essa função foi o Diretor do Departamento de Produção, o qual facilitou a indicação dos demais membros da Equipe:

Gerente do Projeto: Engenheiro com mais de 20 anos na empresa, gerente da linha de produção onde o projeto foi implementado.

Líder do Projeto: Administrador com mais de 15 anos na empresa, ligado à Engenharia de Produção, com conhecimentos de gestão da produção, conceitos de rede e teoria das restrições, competência necessária ao desenvolvimento do novo modelo de gestão. Papel assumido pelo pesquisador e autor desse trabalho.

Técnicos de Apoio: Técnico responsável pelo desenvolvimento das rotinas de atualização da base de dados, com experiência nos processos da área de produção estudada. Equipe formada com quatro técnicos experientes, um para cada fase da montagem, inclusive no período noturno.

Supervisor da Produção: Supervisor responsável pelas equipes de montagem, com experiência nas atividades principais da linha estudada, responsável por garantir as atualizações oriundas da área de produção e acompanhar o desenvolvimento das equipes.

Analista de Sistemas: Responsável por desenvolver as interfaces, acompanhar as implementações nas áreas de produção, estabelecer os novos procedimentos (manuais), bem como treinar os usuários do novo sistema.

4.3. DEFINIÇÃO DOS PAPÉIS E RESPONSABILIDADES

Segundo Prado (2000) é importante para o bom andamento do projeto que todos os papéis e responsabilidades fiquem bem definidos, para que não haja nenhuma duplicidade de atividades e também se garanta que todas as atividades importantes do processo sejam executadas, conforme demonstrado na Figura 45. Dessa forma, a definição de quem irá fazer o que, torna-se o passo principal na construção do modelo de gestão, bem como a estrutura que irá atuar nesse processo.

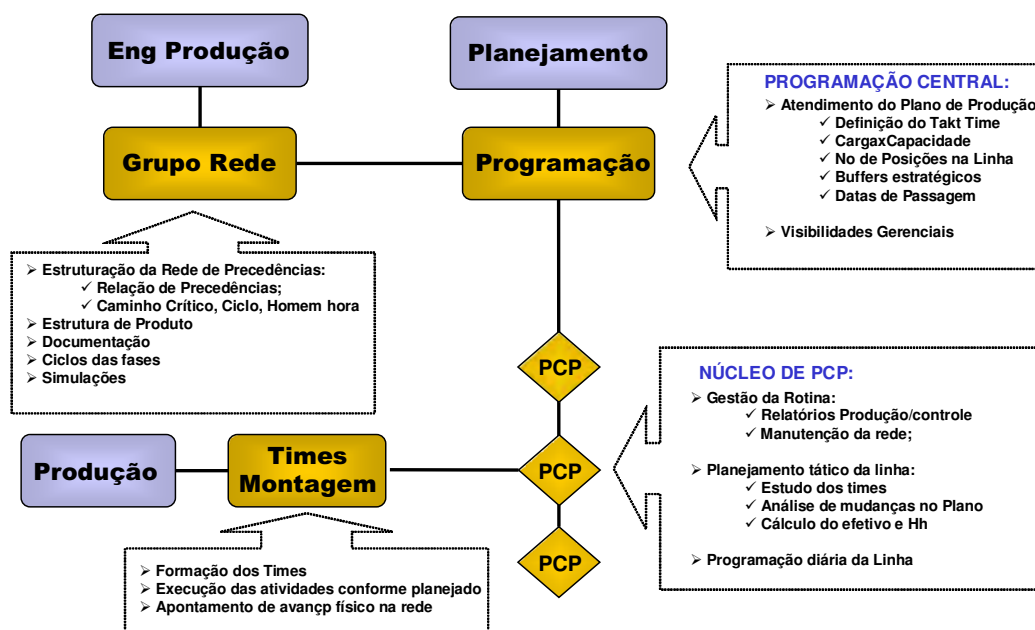


Figura 45: Definição dos Papéis e Responsabilidades (Fonte: adaptado de Prado, 2000)

4.3.1. Papel do Planejamento

O Planejamento e Controle da Produção pode ser entendido como um sistema que comanda as tarefas de produção e atividades de apoio, centralizando informações que, depois de devidamente processadas, serão distribuídas aos setores envolvidos. Um bom sistema de PCP otimiza o uso dos recursos produtivos, proporciona fluidez à produção e auxilia a manter a eficiência em níveis elevados.

Zaccarelli (1986) o conceitua sob nomenclatura de programação e controle da produção, como “um conjunto de funções inter-relacionadas que objetivam comandar o processo produtivo e coordená-lo com os demais setores administrativos da empresa”.

Corrêa *et al.* (2001) explica que, para que haja um planejamento é preciso ter uma visão sistêmica, ou seja, entender os fatos ocorridos no passado e no presente e suas respectivas influências para a tomada de decisão, com a finalidade de se conseguir, futuramente, os resultados planejados. Adicionalmente, planejar é projetar um futuro diferente do passado, a partir de variáveis sobre as quais se tem controle.

Machline *et al.* (1978) define o Planejamento e Controle da Produção como a função administrativa que elabora os planos que orientarão a produção e servirão de guia para o seu controle. Assim, o Planejamento e Controle da Produção determina o

que, quanto, como, quanto e quem irá produzir. A fase de planejamento consiste em determinar os planos, ou seja, o que deverá ser feito. A fase de controle consiste em comparar o que foi feito com o que foi planejado.

Para Tubino (1997), ao serem definidas as metas e estratégias da empresa, devem se formular planos para alcançá-las, administrar os recursos humanos e físicos e acompanhar essa ação, permitindo a correção de imprevistos. Essas atividades são desenvolvidas pelo Planejamento e Controle da Produção.

Os principais objetivos de um sistema de PCP são:

- Minimizar atrasos e não-atendimento de ordens de produção;
- Minimizar estoques;
- Minimizar a ociosidade dos recursos produtivos pela alocação eficiente do trabalho;
- Minimizar os ciclos da produção.

Russomano (1995) considera que o objetivo final é a organização do suprimento e a movimentação dos recursos humanos, a utilização de máquinas e as atividades relacionadas, de modo a atingir os resultados de produção desejados, em termos de quantidade, qualidade, prazo e lugar.

4.3.2. Papel da Engenharia de Produção

No âmbito da Engenharia de Produção está a responsabilidade sobre os processos da organização, sua descrição, padronização e aplicação.

Segundo Paim (2002), a gestão tradicionalmente funcional das organizações, geralmente verticalizada, departamentalizada e, por vezes, desintegrada, pode ser completada ou até mudada para uma gestão orientada no sentido da agregação de valor que ocorre horizontalmente nas organizações, através de seus processos. O projeto ou reprojeto dos processos nestas organizações deve considerar o aumento da complexidade e concorrência do ambiente empresarial, em especial, pela necessidade de Dinâmica, Integração, Flexibilidade e Inovação – DIFI. Em decorrência disto, diferentes elementos devem ser focalizados para suportar uma transformação organizacional. Estratégia, competências, estrutura e indicadores de desempenho devem estar alinhados com os processos não só da organização, mas com os de outras

organizações que estejam envolvidas na cadeia de suprimentos. Uma organização orientada por processos ainda teria que considerar aparatos de gestão com Tecnologia de Informação para garantir coordenação entre as diferentes funções. A questão dos processos é o eixo central da Engenharia de Produção na busca pelo aumento da eficiência, eficácia e efetividades na gestão e operacionalização das organizações.

4.3.3. Papel da Função Produção

Toda empresa tem a opção de subcontratar a produção de seus bens e serviços, assim a função produção precisa justificar sua existência, participando ativamente da estratégia competitiva desenvolvida pela Organização. Segundo Slack (2002), a Produção deve apoiar a estratégia da organização desenvolvendo objetivos e políticas apropriadas aos recursos que administra, deve fazer a estratégia acontecer, transformando decisões estratégicas em realidade operacional. A Produção deve fornecer os meios para obtenção de vantagens competitivas.

4.4. ESCOPO DO PROJETO

Conforme descrito na seção 1.5, o objetivo desta pesquisa é propor um modelo de planejamento e controle da produção através da programação de atividades por meio de redes de precedências e a aplicação da Corrente Crítica (CCPM - *Critical Chain Project Management*) Goldratt (1997), como recurso para minimizar as dificuldades de se trabalhar em multiprojetos. Verificar quais conceitos da gestão de projetos e do modelo de Corrente Crítica melhor se aplicam ao planejamento e controle da produção de aeronaves, o desenvolvimento de uma ferramenta gerencial para gerar informações que possibilitem a tomada de decisão no âmbito do planejamento operacional, que permitam a programação dos recursos envolvidos no processo produtivo. Um sistema estruturado através de rede de precedência e operado por aplicativos disponíveis no mercado que permitam a manipulação de informações oriundas do ambiente produtivo.

4.4.1. Ciclo 1 – Teste do *software Primavera®* com seus recursos padrão

Como uma primeira etapa do projeto se fez necessário inicialmente se decidir por qual software disponível no mercado se utilizaria como base para o processamento das informações oriundas da produção.

Após análise minuciosa, a equipe decidiu-se pela utilização do *Software Primavera Project Planner (P3)®*, fornecido pela Primavera Systems Inc. (USA), como ferramenta de desenvolvimento e validação do Modelo de Gestão. Em uma primeira etapa, passou-se ao teste da ferramenta na linha de produção através dos seus aplicativos padrão, fazendo com que se instalasse uma mudança cultural no ambiente produtivo, Figura 46, habituando as pessoas a trabalharem com cronogramas, relatórios e gráficos de acompanhamento.

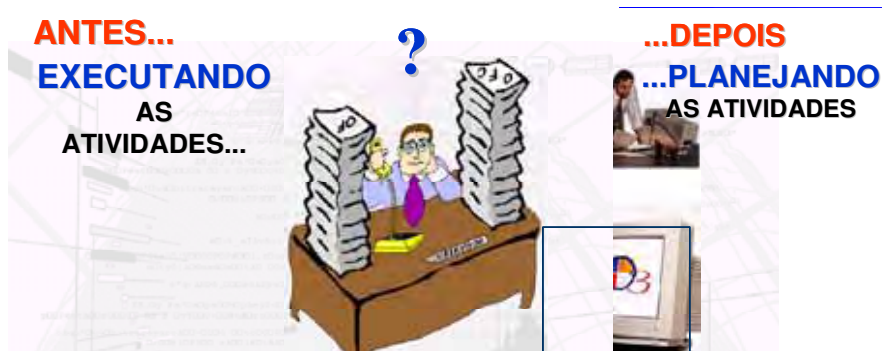


Figura 46: Mudança Cultural no Ambiente Produtivo

Devido à complexidade dos processos aeronáuticos e os múltiplos sistemas existentes suportando esses processos, foi importante também essa primeira etapa para se definir quais os processos deveriam ter interfaces construídas, considerando inicialmente aqueles mais vitais para a operação de gestão a ser desenvolvida conforme as funcionalidades desejadas, citadas anteriormente. A Figura 47 mostra os sistemas existentes e o sistema de gestão proposto, chamado agora de “*Sistema de Gestão por Rede*”:

4.4.2. Ciclo 2 – Geração das interfaces do *Software* com os sistemas da empresa

A partir da construção das duas redes de precedências no Primavera®. Uma rede Modelo e outra de Acompanhamento contendo as redes de todos os aviões em processo de montagem (Figura 48), iniciou-se a construção das interfaces do *software* com os sistemas existentes na empresa.

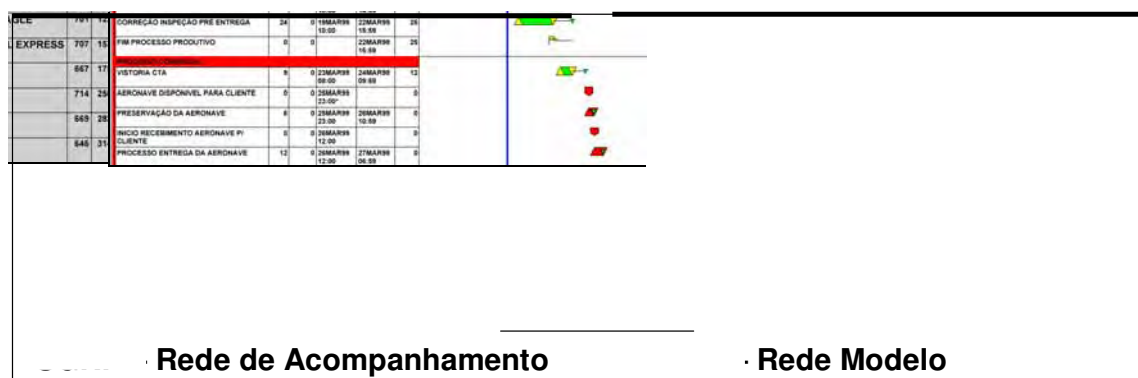


Figura 48: Rede de Precedências criada no *Software Primavera®*

4.4.2.1. Interface com a Estrutura de Produto

A Estrutura de Produto da aeronave estudada abriga cerca de 15 mil subestações de Montagem Final ou PN – *Part Number*. No entanto, cada avião possui em média 600 atividades de montagem nesta mesma fase consideradas em sua Rede de Precedências. Essa diferença se deve ao elevado número de opções oferecidas a cada cliente as quais são controladas pela efetividade estabelecida para cada uma dessas subestações na Estrutura de Produto, conforme já apresentado na Seção 3.1.

O MRP gerencia cada montagem na linha de produção como uma OF (*Ordem de Fabricação*) específica para aquele determinado avião, possuindo roteiro de operações por centro de trabalho, material a ser disponibilizado e data de início e término planejados com base na Cascata de produção. A Rede de precedências, por sua vez, possui uma atividade genérica, pertinente àquele modelo de aeronave, sendo, portanto, fundamental que se estabeleça a correspondência entre cada PN da Estrutura com sua respectiva atividade na Rede, para que exista um controle efetivo do planejamento, execução e controle de cada uma dessas atividades na produção. Para tanto, faz

necessário a criação de um banco de dados que faça essa correspondência de forma sistêmica a ser chamado de “PN *versus* Atividade Rede”.

4.4.2.2. Interface de apontamentos da produção

Para que seja feito o processamento diário e se tenha subsídios para as tomadas de decisão sobre reprogramações e análises de balanceamento da mão-de-obra é necessário que se obtenha a informação sobre a evolução dos aviões na linha de produção.

A empresa analisada já possui um sistema de apontamento de horas que funciona “*on-line*” e permite que o funcionário aponte as horas trabalhadas em uma determinada atividade ou várias atividades ao longo do dia, por OF de montagem. É necessária, então, a criação de um apontamento de evolução percentual por atividade, associada ao apontamento de horas igualmente ligadas a OF daquela montagem. O primeiro apontamento de horas em uma determinada OF representará o início da respectiva atividade na Rede de precedências, que passa então, a receber apontamento diário de percentual representando sua evolução no período. Após receber o apontamento igual a 100%, o que significa que a atividade foi encerrada, a data de término será a data do último apontamento de horas recebido.

Essa interface será utilizada pelos operadores na linha de produção da mesma forma que utilizam o apontamento de horas, fornecendo inclusive informações relevantes da situação da montagem, tais como quantidade de horas apontadas, data de início e término real e planejado, informações estas oriundas da rede de precedências.

4.4.2.3. Interface de atualização diária do sistema de gestão por rede

O *software* Primavera[®] possui uma estrutura de banco de dados proprietária de difícil interfaceamento e uma série de recursos de relativa complexidade que exigem treinamento específico para sua utilização. A criação de uma interface de operacionalização mais “amigável” certamente facilita a gestão diária e elimina os riscos de falhas humanas. Aliado a isso, a quantidade de processamentos diários já existentes carregaria excessivamente a operação, inviabilizando sua rodada no decorrer do dia, assim, há necessidade de uma interface que estabeleça a rodada do Sistema de

Gestão no final do dia, com todos os processamentos em “*batch*”, fazendo com que as visibilidades, relatórios e informações necessárias à tomada de ações pelas áreas estejam disponíveis no início do turno do dia seguinte.

Todas as operações diárias no sistema serão realizadas no próprio Primavera® por operadores treinados e designados para essa função.

4.4.2.4. Interface de sugestão de pagamento de material para a produção

Essa interface tem por objetivo orientar os Programadores, Controladores e Movimentadores de material no pagamento de Materiais para a linha de produção.

Atualmente a solicitação de pagamento de materiais é feito pelos Controladores e o mesmo utiliza uma tabela contendo as datas de início e término de cada estação de montagem, conforme a cascata de produção e a “*Config*” de planejamento. Procedendo desta forma a carga de trabalho é excessiva e o volume de material que é enviado no início de cada estação também é muito grande.

Utilizando-se a interface de Sugestão de Solicitação Pagamento Material, quem passará a fazer o pagamento dos materiais será o programador, com base nas informações da Rede de Precedências, desta forma contemplando o que realmente está acontecendo na linha de produção, com a priorização diária para cada atividade da rede.

4.4.3. Descrição dos critérios e processos do modelo de gestão

Nesse momento, antes de se partir para um próximo ciclo da pesquisa, faz-se necessário descrever-se todo o processo a ser construído, definir os critérios que servirão para nortear a construção do modelo, e também alguns parâmetros para assegurar a correta execução do processo de gestão adotado.

Os critérios estabelecidos a seguir foram necessários para se garantir o correto direcionamento e gestão das atividades de montagem ao longo da linha de produção e os seus respectivos recursos necessários, bem como auxiliar na formação das equipes e recursos materiais nos setores produtivos.

4.4.3.1. Centro de Trabalho (CT)

Centro de Trabalho (CT) é um agrupamento de recursos, onde o trabalho ou valor é agregado a um processo produtivo, composto de pessoas ou máquinas, com habilidades idênticas, que pode ser considerado como uma única unidade para planejamento de recursos (*Carga versus Capacidade*) e programação de produção. Na montagem final, possui uma tecnologia predominante e atende a todas as atividades sob sua responsabilidade.

4.4.3.2. Atividade da Rede de Precedências

Uma Atividade da Rede de Precedências é uma atividade de montagem ou uma agregação de valor feita no avião durante o seu processo de montagem, realizada por um Centro de Trabalho (CT) através de uma OF (Ordem de Fabricação). Tem como referência um PN (*Part Number*) ligado a Estrutura de Produto. Toda Atividade criada no Primavera® recebe um único e exclusivo número de identidade (ID). Um PN na Estrutura de Produto pode estar associada a mais de uma atividade, porém uma Atividade (ID) deve possuir um único PN associado para a mesma linha de montagem. Dessa forma pode-se associar todas as possibilidades de montagem configuradas na Estrutura de Produto com as respectivas Atividades na Rede de Precedências de um avião, conforme demonstrado Figura 49.

Para cada Centro de Trabalho (CT) do roteiro de operações de uma montagem deve haver uma atividade correspondente na Rede com as respectivas informações de duração, CT, precedência, recursos, hangar, informados pela Engenharia de Produção.

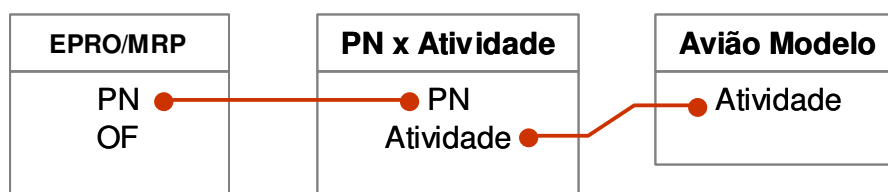


Figura 49: Relação PN na Estrutura e Atividade na Rede de Precedências

4.4.3.3. Linha de Montagem ou Fase de Montagem

Fica estabelecida como Linha de Montagem uma área dentro da produção (local físico), localizada em uma planta definida, com recursos produtivos definidos (gabaritos, equipamentos etc), atividades definidas e seqüenciadas determinando o ciclo padrão para a linha, com início e fim planejados. A linha deve possuir o efetivo dimensionado e distribuído em centros de trabalho (CT) de maneira a atender todas as atividades pertinentes aos produtos a serem produzidos por essa Linha, ou seja, uma capacidade produtiva estabelecida em homens.hora (Hh) por turno de produção, nivelada e distribuída em times por atividade, que permita a sua gestão através de cronogramas de atividades (Diagrama de Gantt).

Na Figura 50 mostra-se uma visão esquemática da distribuição dos recursos em uma Linha de Montagem, com seus Times de Montagem e a distribuição das Atividades de Rede em um Cronograma com o ciclo de montagem definido para a Fase.

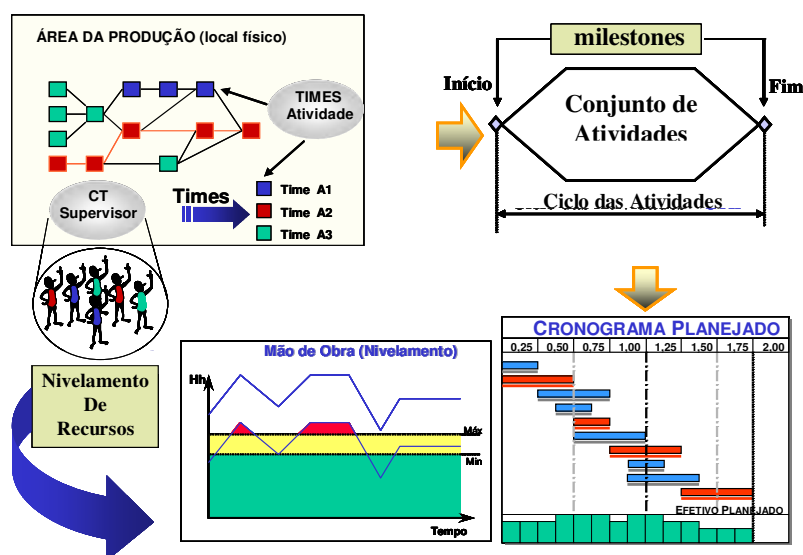


Figura 50: Visão Esquemática de Linha de Montagem ou Fase de Montagem

4.4.3.4. Rede de Acompanhamento ou Agrupamento

Uma Rede de Acompanhamento ou agrupamento (Figura 51) é composta pela combinação de várias linhas de Montagem, gerenciada em um único Projeto dentro do Primavera®. As linhas, não necessariamente, devam pertencer à mesma planta, no entanto, devem manter uma relação de precedência entre si. Duas linhas podem estar se evoluindo paralelamente, mas devem necessariamente processar parte de um mesmo produto.

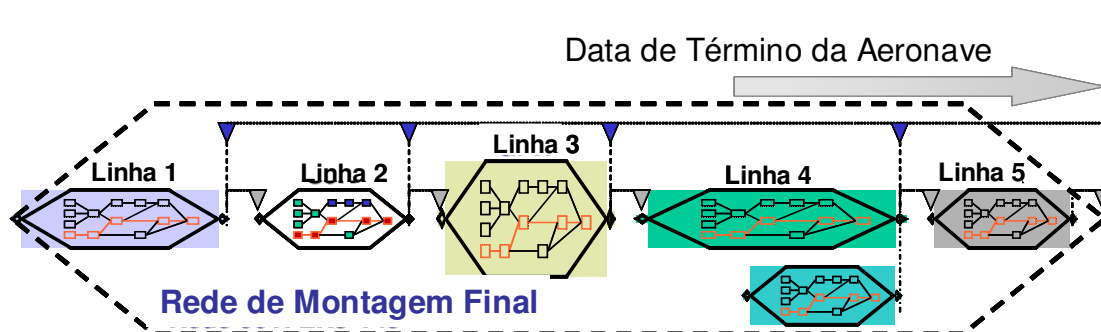


Figura 51: Rede de Acompanhamento ou Agrupamento

4.4.3.5. Processo de manutenção da rede modelo

A rede de precedências é de responsabilidade da Engenharia de Produção para garantir que toda e qualquer alteração na Estrutura de Produto seja refletida na Rede Modelo.

O primeiro passo é detalhar todas as atividades de montagem de um avião. Neste momento é preciso ter em mente que o foco é a atividade e não um PN (*Part Number*) específico, ou seja, pode existir mais de um PN em função da configuração desejada pelo cliente, mas a operação de instalação é uma única atividade, pois os diversos PNs possuem as mesmas relações de precedências e ciclos de execução. A Engenharia de Produção deve informar para cada atividade existente na rede:

- Atividade Predecessora;
- Atividade Sucessora;
- Duração da atividade em horas;
- Número de montadores necessários para sua execução;

- Tipo de mão-de-obra (mecânico, eletricista etc);
- Região no avião em que a atividade é executada.

A Rede Modelo deve conter todas as possíveis combinações de montagens oferecidas pela Engenharia de Produtos, tornando-se assim um grande banco de dados de atividades.

O próximo passo é atribuir os recursos a essas atividades, considerando que todos os insumos necessários para a execução da atividade estão disponíveis, tais como: homens, máquinas, ferramentas, materiais etc.

Recurso humano: A Engenharia de Produção, ao elaborar os Roteiros de operação, atribui cada operação de montagem a um centro de trabalho CT. O operador, ao realizar o apontamento de horas no sistema de gerenciamento de horas (SGP), deve fazê-lo associado à operação de montagem que irá executar. Assim, cada atividade na rede deve ter o recurso mão-de-obra para que se possa fazer a gestão das horas trabalhadas por centro de trabalho através da rede.

Recurso Área: É a região do avião onde a atividade é executada. Essa informação deve ser previamente analisada, estudando todas as regiões do avião e suas respectivas restrições de espaço físico, como mostra a Figura 52.

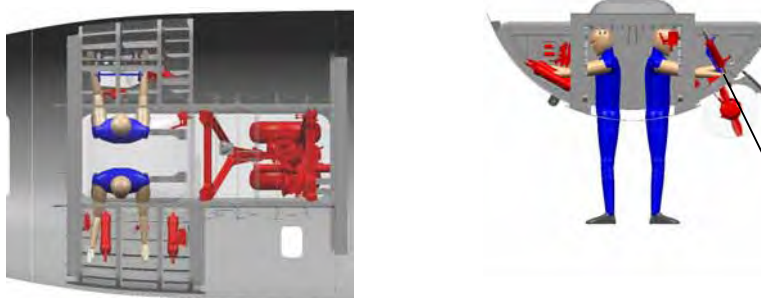


Figura 52: Análise de Ocupação de Área

A utilização desse recurso no momento da construção da rede é necessária por dois motivos básicos. Primeiro para se certificar de que não está sendo alocado um número maior de funcionários que o máximo aceitável em uma mesma região. O

segundo motivo é que nessas regiões podem-se executar atividades de forma paralela (sem relação de precedência), mas não simultaneamente. A quantidade de recursos área deve ser igual ao número de operadores alocados. Assim, pode-se determinar a quantidade de pessoas alocadas em uma determinada área no mesmo instante.

Recurso Avião Isolado: esse recurso é um artifício criado para utilização no Primavera[®] para identificar atividades que não podem ser executadas simultaneamente com outras, mas que efetivamente não possuem relação de precedência com as demais. Para sua execução se faz necessário que o avião esteja isolado, sendo permitido o acesso apenas pelos operadores ligados a essa atividade.

Recursos Diversos: outros recursos, como máquinas, equipamentos, ferramental, pontes rolantes etc., podem ser inseridos para visualização de utilização dos mesmos. Entretanto é bom ressaltar que quanto maior a quantidade de recursos considerados, maior é o tempo de processamento, envolvendo tempo de cálculo propriamente dito e o tempo de análise de resultados.

Nivelamento dos Recursos: após atribuir corretamente os recursos, deve-se, então, proceder ao nivelamento dos recursos, considerando-se apenas os limites de capacidade por área, as atividades com avião isolado e ferramentas ou ferramentais críticos na produção. Obtêm-se, então, uma rede de precedências absolutamente técnica, envolvendo os tempos, recursos e atributos das atividades. Entretanto, é preciso adicionar alguns fatores estratégicos para facilitar o processo de gestão.

Linha de Montagem ou Fase: uma aeronave não é montada em um único prédio, uma primeira consideração para a formação das linhas é a divisão da Rede Modelo por prédios e tecnologias específicas como pintura, processos estruturais, que se encaixem no critério já definido de Linha de Montagem.

É importante salientar que a definição de fases ou etapas está intimamente ligada ao cenário produtivo e aos recursos disponíveis que direcionam a melhor estratégia em

um determinado período, podendo certamente ser alterado em função de novos cenários e restrições.

Como resultado final, obtém-se uma Rede Modelo nivelada, Figura 53, com suas Fases ou Linhas definidas e interligadas, constituindo assim o ciclo total de montagem de uma aeronave hipotética, a qual servirá de base para todos os aviões a serem gerenciados em seu processo de Montagem Final.

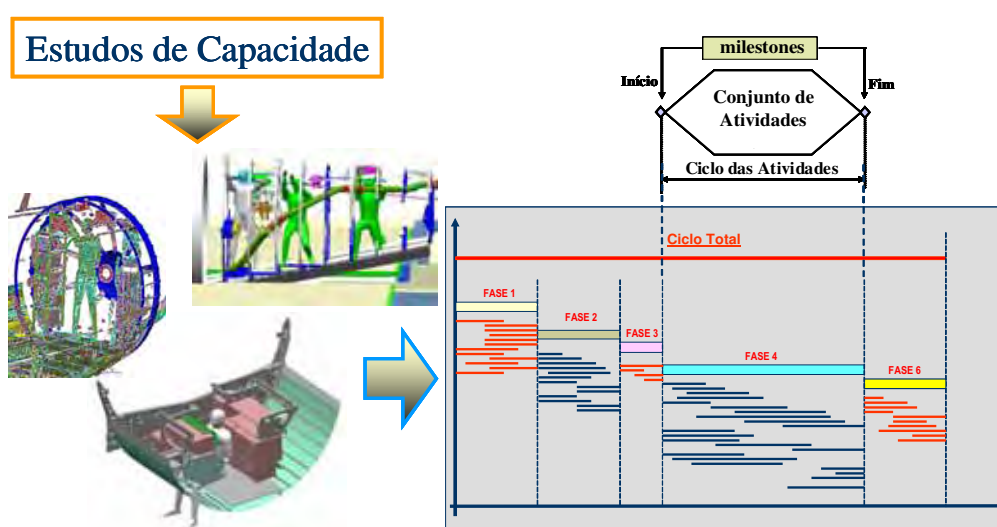


Figura 53: Rede Modelo Nivelada com definição de Fases ou Linhas de Montagem

4.4.4. Processo de Planejamento e Acompanhamento

Apenas para facilitar o entendimento, no modelo anterior utilizam-se as Estações de montagem para determinar em que momento da linha de produção as atividades nos aviões ou Subestações devem ser executadas. Está na responsabilidade do Planejamento defasar no tempo as estações de montagem de acordo com a cadência praticada no período de planejamento. Para cada cadência cadastra-se no MRP uma quantidade de folga entre uma estação e outra chamada de “Config”, a qual estabelece o momento em que as atividades daquela estação deverão ser executadas na linha de montagem, em semanas de produção.

No modelo proposto, cada atividade de cada avião deve obedecer a sequência estabelecida pela Rede de Precedências criada pela Engenharia de Produção. O momento exato da realização de cada atividade passa agora a ser vinculado ao seu ciclo e o de suas atividades predecessoras na rede, não necessitando mais das “Configs”.

Cada avião passa a ser agora um Subprojeto de um grande Projeto chamado “Rede de Acompanhamento, o qual contém todos os aviões em processo, de acordo com o Plano de Produção da empresa.

4.4.4.1. Estabelecendo as “Datas dos Principais Eventos”

Continua na responsabilidade do Planejamento, com base no plano de produção vigente, defasar no tempo, não mais as estações de montagem, mas agora o momento em que os aviões deverão entrar em produção, de acordo com a cadência praticada no período de planejamento.

O plano de produção informa a data de entrega de cada aeronave e o Primavera[®], como é um *software* de gestão de Projetos, efetua o gerenciamento a partir da data de início de cada projeto. Dessa forma, para que seja possível o gerenciamento das aeronaves na linha de produção, torna-se necessário obter-se a data em que cada avião deverá iniciar sua montagem na linha de produção. Como a Engenharia de Produção construiu a Rede Modelo dividindo a montagem em Fases, podemos assim estabelecer a data de início de cada Fase e assim sucessivamente, até a data de entrega ao cliente.

Para isso, analisa-se inicialmente o Tempo *Takt* e qual deverá ser o seu período de vigência, uma vez que as linhas deverão se organizar em termos de recursos para atenderem ao volume de produção requerido.

A Tabela 1 apresenta as variações do Tempo *Takt* para os períodos de Planejamento considerados, demonstrando a necessidade de se analisar a melhor situação de organização da linha para atendimento do plano de produção. Levando em consideração que o ciclo de Montagem Final de uma aeronave é de aproximadamente dois meses, o Tempo *Takt* deve ter um período de vigência superior a esse tempo, para

não causar transtornos desnecessários na linha, uma vez que a cada alteração de *Takt*, uma nova organização física se faz necessária em toda a linha de produção.

Tabela 1: Tempo *Takt* por período de Produção

	Plano de Produção Anual											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Cadência	7	5	9	8	9	8	7	6	6	8	5	4
Nº dias úteis	21	17	20	21	20	19	21	21	22	23	20	19
Takt Time Mensal	3.00	3.40	2.22	2.63	2.22	2.38	3.00	3.50	3.67	2.88	4.00	4.75
Takt Time Semestral	2.64						3.63					
Takt Time Anual	3.14											

Partindo-se de um avião com início de montagem na data atual, validadas todas as datas das Fases subsequentes de acordo com os ciclos estabelecidos pela Engenharia de Produção e, principalmente sua data de entrega no plano de produção, estabelece-se as datas para todos os aviões no plano de produção a partir de um “*Takteamento*” da linha em todas as suas fases. Dessa forma, a cada Tempo *Takt* inclui-se um avião em processo na Rede de acompanhamento e, da mesma forma, cada vez que um avião é entregue ao cliente, este é retirado da Rede, de maneira que a Rede de acompanhamento torna-se um Projeto contínuo no Primavera[®], onde cada avião em processo é um Subprojeto sendo gerenciado.

A Figura 54 mostra a Rede de Acompanhamento com os aviões distribuídos de acordo com o Tempo *Takt*, e é com base nessa distribuição e o ciclo de produção de cada avião que se estabelece o número de aviões em processo ou a quantidade de aviões por Fase de Montagem.

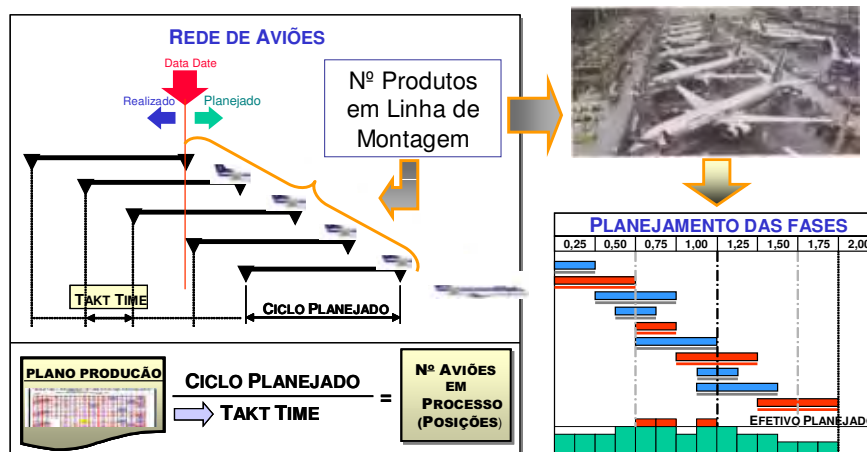


Figura 54: Planejamento dos Aviões em Processo

4.4.4.2. Acompanhamento dentro da Fase de Montagem

Conforme definido pela Engenharia de Produção, cada Fase de montagem tem um ciclo planejado que, na maioria dos casos, é bem maior que o Tempo *Takt* praticado. Dessa forma é fundamental que se defina a organização física de cada fase, como número de posições de avião na linha, equipes por posição definidas a partir das atividades pertinentes a cada posição, bem como a organização dos ferramentais necessários e a movimentação de materiais ao longo da linha.

A quantidade de posições, conforme descrito no Capítulo 2 - Revisão Bibliográfica, é resultado da divisão do ciclo planejado pelo Tempo *Takt* (Figura 54) e as equipes de montagem são formadas conforme a distribuição das atividades de montagem dentro das posições, observando o melhor aproveitamento da mão-de-obra e o balanceamento adequado dentro da posição.

Conforme demonstrado na Figura 55, cada posição possui suas equipes dedicadas, chamadas de Times de Montagem, os quais recebem diariamente um relatório das atividades a serem realizadas no dia, conforme a Rede de Precedências e a análise de capacidade feita pelo Primavera® após cada rodada. Igualmente a cada novo turno, os materiais a serem montados no avião são disponibilizados pela área de distribuição interna, no ponto de uso, em cada posição. A troca de posições é feita conforme o Tempo *Takt*, independentemente do completamento do avião, no entanto, as atividades não cumpridas na sua posição de origem, devem ser realizadas na posição subsequente pela mesma equipe que se desloca juntamente com o avião.

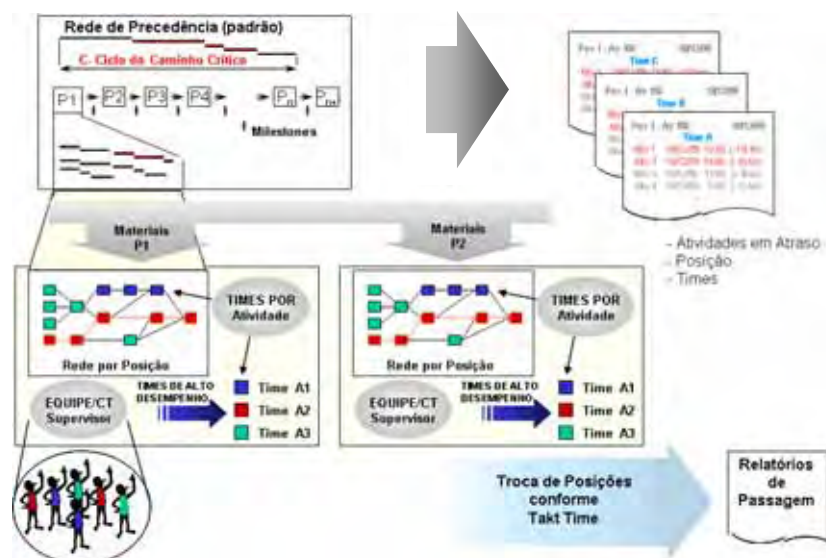


Figura 55: Acompanhamento dentro da Fase

A cada atividade trabalhada na linha, os times efetuam o apontamento, tanto das horas trabalhadas quanto informam a evolução (em percentual) dessa atividade. Diariamente esses dados são processados e calculados pelo Primavera® que informa, via relatório, o status da montagem com base na situação de cada atividade na linha.

A partir dessas informações são gerados visibilidades gerenciais que auxiliam nas tomadas de decisão de horas extras, remanejamento de mão-de-obra, alteração de datas e reprogramações.

4.4.5. Ciclo 3: Inclusão dos conceitos da Teoria das Restrições

Até aqui, destacou-se apenas a utilização de ferramentas de Gestão de Projetos para o gerenciamento da produção, como é o caso da Rede de precedências e seus conceitos. No entanto, como já observado na introdução dessa dissertação, de acordo com Calia (2004), se os projetos não conseguem atingir os objetivos de prazo, custos ou têm suas especificações sacrificadas devido aos atrasos, normalmente se lamenta as incertezas, busca-se trabalhar mais e melhor, e detalha-se mais o planejamento.

Neste ciclo de pesquisa buscou-se aprimorar a gestão de projetos, através da inclusão das margens (pulmões) de gerenciamento entre as fases, programadas de forma a administrar a segurança total do projeto, as quais minimizarão as

consequências das incertezas de causa comum. Esse conceito da Teoria das Restrições (*TOC - Theory of Constraints*), proposta por Goldratt (1992), oferece uma alternativa bastante interessante para esta situação de multitarefas e alta flexibilidade nas montagens constatadas durante as observações da pesquisa.

4.4.5.1. Gerenciamento utilizando margens por Fase de Montagem

Conforme abordado na Seção 2.4 o Controle de Produção de indústrias aeronáuticas tem de lidar com falhas do abastecimento ao longo da linha de produção, impossibilitando a execução de algumas atividades conforme planejado, além de desencadear atrasos em atividades sucessoras, ou seja, naquelas com dependência de tais atividades para serem executadas. O caminho crítico planejado previamente se altera no decorrer da montagem, uma vez que as atividades sofrem alterações em seus ciclos planejados, devido aos atrasos no abastecimento.

Constatou-se também que existe um grande número de alternativas de sequência de montagem, permitindo que a produção desenvolva caminhos diferentes ao planejado quando surge alguma dificuldade dentro do processo produtivo, como um retrabalho, um problema de engenharia ou uma falta de componente. Essa flexibilidade que por um instante favorece a continuidade do processo de montagem, torna-se nociva ao se considerar que a impossibilidade de continuar com uma tarefa devido aos problemas já citados faz com que o montador migre para outra atividade sem concluir a primeira, constituindo assim o problema da “Multitarefa Nociva” (Conforme descrito na Seção 2.3.2.1)

Atividades existentes na rede das Fases que, considerando todo o ciclo da Fase, possuem folga suficiente para não se constituírem em uma ameaça ao prazo de conclusão da Fase ou do Projeto, no entanto, acabam se tornando críticas devido à falta adequada de priorização, ao se considerar apenas as atividades do caminho crítico.

Nesse caso, a solução encontrada para o aprimoramento do modelo de gestão proposto até agora, foi a inclusão de margens (pulmões) de gerenciamento primeiramente entre as fases, programadas de forma a administrar a segurança total do projeto, as quais minimizarão as consequências das incertezas de causa comum, um conceito extraído da Teoria das Restrições, abordada na seção 2.3.3.4.

Dessa forma, todas as atividades de uma determinada Fase estão ligadas a um milestone de fim, que tem como atividade sucessora uma margem de tempo e uma atividade de movimentação do produto, conforme indicado na Figura 56.

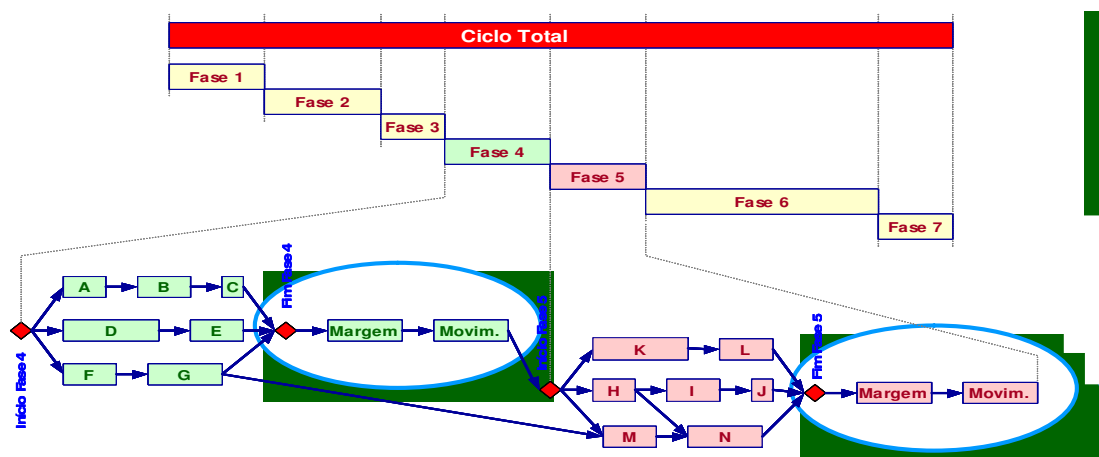


Figura 56: Margem (Pulmão) de Gerenciamento entre as Fases

4.4.5.2. Tempo seco e margens por posição de montagem

Observando cada uma das Fases com suas margens, pode-se dizer que o problema está parcialmente resolvido. A questão agora é a chamada Síndrome de Estudante ou Procrastinação que é um mecanismo de defesa natural, o qual consiste em se adiar o trabalho até o último momento possível (Seção 2.3.2). Como a margem está no final da Fase, a tendência é ir se atrasando o completamento das atividades, deixando a conclusão para o final e incorrendo no risco de atraso na passagem de Fase ou em uma transferência com um baixo completamento, resultando em atrasos na entrega.

De acordo com a Teoria da Restrições, considera-se que o problema está nos gargalos de produção, assim, tratando cada posição dentro da Fase como um potencial gargalo, uma vez que cada posição deve ser igual ao Tempo *Takt*, distribui-se a margem da Fase em suas respectivas posições, fazendo com que as prioridades sejam tratadas especificamente dentro de cada posição.

Para isso, estabelece-se o Tempo Seco de cada atividade, que é a duração da atividade sem a adição do tempo de segurança, abordado na seção 2.3.3.1, criando

assim uma margem no final de cada posição dentro da Fase, conforme demonstrado na Figura 57.

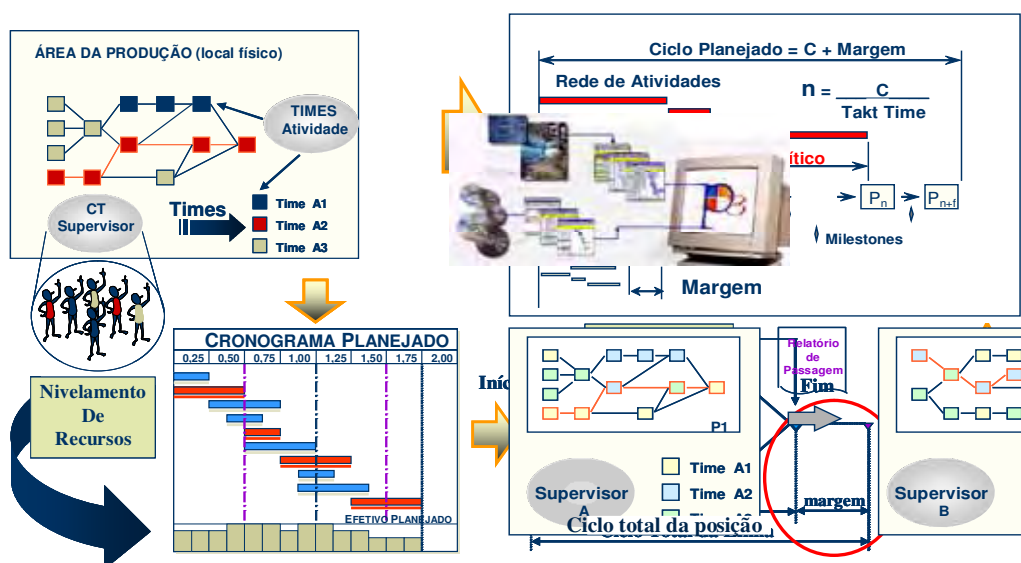


Figura 57: Margem (Pulmão) no final de cada posição de montagem

Como resultado, considera-se que uma determinada atividade, mesmo que atrasada no seu tempo planejado de execução, não apresente “folga negativa” no relatório diário de atividades, enquanto a margem da posição em que ela é executada não for consumida em toda a sua totalidade. Pode-se assim criar uma gestão visual do comportamento da margem, Figura 58, sem se preocupar com os atrasos intermediários das atividades durante o tempo de ciclo da posição.

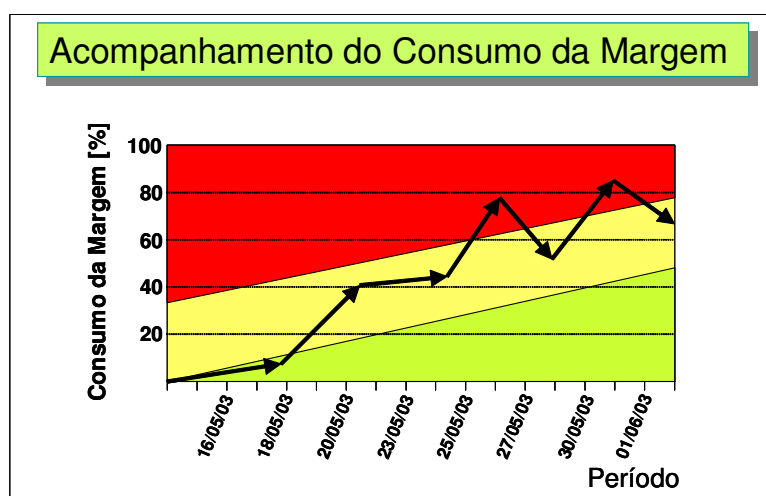


Figura 58: Gestão Visual das Margens por Posição

Da mesma forma pode-se propor estratégias para recuperação das margens quando estas estiverem críticas ou consumidas totalmente.

4.4.6. Ciclo 4: Modelamento do processo de pagamento de material

Atualmente o Pagamento de materiais é feito pelos Controladores de Produção que se utilizam de uma tabela contendo as datas de início e término de cada fase da aeronave. Procedendo desta forma, a carga de trabalho é excessiva e o volume de material que é enviado no início de cada fase também é muito grande.

Com o processo de pagamento de material com base na Rede de Precedências, os Programadores, Controladores e Logística Interna, responsável pela distribuição, têm uma melhor orientação do momento e da quantidade a ser disponibilizada nas posições ao longo da linha de produção.

Utilizando o Programa de Sugestão de Solicitação Pagamento Material, quem passa a fazer a sugestão para a o pagamento dos materiais será o programador, enviando sistemicamente uma lista de todos os itens a serem pagos no dia, providenciando imediatamente a formação dos Kits. Os controladores de produção, localizados na linha de produção, com a informação visual e em tempo real da evolução das montagens, solicitam, com base no mesmo sistema o envio dos *Kits* para o ponto de uso.

Para fazer a sugestão de datas do pagamento de material o sistema utiliza as informações da Rede de Precedências, desta forma contemplando o que realmente está acontecendo na linha de produção. Para saber a data de sugestão de pagamento de um item o sistema considera o Período de Pagamento – PP, que é o tempo de formação do *KIT* desde a sua solicitação até estar disponível para envio à produção, ou seja, caso seja solicitado um *KIT* que seu período de pagamento seja de dois dias, este estará disponível para a Produção no prazo de dois dias úteis. O período de pagamento é fornecido ao sistema pela própria área de distribuição, a qual tem controle sobre o tempo de formação de cada *KIT* de montagem.

A Figura 59 mostra uma visão esquemática do processo proposto para pagamento de material na linha de produção.

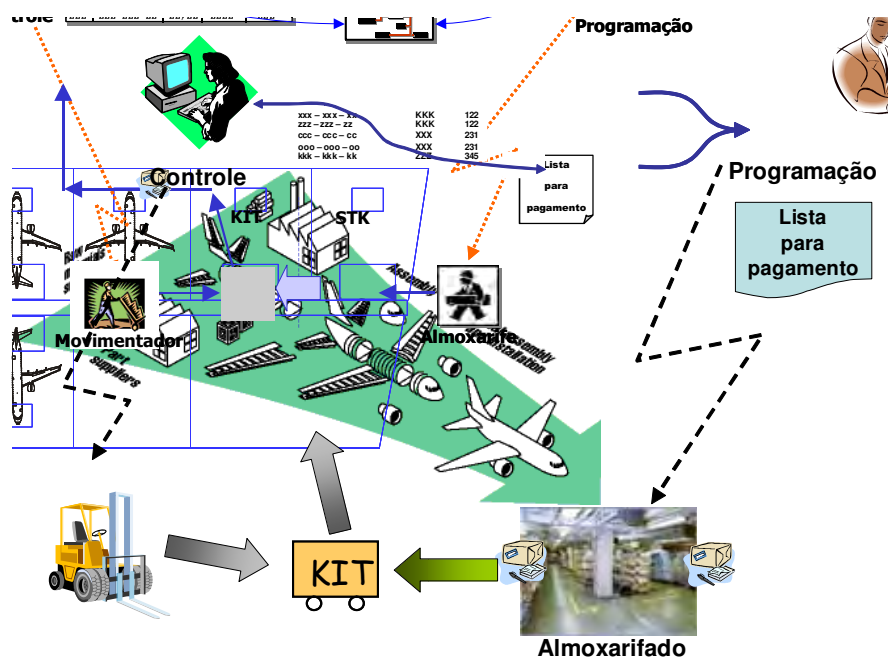


Figura 59: Fluxograma do Processo de Pagamento de Material na Montagem

5. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DA PESQUISA

Este capítulo faz referência à construção do modelo proposto no capítulo 4, sua aplicação na linha de produção da empresa estudada e os ganhos alcançados a partir da sua implementação. Para isso, contou-se com a estrutura da empresa aeronáutica na qual o modelo foi desenvolvido e seus resultados foram avaliados através dos depoimentos colhidos dos próprios usuários do novo modelo de gestão.

Considerou-se como resultado desse trabalho a própria construção do sistema que sustenta a operação na produção, chamado de “Sistema de Gestão por Rede”. Isso porque, além dos processos definidos e documentados pela equipe do projeto, todas as interfaces do sistema foram construídas pela mesma equipe, dentro da própria empresa e implementadas no setor produtivo, seguindo os passos da pesquisa-ação citados na Seção 1.8, incluindo os treinamentos para os times da produção e equipes de apoio.

Sendo um dos objetivos da pesquisa ter um sistema operado por aplicativos disponíveis no mercado, o *Software Primavera P3*[®] foi utilizado apenas como base de dados e cálculo das operações diárias, todas as interfaces e procedimentos foram desenvolvidos e implementados durante o período da pesquisa.

5.1. CONSTRUÇÃO DAS INTERFACES DO SISTEMA

Os sistemas a serem interfaceados foram definidos pela equipe do projeto após amplos estudos e discussões, com base nos processos descritos no Capítulo 4, os quais são necessários para o gerenciamento da linha de produção da empresa estudada, da forma como está proposto nos objetivos da pesquisa.

Tais interfaces do Sistema de Gestão por Rede foram construídas pela equipe do projeto, com auxílio do Departamento de Informática da empresa, em uma linguagem de programação Oracle[®] de maneira a oferecer ao processo de gestão e a base de dados em Primavera[®] toda a integração necessária para o completo atendimento às necessidades exigidas no escopo do modelo proposto na Seção 4.4, conforme Figura 60.

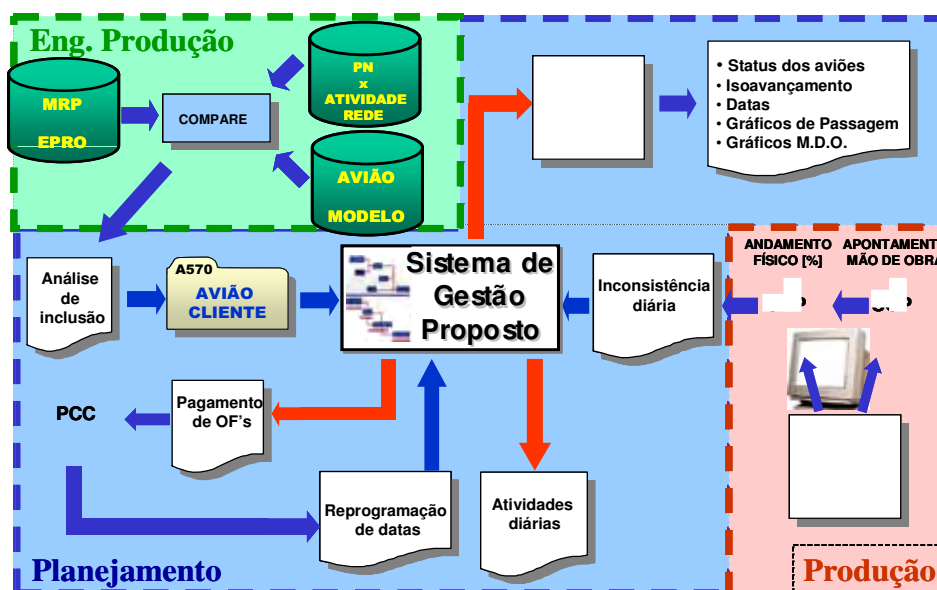


Figura 60: Visão Esquemática do Sistema de Gestão por Rede

Após seu desenvolvimento e testes, todas as interfaces foram devidamente instaladas em um servidor Oracle® dedicado, sob responsabilidade do Departamento de Informática da empresa. Os arquivos de dados em Primavera (Avião Modelo; Rede de Acompanhamento e o Modelo de Simulação) também foram instalados no mesmo servidor. A Figura 61 apresenta as interfaces criadas a partir do escopo do projeto, para operacionalização das atividades de planejamento e controle da produção conforme a rede de precedências.

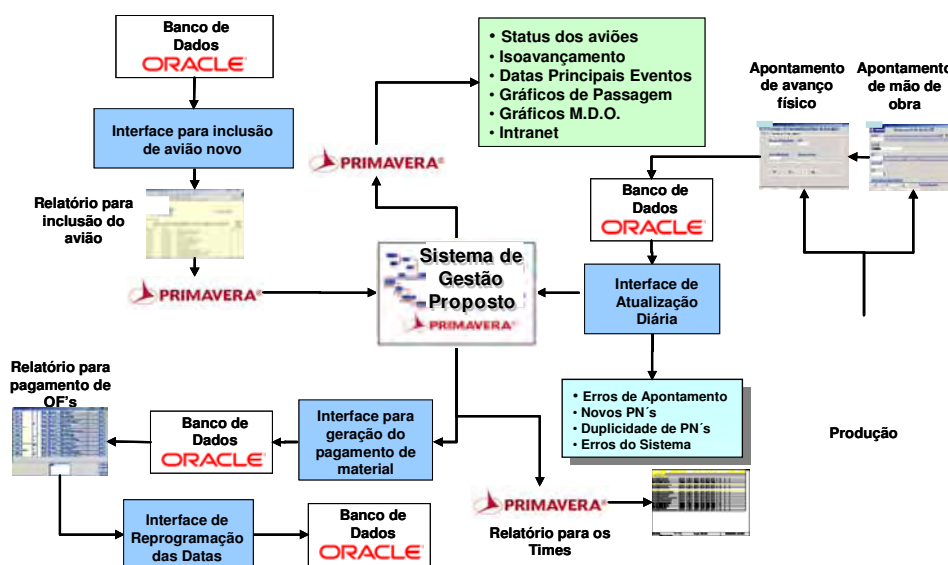


Figura 61: Interfaces criada para operacionalização do Sistema de Gestão por Rede

A equipe do projeto formou e treinou pessoas em cada fase de montagem para realizar as rotinas diárias de atualização utilizando tais interfaces, bem como o correto processamento das informações oriundas da produção, geração de visibilidades, relatórios, suporte e treinamento para as pessoas envolvidas com o novo sistema criado. Também a rotina diária executada pelos Operadores do Servidor obedecem um procedimento elaborado pela Informática da empresa, permitindo que a “rodada” ocorra no final do último turno de cada dia, disponibilizando as informações atualizadas no início do turno do dia seguinte.

5.1.1. Interface com a Estrutura de Produto

Conforme descrito na seção 4.4.2.1, a Estrutura de Produto abriga cerca de 15 mil subestações de Montagem Final ou PN – *Part Number*, considerando todas as possíveis configurações para uma aeronave. No entanto, cada avião possui em média 600 atividades de montagem nesta mesma fase consideradas em sua rede de precedências.

Para que a rede de precedências do avião de um determinado cliente contemple exatamente as atividades pertinentes a esse modelo com seus respectivos *Part Number* corretos, desenvolveu-se o procedimento chamado de “Compare”, conforme mostra a Figura 62.

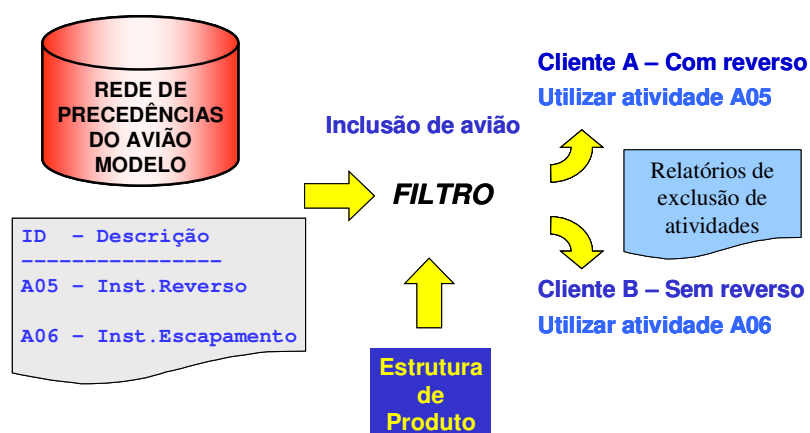


Figura 62: Processo de “Compare” entre a Estrutura de Produto e a Rede Modelo

Esse Compare constitui-se de um filtro que analisa os PN (*Part Number*) existentes na Estrutura de Produto para aquele determinado cliente e procura a atividade correspondente na rede de precedências do avião modelo com o auxílio de um banco de “PN *versus* Atividade”, onde estão registrados todos os *Part number* possíveis para uma mesma atividade. Como resultado desse Compare tem-se um relatório informando as atividades da rede modelo que não fazem parte do modelo solicitado pelo cliente e que devem, portanto serem excluídas da rede do avião.

Para manutenção desse banco de dados chamado “PN Atividade Rede” foi criada a interface de Controle de PN Atividade Rede, onde se pode fazer o cadastro de atividades ou PNs novos, consulta, manutenção, parametrização e emissão de relatórios. A Figura 63 mostra a tela principal da interface criada pela equipe do projeto.

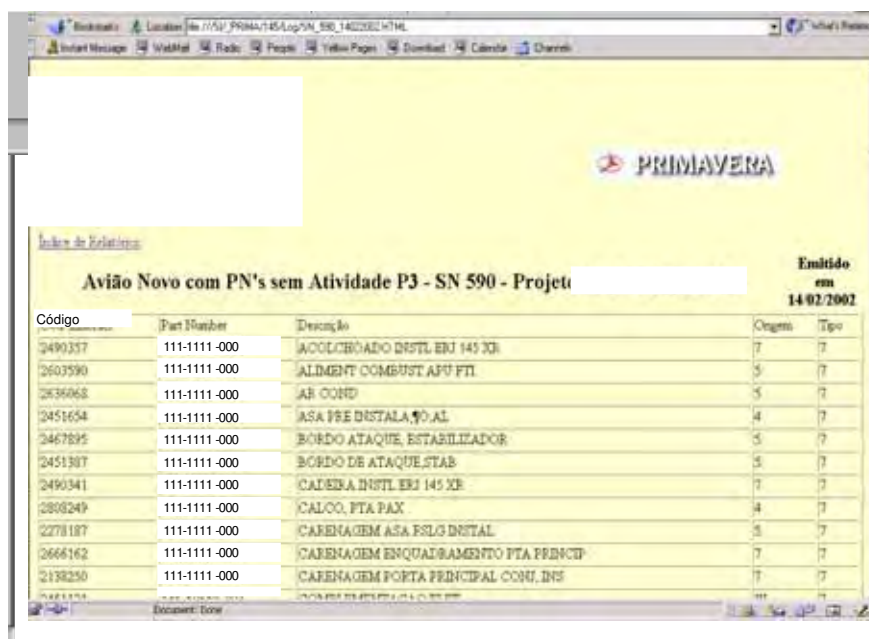
A interface de Controle de PN Atividade Rede apresenta uma barra superior com a data e hora (19/10/2000 16:00) e o nome do usuário (Usuário: Produção). O formulário principal é dividido em seções para entrada de dados:

- Codigo do item**: Campo de texto para o código do item.
- PN Subestação**: Campo de texto para a subestação.
- CT**: Campo de texto para o código de transação.
- Observação**: Campo de texto para a observação.
- Atividade Rede**: Campo de texto para a atividade da rede.
- Situação PN**: Campo de texto para a situação do PN.
- Cadastrado Em**: Campo de texto para a data de cadastro.

Na base do formulário, há três botões de ação: **Incluir**, **Excluir** e **Atualizar**.

Figura 63: Tela de Controle de PN Atividade Rede

Ao se rodar o “Compare”, essa interface gera um relatório contendo então as atividades a serem excluídas da rede de precedências do avião modelo, para que a rede do avião para o cliente contenha apenas a configuração desejada por esse cliente. A Figura 64 mostra o relatório de exclusão de atividades:



PRIMAVERA

Índice de Relatório:

Avião Novo com PN's sem Atividade P3 - SN 590 - Projeto

Emitido em 14/02/2002

Código	Part Number	Descrição	Origem	Tipo
2490357	111-1111-000	ACORDADO INST. EN 145 XB	7	7
2603590	111-1111-000	ALIMENT COMBUST. AFU FTI	5	7
2836662	111-1111-000	AR COND	5	7
2451654	111-1111-000	ASA PEE INSTAL. PUAL	4	7
2467895	111-1111-000	BORDO ATAQUE, ESTABILIZADOR	5	7
2451387	111-1111-000	BORDO DE ATAQUE, STAB	5	7
2490341	111-1111-000	CADEIA INST. EN 145 XB	7	7
2808249	111-1111-000	CALOO, PTA PAX	4	7
2278187	111-1111-000	CAENAGEM ASA FSLG INSTAL	5	7
2666162	111-1111-000	CAENAGEM ENQUADRAMENTO PTA PRINCIP	7	7
2138250	111-1111-000	CAENAGEM PORTA PRINCIPAL CONJ. INS	7	7

Figura 64: Relatório de exclusão de atividades

A rodada do Compare e a inclusão de avião novo na rede de acompanhamento segue um procedimento descrito para esse fim e é executado pela área de Planejamento através dos Programadores de Produção, treinados pela equipe do projeto.

5.1.2. Interface de Apontamento de Percentual

Conforme descrito na seção 4.4.2.2, esta interface foi criada para receber as informações oriundas do processo produtivo, fornecidas pelos operadores na linha de produção. Não somente receber, mas também fornecer informações relevantes da situação da montagem, tais como horas apontadas, data de início e término real e planejado, percentual de completamento das atividades pertinentes a cada time de produção responsável pelas montagens.

Essas informações recebidas migram a Rede de Acompanhamento e, após o processamento diário, retornam em planos de ações e relatórios para as situações críticas, as quais devem ser tomadas para manter o cronograma dentro das metas estabelecidas.

Essa interface está disponível tanto para a área de Produção como para a área de Planejamento para a verificação da evolução diária das atividades na linha de produção.

A Figura 65 mostra a tela de Controle Percentual de Atividade Rede, onde o operador, ao executar uma atividade da rede de precedências, deve cadastrar as informações solicitadas na tela como datas de início e término, percentual, e caso encontre alguma dificuldade, pode também registrar a ocorrência no campo “Justificativa”.

0 16:00 | Usuário: Produção

Data Início **Data Término** (dia/mês/ano hora:minuto)
datas não obrigatórias

Percent. Realizado 10 % **Percent. Atual** 0 % **Percent. Anterior** 0 %

Justificativa
Motivo PROCESSO **Obs**

Prev. Início: 26/11/2002 06:00 Prev. Término: 26/11/2002 22:59 Duração Orig: 15 horas
MDO: 2.00

Digite a Observação da Justificativa

OK Cancela (F3) Help ☐ Sem confirmação

Figura 65: Tela de Controle de Percentual de Atividade Rede e Relatório de Times

A tela também informa para o operador as datas planejadas de início e término, bem como sua duração e número de pessoas planejadas para essa atividade.

Na mesma interface é possível também ao operador gerar os relatórios diários das atividades a serem executadas pelos Times de Produção, com base nas informações processadas na última rodada do sistema e disponibilizadas no início do turno. A Figura 66 mostra a visualização para impressão de um relatório de atividades dos Times.

Relatório de Times											
Agrupamento:		GMF030		ACOMPANHAMENTO GMF 030							
Time:		TIME 4 - FTF									
Nº OF	CT	Atividade	PN	Dur.	Nº	#	Início	Termino	Termino	Folga	
Descrição	Atividade			Orig.	Obra	Compl.	Planejado	Planejado	Limite	Total	
Nº Série: 648 - 0145SL - INDIGO											
30260395	0838	CM006480CX	135-01001-804	14	3.00	0*	18/02/2003 09:00	18/02/2003 06:59	18/02/2003 18:59	-5	
INSTALAÇÃO/EQUIPAGEM MOTOR DIR				Obs:							
30255660	0838	CM006480CV	145-75000-810	3	3.00	0*	18/02/2003 19:00	18/02/2003 22:59	18/02/2003 18:59	-3	
INSTALAÇÃO DA ENTRADA AR - DIR				Obs:							
30260394	0838	CM006480CW	135-01001-803	14	3.00	0*	18/02/2003 06:00	18/02/2003 21:59	18/02/2003 18:59	-2	
INSTALAÇÃO/EQUIPAGEM MOTOR ESQ				Obs:							
30261613	0838	CM006480CK	145-77750-827	3	3.00	0*	18/02/2003 13:00	18/02/2003 15:59	18/02/2003 15:59	0	
INSTALAÇÃO DO REVERSOR - ESQ				Obs:							
30255561	0838	CM006480CV	145-75000-809	3	3.00	0*	18/02/2003 13:00	18/02/2003 15:59	18/02/2003 15:59	0	
INSTALAÇÃO DA ENTRADA AR - ESQ				Obs:							
30259728	0838	CM006480DN	145-20024-805	1	1.00	0*	18/02/2003 16:00	18/02/2003 16:59	18/02/2003 16:59	0	
INSTL SENSORES COMPTO ELETRÔNICO TRAS				Obs:							
30261616	0838	CM006480CL	145-77769-827	3	1.00	0*	18/02/2003 16:00	18/02/2003 18:59	18/02/2003 18:59	0	
INSTALAÇÃO DO REVERSOR DIR				Obs:							
30260074	0838	CM006480CJ	145-21318-803	6	1.00	0*	18/02/2003 12:00	18/02/2003 17:59	18/02/2003 18:59	1	
HYD SYS INSTL ENGINE - WITH REVERSE				Obs:							
Nº Série: 702 - 0145JL - DELTA CONNECTION AIRLINES											
30266992	0838	BT007020CX	135-01001-806	14	3.00	0*	18/02/2003 06:00	18/02/2003 21:59	12/02/2003 21:59	-64	
INSTALAÇÃO/EQUIPAGEM MOTOR DIR				Obs:							
30266987	0838	BT007020CW	135-01001-805	14	3.00	80*	13/02/2003 20:00	18/02/2003 08:59	12/02/2003 21:59	-53	
INSTALAÇÃO/EQUIPAGEM MOTOR ESQ				Obs:							
30240174	0838	BT007020CJ	145-21318-803	6	1.00	90*	14/02/2003 15:00	18/02/2003 14:59	13/02/2003 09:59	-52	
HYD SYS INSTL ENGINE - WITH REVERSE				Obs:							
30244612	0838	BT007020CV	145-75000-810	3	3.00	70*	18/02/2003 01:00	18/02/2003 06:59	13/02/2003 08:59	-46	
INSTALAÇÃO DA ENTRADA AR - DIR				Obs:							
30244668	0838	BT007020DN	145-20024-805	1	1.00	0*	18/02/2003 09:00	18/02/2003 09:59	14/02/2003 15:59	-27	
INSTL SENSORES COMPTO ELETRÔNICO TRAS				Obs:							
Impresso em: 18/02/2003 07:04:56											
GRF - Gerenciamento Rede de Precedência											
Página:											

Impresso em 18/02/2003 07:04:56

GRP - Gerenciamento Rede de Precedência

Página: 1

Figura 66: Relatório de Times

Esse relatório diário relaciona as atividades de cada time por ordem de prioridade, considerando como mais prioritária a atividade com maior folga negativa, ou seja, a atividade com maior atraso relativo à data de entrega do avião, independentemente da posição do avião na linha de produção. Essa priorização é muito importante, pois faz com que cada time realmente atue na atividade com maior atraso em relação a data planejada.

5.1.3. Interface de Atualização diária do Sistema de Gestão por Rede

Conforme descrito na seção 4.4.2.3, a quantidade de processamentos diários que ocorrem com os outros sistemas já existentes na empresa inviabilizam a operação de atualização do Sistema de Gestão no decorrer do dia, assim, foi criada a interface para processamento das informações armazenadas ao longo do dia, a qual é executada pelos Operadores do Servidor, seguindo-se um procedimento elaborado pela Informática da empresa. O processamento inicia-se depois de encerrada a última rotina dos sistemas da empresa e termina antes do início do primeiro turno de produção, fazendo com que

as visibilidades, relatórios e informações necessárias à tomada de ações pelas áreas estejam disponíveis no início do turno do dia seguinte.

Como resultado desse processamento tem-se a Rede de Acompanhamento atualizada em todas as suas atividades (aproximadamente 22 mil), a reprogramação automática das atividades não executadas no dia anterior para o dia atual (*Data Date* Figura 54) e o relatório de inconsistências diárias a ser tratado pelos Programadores da Produção. Esse relatório traz informações como:

- Erros de apontamentos feitos pela produção
- PN (*Part Number*) novos na Estrutura de Produto que não possuem referência na Rede Modelo e devem ser incluídos
- Duplicidade de PN na Rede de Acompanhamento causados por erro de cadastro no banco PN Atividade Rede e devem ser corrigidos.
- Erros de processamento do Sistema a serem analisados pela TI

A Figura 67 mostra a tela principal criada para o processamento diário do Sistema de Gestão por Rede com as opções de atualização, utilizada pelos responsáveis pela base de dados.

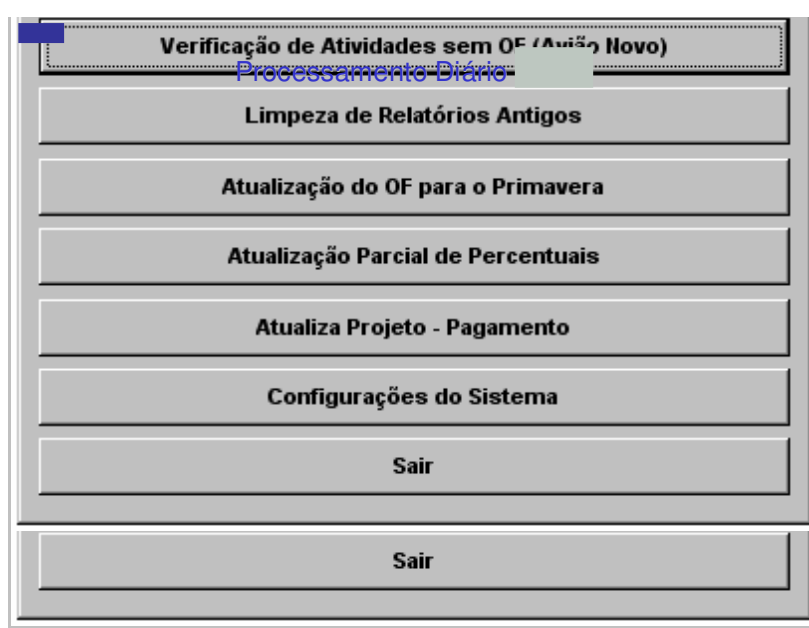


Figura 67: Interface de Processamento diário do Sistema de Gestão por Rede

5.1.4. Interface de Sugestão de Pagamento de Material para a Produção

De acordo com o processo de Pagamento de Material descrito na Seção 4.4.2.4, a criação desta interface tem por objetivo dar uma melhor orientação aos Programadores, Controladores e a própria área de distribuição do melhor momento e da quantidade a ser disponibilizada nas posições ao longo da linha de produção.

A Interface de “Sugestão de Pagamento de Material” gera sugestões de datas de solicitação de pagamento de material das Ordens de Fabricação - OF na linha de montagem com base nas datas das atividades das redes de precedências e na informação de Período de Pagamento – PP. O controle, então feito manualmente através da “experiência” do Programador ou Controlador de produção em determinar o momento da disponibilização do material, agora automatizado, facilita a gestão transferindo “experiência” do profissional para o sistema.

O processo desenvolve-se em três áreas distintas, envolvidas com a solicitação e distribuição dos *Kits* de Materiais a serem utilizados diariamente na linha de produção:

Na visão do Programador, Figura 68, o sistema, com base na Rede de Precedências, sugere diariamente ao Programador que faça a solicitação da formação dos *Kits* para área responsável pela distribuição. Ainda nenhum *Kit* foi montado, o sistema e o Programador efetivam a solicitação e enviam a mensagem para a área responsável, tendo como referência as datas de montagem e o período necessário para a formação do *Kit*, cuja atividade, na tela do Programador, recebe uma classificação por criticidade na forma de esferas coloridas à esquerda da atividade, nas cores verde para não críticas e vermelhas para as críticas, as quais devem ser atendidas imediatamente.

19/10/2000 16:00

Usuário: Produção

	Nº OF	Planta	PP	Dt. Inc. Atvd	Proj.	Modi	Nº Série	PN	Descrição Material	Sit.	OF	PP
	30730742		2	17/12/2003 06:00		ST	23 4348293	12897-801	PISO BAGAGEIRO SUPT CONJ	E		L
	30789221		2	17/12/2003 06:00		LR	2 1562391	13027-701	VERIFICACAO OBJT ESTRANHOS	A		L
	30593838		2	18/12/2003 06:00		LR	20 1562391	13027-701	VERIFICACAO OBJT ESTRANHOS	A		L
	30593748		2	17/12/2003 06:00		LR	20 1277104	95729-801	FURACAO PERFIS BAGG	A		L
	30595507		2	17/12/2003 06:00		LR	20 1308951	11804-801	CONTROL PROTECAO FUSL	A		L
	30751188		2	17/12/2003 06:00		LR	20 5122208	32788-801	SUPORTE	A		L
	30778259		2	17/12/2003 06:00		LR	20 4886142	28918-801	IMPLM TB ELEK STRL	F		L
	30593834		2	17/12/2003 06:00		LR	20 3464949	31838-801	INSTALACAO SUPORTE	E		L
	30593836		2	17/12/2003 06:00		LR	20 2147087	57016-801	SUPORTE CABL INSTL	A		L
	30314073		2	17/12/2003 06:00		ST	9 4625518	27876-307	IR	A		L
	30674626		2	17/12/2003 06:00		ST	1 3191940	35555-801	ESTRUTURA, BASICAS	A		L
	30554535		2	17/12/2003 06:00		LR	22 5091095	27879-307	IR	A		L
	30787458		2	17/12/2003 06:00		LR	22 4728451	27877-329	IR	F		L

Atividades

Agrupamento	Atividade	Dt Inicio Prevista	% Realizado	Descrição Atividade
GFA080	HE000232TO	17/12/2003 06:00	100	INSTL SUPORTE PARA COFRE / SUPORTE BASICO
GFA080	HE000232LO	17/12/2003 06:00	0	INSTL SUPORTE PARA COFRE / SUPORTE BASICO

OF	Planta	PN	PP	Prej	NS	Sit.	OF

✓ Aceitar

✗ Desconsiderar

🖨️ Gravar

📄 Copiar

🖨️ Imprimir

🗑️ Dest

Figura 68: Tela de Sugestão de Pagamento de Material (Visão do Programador)

Na visão da Logística Interna, área responsável pela formação dos *Kits*, o sistema dá a orientação para que seja feita a formação desses *Kits* necessários à produção, de acordo com a confirmação das sugestões de solicitação processadas pelo Programador.

Essa visão sistêmica leva até a área de logística interna a prioridade da linha no abastecimento das atividades que serão realizadas pelos times de montagem, de acordo com as datas planejadas para cada aeronave, visão esta que a logística não possuía anteriormente.

Dessa forma, diariamente os Kits são formados e disponibilizados para utilização de acordo com a evolução da linha, alinhado com a necessidade dos times de montagem. Isso evita a formação desnecessária de grandes quantidades de *Kits*, uma vez que espaço físico é um problema grande na área de logística industrial.

A Figura 69 mostra a visão criada para a área de Logística Interna com a relação dos Kits a serem formados, mantendo a mesma prioridade estabelecida pelo Programador da Produção.

19/10/2000 16:00									
Usuário: Produção									
30625970	2	19/12/2003 15:03	19/12/2003	22/12/2003 06:00	3	LR	22 F	2568770	08562-803 CRITAS CAREN
30625991	2	19/12/2003 15:02	19/12/2003	22/12/2003 06:00	3	LR	22 F	1328422	60054-801 DRILLING, FLOK
30625995	2	19/12/2003 15:02	19/12/2003	22/12/2003 06:00	3	LR	22 F	1175815	85293-801 FURACAO PSC
30626004	2	19/12/2003 15:03	19/12/2003	22/12/2003 06:00	3	LR	22 F	3453075	86847-803 FURACAO PSC
30641777	2	19/12/2003 15:03	19/12/2003	22/12/2003 13:00	3	LR	22 F	2235383	87047-801 FURACAO PER
30641908	2	19/12/2003 15:02	19/12/2003	23/12/2003 06:00	3	LR	22 F	1277104	85229-801 FURACAO PER
30650444	2	19/12/2003 15:03	19/12/2003	23/12/2003 06:00	3	LR	22 F	1370297	85325-801 SOLEIRA INSTL
30650450	2	19/12/2003 15:03	19/12/2003	22/12/2003 13:00	3	LR	22 F	1995895	86679-801 SOLEIRA INSTL
30650453	2	19/12/2003 15:03	19/12/2003	22/12/2003 13:00	3	LR	22 F	1995906	86680-801 SOLEIRA INSTL
30650456	2	19/12/2003 15:03	19/12/2003	23/12/2003 18:00	3	LR	22 F	1995912	86681-801 SOLEIRA INSTL
30658873	2	19/12/2003 15:02	19/12/2003	22/12/2003 13:00	3	LR	22 F	3976495	85294-803 BULKHEAD CAF
30683926	2	19/12/2003 15:03	19/12/2003	23/12/2003 18:00	3	LR	22 F	1402729	85344-801 SUPORTE SIST
30707418	2	19/12/2003 15:03	19/12/2003	22/12/2003 19:00	3	LR	22 F	4309356	11012-803 INSTALACAO PI
30834108	2	19/12/2003 15:03	19/12/2003	23/12/2003 18:00	3	LR	22 F	4394925	92805-801 RAT2 RAR2 RE

Figura 69: Tela de Sugestão de Pagamento de Material (Visão da Logística Interna)

A visão do Controle de Produção foi criada para que haja a sincronização do pagamento de material com a necessidade da linha. Igualmente de forma sistêmica, o Controle da Produção pode observar os *Kits* já formados e disponibilizados pela área de formação de Kits, prontos para serem levados até os pontos de uso.

Com base na Rede de Precedências, associado à visão da evolução da montagem do avião na linha, o Controle de Produção solicita através da tela de Sugestão de pagamento de material, Figura 70, que efetivamente a área distribuição envie o *Kit* preparado para o ponto de uso.

Dessa forma, o volume de material disponibilizado na linha segue sistematicamente a evolução do avião na linha, de acordo com as informações processadas diariamente na Rede de Acompanhamento.

Esse sincronismo só é possível porque o novo sistema integra três áreas e responsabilidades distintas em um único objetivo que é a disponibilização do material no momento de sua real necessidade no ponto de uso.

A Figura 70 mostra a tela criada para solicitação do Kit montado na visão do Controle de Produção.

N° OF	PP	Dt. Programada	Dt. Nec. Atvd	Proj	Mod	N° Série	Sit. OF	Planta	PN	Descrição Material	PPCP Ctr. F.
30577162	2	15/12/2003 06:00	22/12/2003 06:00	0170	LR	20 A			4216505	92782-801 INSTALACAO SUPORTES L	7
30593838	2	18/12/2003 06:00	22/12/2003 06:00	0170	LR	20 A			2147087	67016-801 SUPORTE CABL INSTL	7

Qtde Requisitada	Qtde Solicitada	Qtde Paga	Part Number	Descrição
1	1	0	92668-401	CONJUNTO SUPORTE
1	1	1	92673-001	SUPORTE SANGRIA, C.T.L. IAL
1	1	1	92683-401	SUPORTE CONJ
1	1	1	92678-401	SUPORTE CONJ
1	1	1	92674-001	CALCO
1	1	1	92624-403	SUPORTE CONJ
1	1	1	92625-404	SUPORTE CONJ
1	1	1	92627-403	SUPORTE CONJ
1	1	1	92629-403	SUPORTE CONJ
1	1	1	92614-404	SUPORTE CONJ
1	1	1	92636-404	SUPORTE CONJ
1	1	1	92636-403	SUPORTE CONJ
1	1	1	92628-403	SUPORTE CONJ

OF: Planta: PN: PP: Sit. OF: Dt. Sug. Paga: 22/12/2003 Dt. Prog: 22/12/2003

Cancelar Gravar Copiar Imprimir Ajuda

Figura 70: Tela de Sugestão de Pagamento de Material (Visão do Controlador)

5.2. VISIBILIDADES GERENCIAIS DO SISTEMA

Segundo Slack *et al.* (2002), o Planejamento e Controle da Produção (PCP) é a atividade desenvolvida no sentido de se decidir em relação ao melhor emprego dos recursos de produção, assegurando, assim, a execução do que foi previsto.

De acordo com Dinsmore (1992), o planejamento é a chave do sucesso na administração de empreendimentos. É no planejamento que se determinam as metas, programam-se os suprimentos, visualizam-se antecipadamente os gargalos (ou dificuldades) e sugerem-se as possíveis soluções.

Assim, as visibilidades são de fundamental importância no desenvolvimento de uma ferramenta gerencial, gerando informações que possibilitem a tomada de decisão

no âmbito do planejamento operacional e permita a programação dos recursos envolvidos no processo produtivo.

5.2.1. Datas dos Principais Eventos

Conforme descrito na seção 4.4.4.1, as Datas dos Principais Eventos apresentadas na Tabela 2, de responsabilidade do Planejamento da Produção, são determinantes para a organização e gerenciamento dos aviões no Primavera®. Com elas se faz a inclusão e o “*Takteamento*” dos aviões na linha de montagem em todas as suas fases, através da Rede de Acompanhamento, de acordo com a cadência praticada no período de planejamento.

O principais eventos são os principais marcos a serem acompanhados durante o processo de montagem, os quais correspondem a cada fase por onde cada avião deve passar, e as datas estabelecidas para cada uma dessas fases são determinantes para o cumprimento do prazo final de produção e entrega de cada avião no plano de produção vigente.

Tabela 2: Datas dos Principais Eventos

PRINCIPAIS EVENTOS	DATAS PLANEJADAS					
	632	633	634	635	636	638
INICIO DA PINTURA	25/07/02 11:00	29/07/02 06:00	30/07/02 20:00	01/08/02 15:00	05/08/02 11:00	08/08/02 20:00
FIM DA PINTURA	29/07/02 20:00	31/07/02 15:00	02/08/02 11:00	05/08/02 23:00	07/08/02 20:00	13/08/02 11:00
INICIO EQUIPAGEM ASA/ESTABILIZADOR	25/07/02 11:00	29/07/02 06:00	30/07/02 20:00	01/08/02 15:00	05/08/02 11:00	08/08/02 20:00
INICIO DO F-30 (RECEBIMENTO/JUNÇÃO ASA)	29/07/02 20:00	31/07/02 15:00	02/08/02 11:00	06/08/02 06:00	07/08/02 20:00	13/08/02 11:00
FIM DA POSIÇÃO 05	31/07/02 15:00	02/08/02 11:00	05/08/02 23:00	07/08/02 20:00	09/08/02 15:00	14/08/02 23:00
INICIO DA CELULA DO MOTOR	31/07/02 20:00	02/08/02 15:00	06/08/02 11:00	08/08/02 06:00	09/08/02 20:00	15/08/02 11:00
INICIO DA POSIÇÃO 04	31/07/02 15:00	02/08/02 11:00	06/08/02 06:00	07/08/02 20:00	09/08/02 15:00	15/08/02 06:00
FIM DA POSIÇÃO 04	02/08/02 11:00	05/08/02 23:00	07/08/02 20:00	09/08/02 15:00	13/08/02 11:00	16/08/02 20:00
INICIO DA POSIÇÃO 03	02/08/02 11:00	06/08/02 06:00	07/08/02 20:00	09/08/02 15:00	13/08/02 11:00	16/08/02 20:00
FIM DA POSIÇÃO 03	05/08/02 23:00	07/08/02 20:00	09/08/02 15:00	13/08/02 11:00	14/08/02 23:00	20/08/02 15:00
INICIO DA POSIÇÃO 02	06/08/02 06:00	07/08/02 20:00	09/08/02 15:00	13/08/02 11:00	15/08/02 06:00	20/08/02 15:00
FIM DA POSIÇÃO 02	07/08/02 20:00	09/08/02 15:00	13/08/02 11:00	14/08/02 23:00	16/08/02 20:00	22/08/02 11:00
INICIO DA POSIÇÃO 01	07/08/02 20:00	09/08/02 15:00	13/08/02 11:00	15/08/02 06:00	16/08/02 20:00	22/08/02 11:00
FIM DA POSIÇÃO 01	09/08/02 15:00	13/08/02 11:00	14/08/02 23:00	16/08/02 20:00	20/08/02 15:00	23/08/02 23:00
INICIO	09/08/02 15:00	13/08/02 11:00	15/08/02 06:00	16/08/02 20:00	20/08/02 15:00	26/08/02 06:00
PROPOSTA DE VÔO DE PRODUÇÃO	15/08/02 15:00	19/08/02 11:00	21/08/02 06:00	22/08/02 20:00	26/08/02 15:00	30/08/02 06:00
PROPOSTA DE VISTORIA	21/08/02	23/08/02	26/08/02	28/08/02	30/08/02	04/09/02

5.2.2. Relatórios Diários para os Times da Produção

Conforme descrito na seção 4.4.4.2, cada posição possui suas equipes dedicadas, chamadas de Times de Montagem, os quais recebem diariamente um relatório das atividades a serem realizadas no dia, conforme a Rede de Precedências.

Relatório de Times:

Conforme já descrito na Seção 5.1.2, o relatório de times é fundamental para dar às equipes de montagem a priorização necessária para se manter os prazos e metas planejadas para cada avião.

A Figura 71, mostra o relatório obtido diariamente pelo líder de cada time, contendo informações relevantes para o correto cumprimento das metas, como início e término planejados, data de término limite para o cumprimento dos prazos e a folga dinâmica da atividade em relação ao prazo final do avião, priorizada pela menor folga ou folga negativa. Isso tudo informado para cada Número de Serie de avião na linha de produção com atividade a ser realizada pelo time de montagem para o qual o relatório foi impresso.

Relatório de Times									
Agrupamento:		COMPANHAMENTO GMF 030							
Time:		TIME 4 - FTF							
Nº de	Atividade	PN	Orig.	Hs.	%	Início	Término	Término	Folga
						Planejado	Planejado	Limite	Total
Nº Série: 648 - 0145SL - INDIGO									
138	CM006480CX	135-01001-804	14	3.00	0%	18/02/2003 09:00	18/02/2003 06:59	18/02/2003 18:59	-5
Obs:									
138	CM006480CV	145-75000-810	3	3.00	0%	18/02/2003 19:00	18/02/2003 22:59	18/02/2003 18:59	-3
Obs:									
138	CM006480CW	135-01001-803	14	3.00	0%	18/02/2003 06:00	18/02/2003 21:59	18/02/2003 18:59	-2
Obs:									
138	CM006480CK	145-77750-827	3	3.00	0%	18/02/2003 13:00	18/02/2003 15:59	18/02/2003 15:59	0
Obs:									

Figura 71: Relatório Diário dos Times de Montagem

Cronograma Real vs Planejado:

Cada equipe de montagem possui também um número limitado de montadores, os quais são responsáveis por executarem um igualmente limitado número de atividades. Para que se estabeleça a seqüência e o volume diário de montagens adequado, é feita uma análise de capacidade utilizando o Primavera®. A partir dessa análise, gera-se um Cronograma de Atividades Planejadas a serem executadas pela

produção, com o qual se faz o acompanhamento do Real *versus* Planejado. Com isso é possível se efetuar o acompanhamento da aderência dos Times de Montagem ao planejamento diário das atividades feito pelo PPCP.

Esse cronograma traz as atividades planejadas para cada time de montagem, o número de pessoas necessárias para executar cada atividade, a duração prevista para sua execução, as datas de início e término planejadas. Para que seja feita a comparação, são demonstradas no cronograma as datas de início e término real, bem como a duração que realmente a atividade levou para ser completada.

A Figura 72 traz um modelo de cronograma real versus planejado na fase inicial da pesquisa, demonstrando que as atividades não eram executadas exatamente conforme planejado em um nível de variação bastante alto, o que levou a uma profunda análise das alternativas reais de montagem e uma padronização nos procedimentos para que se buscasse ao máximo o cumprimento das montagens dentro do cronograma planejado.

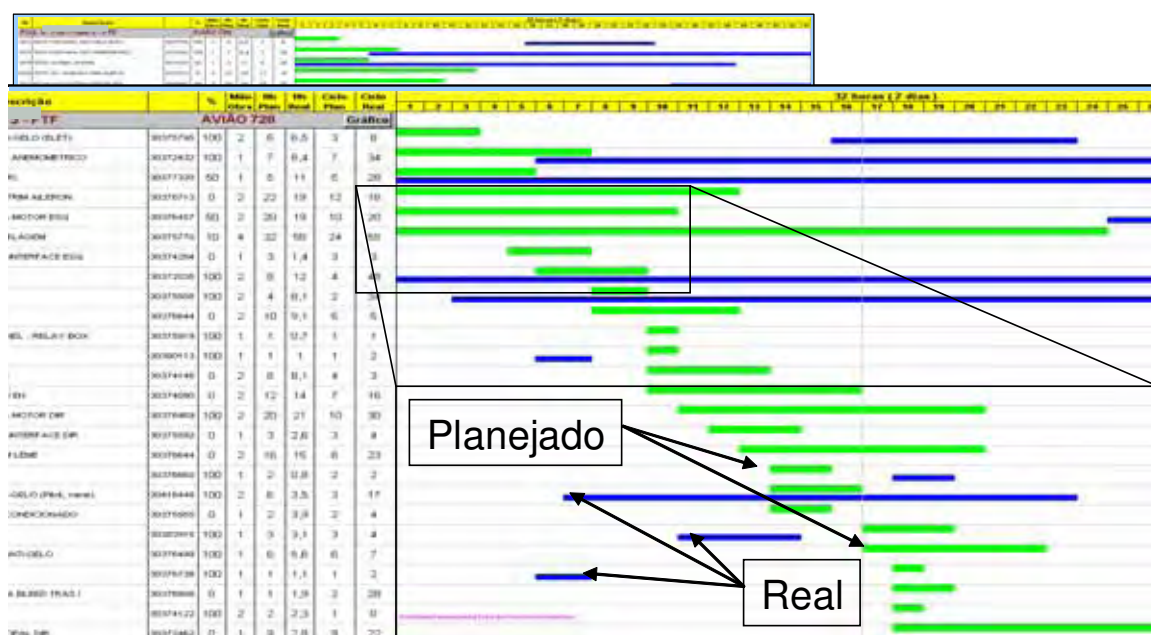


Figura 72: Cronograma do Real versus Planejado

5.2.3. Percentual de Completamento na Saída das Posições

Por se tratar de uma linha de fluxo contínuo, a movimentação do avião para a posição subsequente é feita na data planejada independentemente do completamento

das atividades. Dessa forma se consegue manter o volume de produção necessário ao cumprimento do plano de produção. No entanto, as atividades não completadas certamente causam impacto tanto para a posição que o avião está deixando, pelo fato de que a equipe responsável pelas atividades deve seguir com o avião para completar as atividades, como para a próxima posição pelo acúmulo de horas e a relação de precedências entre as atividades.

O Gráfico “Percentual de Completamento na Data Planejada” é importante para se manter uma gestão sobre o nível de completamento de cada avião ao deixar uma posição planejada de montagem, estabelecendo-se metas para se obter um completamento dentro de limites aceitáveis e que não comprometam os prazos de entrega dos aviões.

A Figura 73 mostra o acompanhamento do completamento dos aviões na data planejada, para uma determinada posição de montagem. Na data planejada para a movimentação do avião na linha, mede-se a quantidade (%) de atividades planejadas para aquela posição que foram efetivamente realizadas pela produção. Com isso pode-se medir a eficiência das equipes em completar o avião comparado aos anteriores e avaliar sua tendência em se manter em níveis aceitáveis (acima de 90% por exemplo).

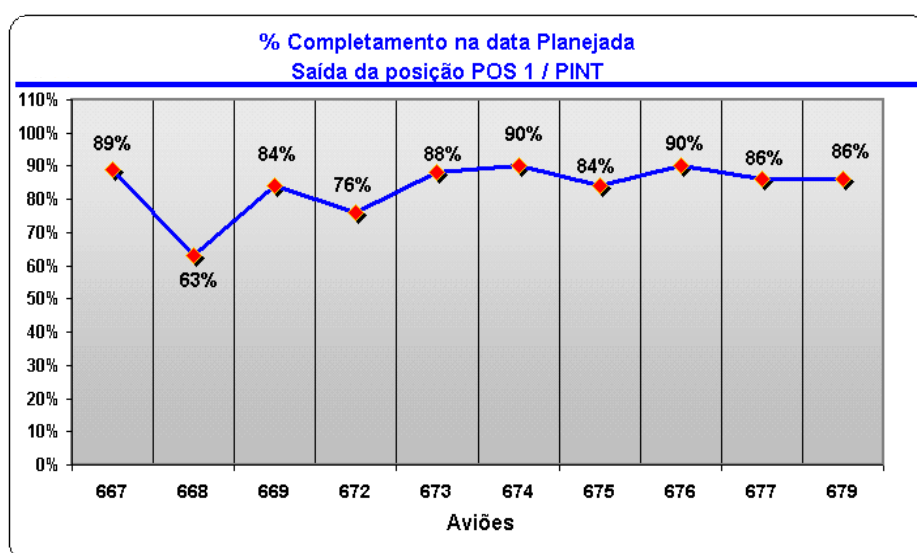


Figura 73: Percentual de Completamento na Data Planejada

5.2.4. Iso-Avançamento da Montagem (Curva “S”)

No modelo de gerenciamento utilizando margens por posição, proposto anteriormente na seção 4.4.5.2, comenta-se que, como a margem está no final da Fase, a tendência é de atraso no completamento das atividades deixando-se a conclusão para o final. Dessa maneira, incorre-se no risco de atraso na passagem de Fase ou em uma transferência com um baixo completamento, e um conseqüente atraso na entrega. A inserção de margens nas posições permite que se crie uma defasagem entre as datas mais cedo e as datas mais tarde planejadas para as atividades.

A elaboração do Gráfico de Iso-avançamento da Montagem, Figura 74, proporciona uma gestão visual da situação do avião na linha, facilitando a tomada de decisão na correção dos desvios de evolução das etapas de montagem. No gráfico, a curva de “Evolução Real” deve se manter entre as curvas de “Datas Mais Cedo” e de “Datas Mais Tarde” para que o avião seja considerado dentro do prazo planejado.

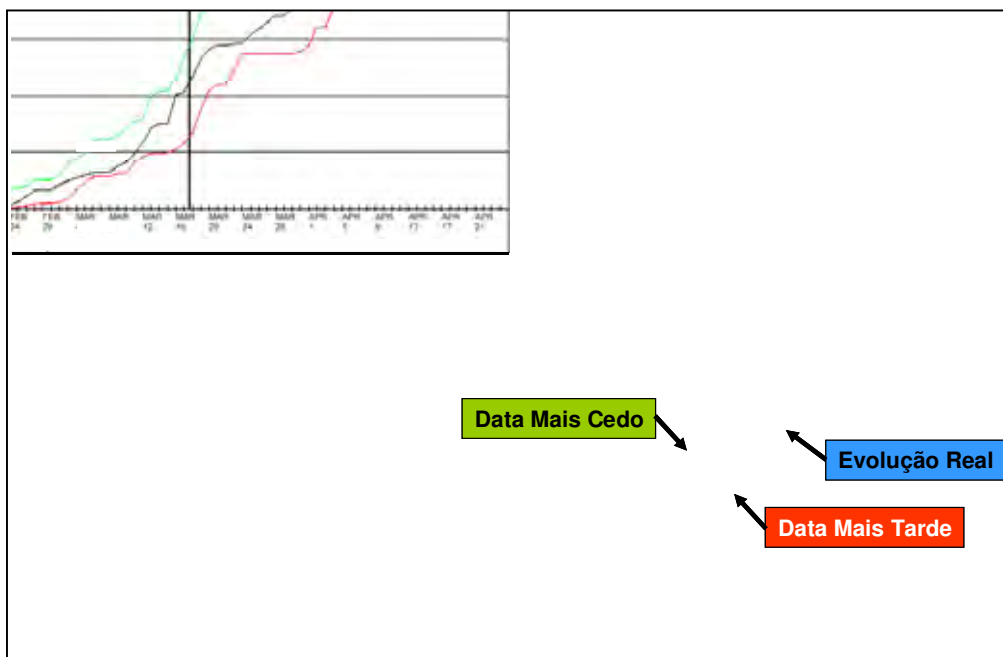


Figura 74: Gráfico de Iso-Avançamento da Montagem (Curva “S”)

Toda elaboração da curva é feita com base na rede de precedências de cada avião em processo e a evolução real com base no apontamento feito pela produção.

A Figura 74 mostra a evolução (Curva “S”) de um avião em processo na linha de montagem. Para uma evolução real ser considerada dentro da normalidade, ela deve se manter entre as curvas da Data Mais Cedo e da Data Mais Tarde indicadas no Gráfico. Para facilitar o acompanhamento, acima da Curva S da mesma figura encontra-se o cronograma correspondente às atividades principais planejadas para a o avião, cuja as datas devem ser cumpridas pela produção, e a indicação da posição em que a aeronave se encontra em relação a sua data de entrega.

5.2.5. Visão Sumarizada e Cronograma Detalhado dos Aviões

Uma outra visão gerencial oferecida para a Produção e seus gestores são os cronogramas mostrando uma Visão Sumarizada de todos os aviões em processo e o Cronograma Detalhado de cada Avião, Figura 75.

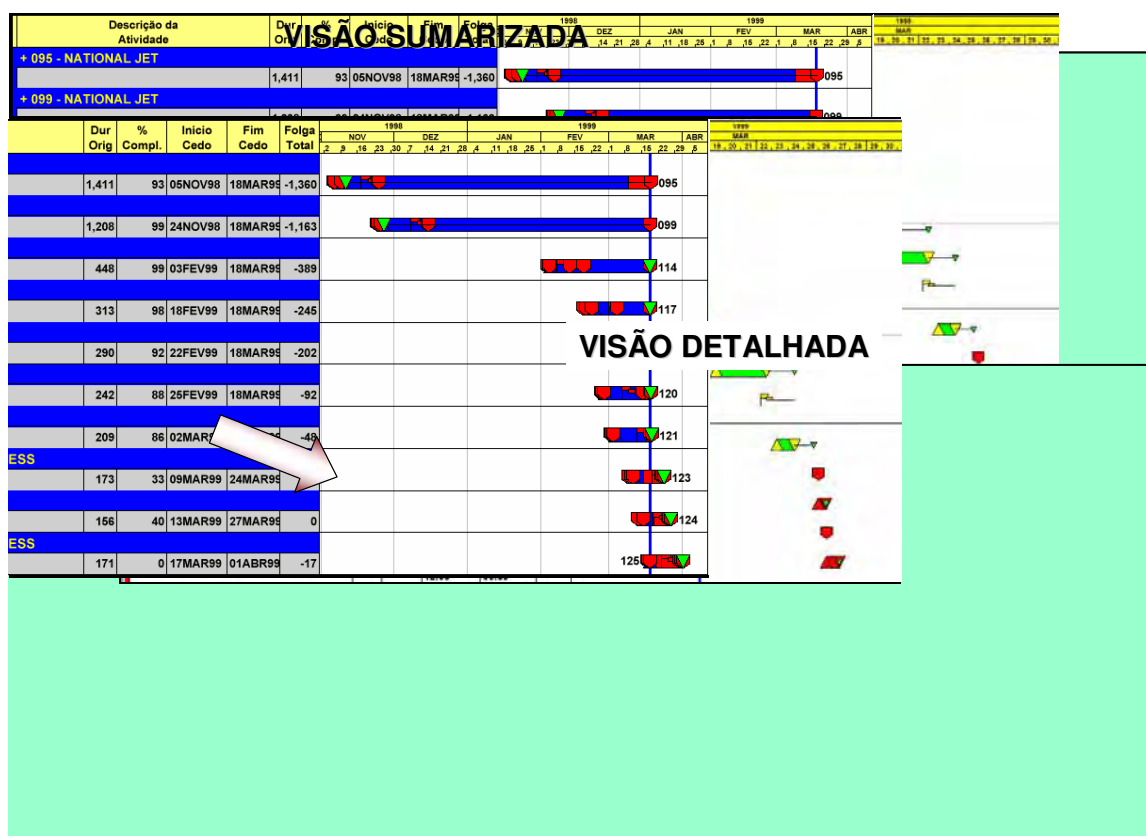


Figura 75: Visão Sumarizada e Cronograma Detalhado dos Aviões

Esses cronogramas são obtidos a partir da versão padrão do *Software Primavera*®, no entanto, somente os analistas da rede de precedências podem gerar essa

visibilidade, por exigir do usuário do Software um conhecimento avançado sobre a ferramenta. A equipe do projeto treinou as pessoas responsáveis pela base de dados a fornecerem regularmente essas visibilidades para a produção como uma ferramenta de trabalho das equipes, contendo as atualizações processadas diariamente e informações suficientes para a tomada de decisão pelas equipes.

5.2.6. Análise de Ocupação e Sobrecarga de Mão-de-obra

Essa visibilidade gerencial também é obtida a partir da versão padrão do *Software Primavera®*. Trata-se de uma análise de ocupação dos recursos, Figura 76, a qual é de crucial importância para o correto dimensionamento dos Times de Montagem, nas decisões sobre reprogramações e horas extras.

Esse recurso da ferramenta também é utilizado nas análises de capacidade e simulações de ocupação para as decisões sobre aumento de cadência e, da mesma forma que a anterior, a equipe do projeto capacitou os responsáveis pela base de dados a gerarem essa informação, analisar os dados e, conjuntamente com o planejamento e produção, tomarem as decisões necessárias ao cumprimento das metas estabelecidas.

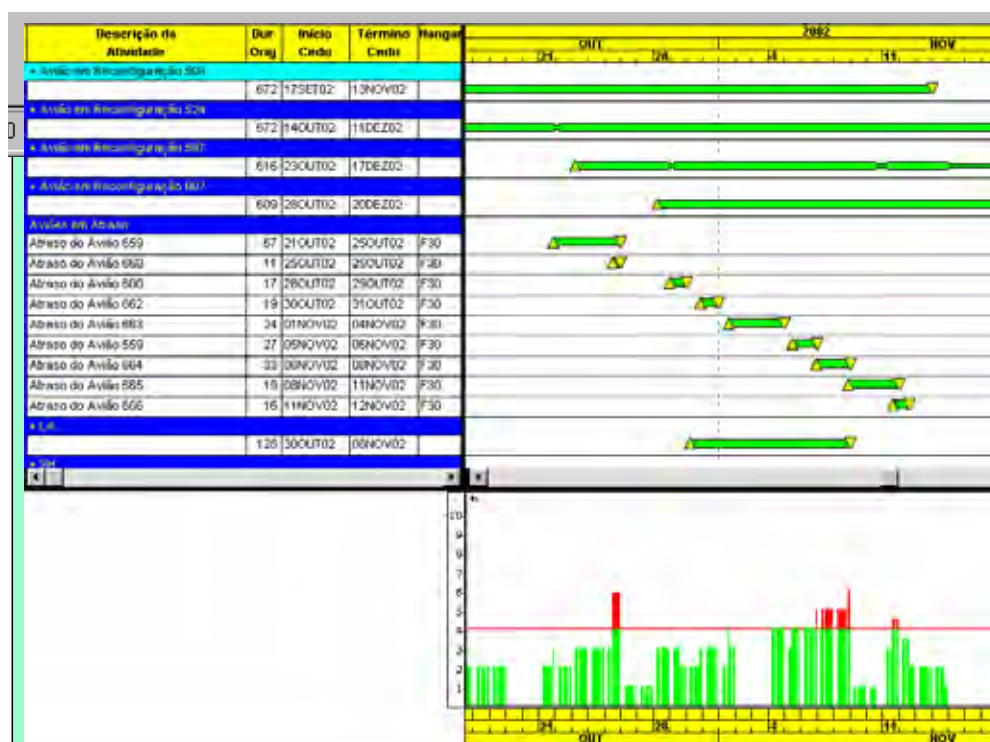


Figura 76: Visualização de Ocupação e Carga de Mão-de-obra

5.3. GANHOS ALCANÇADOS

A seguir, são apresentados os ganhos reais obtidos com a implantação do novo modelo de gestão através de rede de precedências, proposto para o gerenciamento da linha de montagem final das aeronaves em produção.

5.3.1. Ganho com Eficiência da Mão-de-obra

Um primeiro resultado bastante evidenciado ao longo da linha de montagem foi a redução sistemática do número de funcionários necessários para se montar um avião, ou seja, o valor do homem-hora gasto na produção de uma aeronave.

Esse valor alcançado está demonstrado através do gráfico “Relação mão-de-obra por avião fabricado (N/S - Número de série)”, Figura 77, acompanhado pela equipe do projeto ao longo do período da pesquisa.

Esse resultado foi bastante importante para o momento de aumento de cadência vivido pela empresa, pois permitiu a ela aumentar o número de aviões entregues no período sem aumentar significativamente o seu quadro de funcionários.

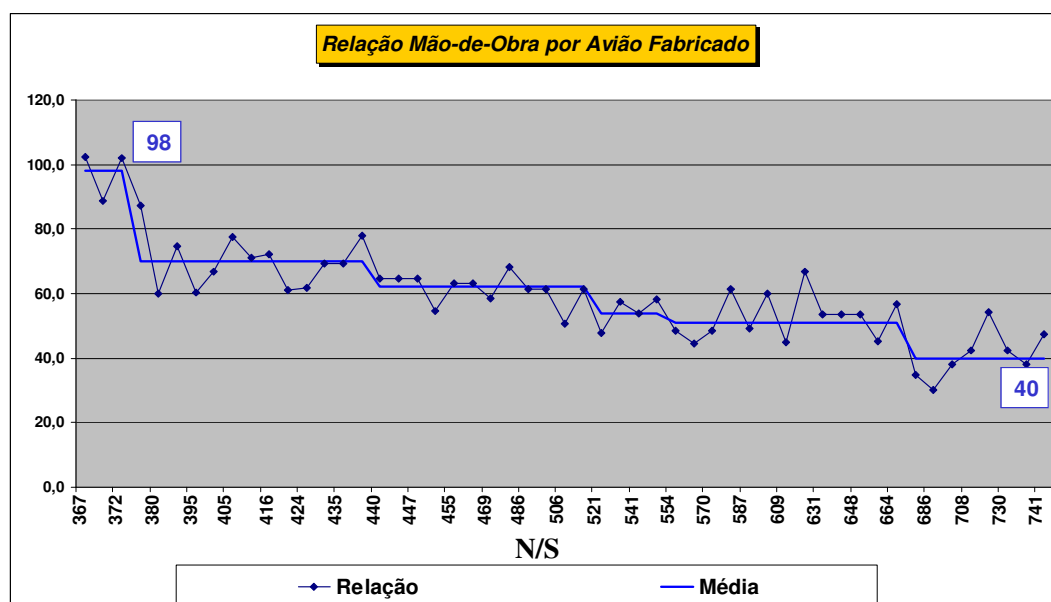


Figura 77: Relação de Mão-de-Obra por Avião Fabricado

5.3.2. Redução Acentuada dos Ciclos Produtivos

Não somente a redução da quantidade de funcionários por avião, mas dentro do cenário de alta competitividade que é o mercado de aviação, o fator tempo de entrega é fundamental para a conquista do mercado. Dessa forma, a redução significativa do ciclo produtivo alcançada pelo modelo de gestão proposto, também tem um significado importantíssimo para o atingimento das metas da organização.

Com a redução do ciclo produtivo, reduz-se também a necessidade de ferramentas e espaços para a fabricação dos aviões, além de se produzir mais rápido e ter-se, conseqüentemente uma redução no material em processo (WIP – *Work-in-process*). Fazer o produto mais rápido é uma forma direta de redução de custos.

Essa redução foi possível devido a melhor organização dos recursos disponíveis e a otimização da ocupação desses dentro da linha de produção, fazendo com que as atividades fossem executadas mais rapidamente e sem o tempo de espera por recursos sendo utilizados em outras atividades. A Figura 78 mostra a acentuada redução obtida em toda a linha de montagem estudada.

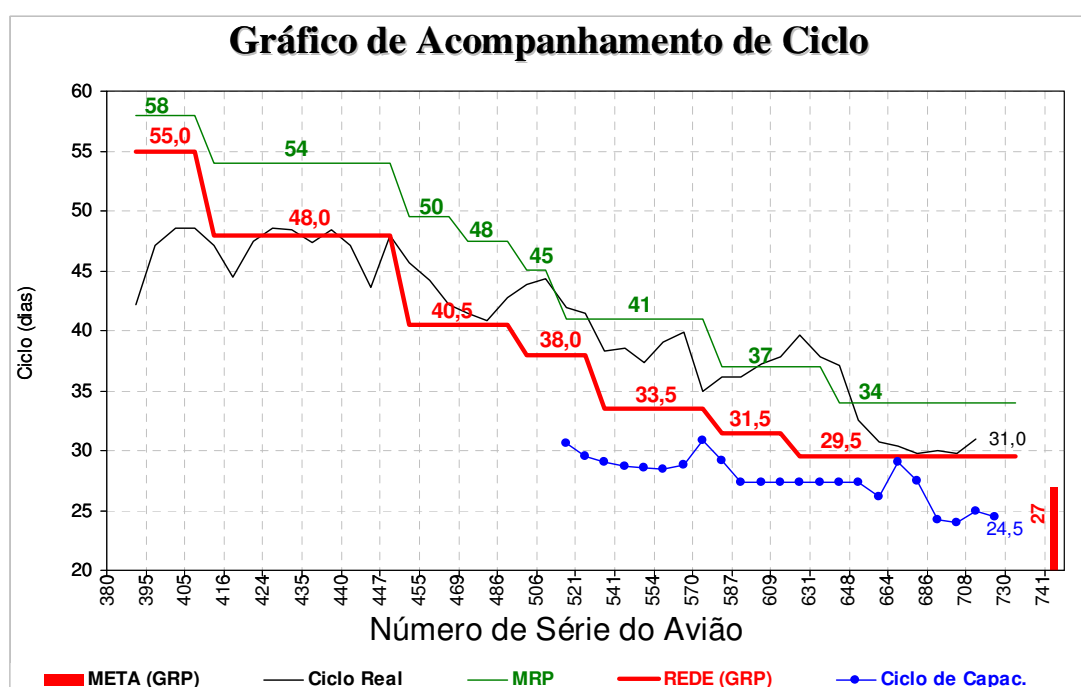


Figura 78: Gráfico de Acompanhamento de Ciclos

No gráfico pode-se observar a curva Rede (GRP), ou seja, o planejado de acordo com a rede de precedências elaborada pela Engenharia de Produção, a curva MRP, indicando como os materiais são planejados pelo MRP, o Ciclo de Capacidade, que é a visão de onde se pode chegar pelo grupo responsável pela melhoria contínua dos processos, e por fim o ciclo real medido na produção. A Meta GRP indica no gráfico o próximo alvo a ser alcançado pelos times de produção.

A disponibilização do material no momento certo da montagem também foi um fator importante para a redução do ciclo produtivo. A informação disponibilizada através dos relatórios de atividades proporcionou uma melhora no seqüenciamento e o foco nas atividades realmente atrasadas ou críticas, segundo o conceito aplicado.

5.3.3. Redução do WIP – *Work in Process*

Conforme já observado, como consequência da redução do ciclo produtivo, há a necessidade de uma quantidade menor de aviões sendo processados para a mesma cadência mensal. Assim, tem-se a consequente redução do WIP – *Work in Process* ou Material em Processo, o que proporciona uma redução no custo do produto fabricado.

A Figura 79 apresenta a redução do WIP apresentado ao longo do período em que o estudo foi realizado dentro da empresa.

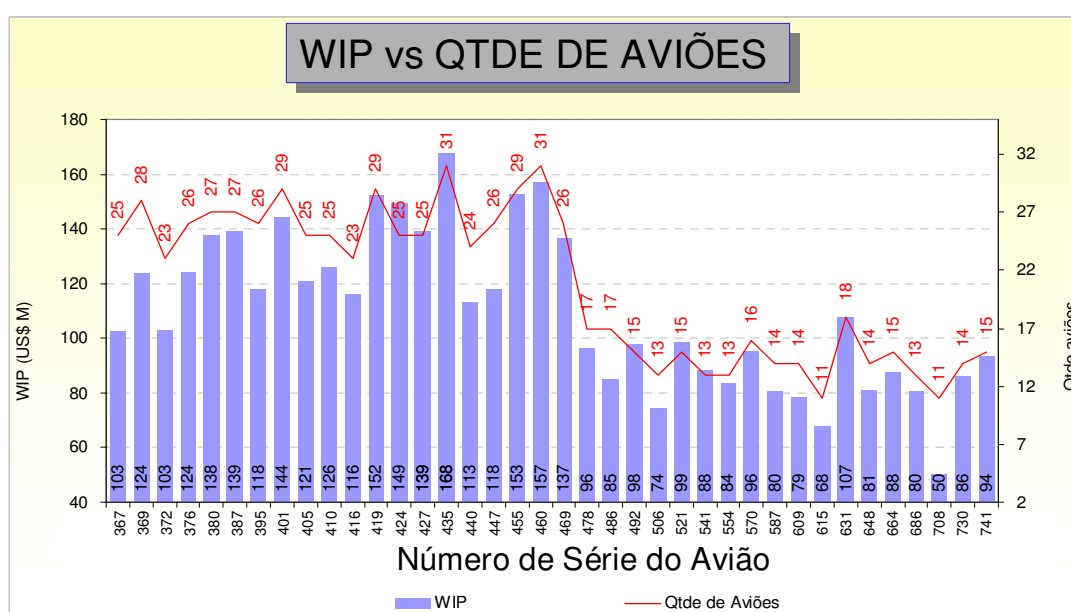


Figura 79: Gráfico de Acompanhamento do WIP

A redução do material em processo é tremendamente importante para os resultados globais da organização, e é uma meta buscada por toda empresa que quer se manter com uma boa saúde financeira no mercado.

5.3.4. Gestão dos Processos e Melhoria Contínua

Desde meados de 1998, vêm sendo aplicado na empresa estudada, os conceitos e ferramentas da manufatura enxuta, com o objetivo de se desenvolver uma mentalidade enxuta dentro da empresa. Esse projeto conta com o apoio da Diretoria de Produção e está integrado com todos os outros projetos de melhoria do ambiente produtivo.

Dessa forma, um outro ganho significativo apresentado pelo modelo de gestão proposto foi a perfeita integração e atendimento aos objetivos de melhoria contínua almejados pela Diretoria de produção, favorecendo a identificação dos fluxos específicos de produção e suas oportunidades de melhoria. Um perfeito acompanhamento dos resultados através dos gráficos de gestão oferecidos pelo novo sistema, como mostra a Figura 80.

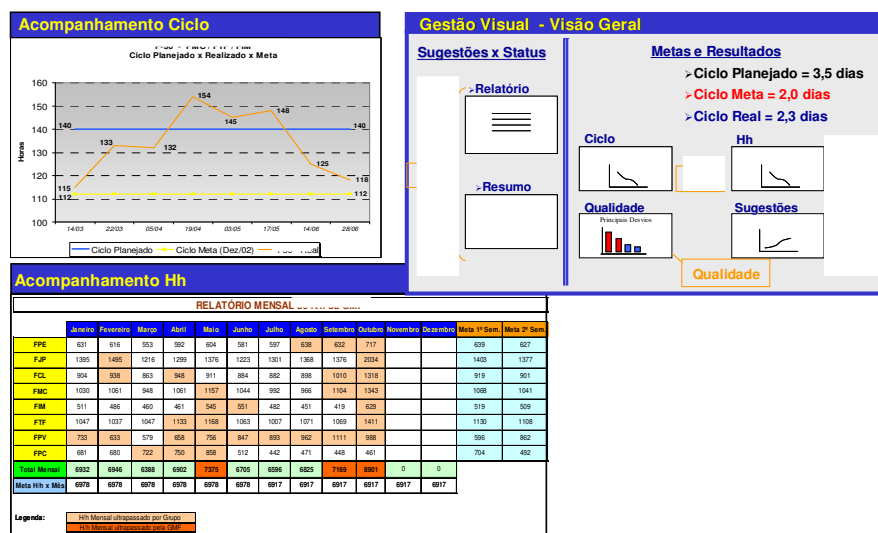


Figura 80: Gestão Visual dos Resultados

As visibilidades gerenciais apresentadas e os resultados obtidos são disponibilizados em painéis de gestão à vista, distribuídos ao longo da linha de

montagem, os quais servem de instrumento para acompanhamento nas reuniões diárias com os times de montagem e os grupos de apoio à linha.

5.4. DEPOIMENTOS DOS USUÁRIOS DO SISTEMA

Procurou-se reunir aqui como resultado da pesquisa o depoimento de membros-chaves da organização e pessoas envolvidas com o modelo de gestão implementado, mas que também tivessem conhecimento do modelo de gestão anterior. Essas pessoas foram procuradas para darem suas contribuições, respondendo às perguntas formuladas abaixo:

- Qual sua opinião sobre o novo modelo de gestão por rede de precedências implementado na produção?
- Dentro da sua área de atuação, que benefícios podem ser percebidos no novo modelo de gestão?

“O modelo de gestão por rede de precedências veio para ficar. É uma maneira bastante eficaz de se pensar a produção, principalmente no ambiente aeronáutico, onde a flexibilidade da produção é extremamente grande e são vastos os caminhos alternativos para se montar o avião. Conseguiu-se, com esse novo modelo, visualizar-se o melhor caminho em termos de custo e prazo para se completar a montagem e, nas contingências, direcionar-se os recursos para aquilo que é realmente crítico”.

Gerente de Produção

“O novo método de distribuir a mão-de-obra é, sem dúvida, muito mais eficaz no que diz respeito ao aproveitamento do efetivo disponível. Aliado ao método, a ferramenta nos disponibiliza um gráfico de ocupação que nos dá uma visão rápida da situação e fortalece tremendamente a tomada de decisão”.

Supervisor de Produção

“O relatório de atividades diárias disponibilizado para a produção logo nas primeiras horas do dia nos dá uma orientação bastante precisa daquilo que se deve executar ao longo do dia, qual a seqüência, prioridade e prazo (se estamos atrasados ou não). Para mim, como líder de time, é a informação que estava faltando para iniciarmos bem o dia, com as tarefas muito bem distribuídas entre os membros do time.”.

Mecânico Montador

“O modelo de gestão desenvolvido, juntamente com os processos que o suportam trouxe uma maior integração entre o chão de fábrica e as áreas de apoio. A informação hoje está muito mais integrada e precisa. Pode-se obter, através das visibilidades gerenciais, a real situação do avião na linha de produção com dados muito mais confiáveis do que antes. Os efeitos de uma tomada de decisão quanto as mudanças de cenário, bastante comuns no nosso negócio, são rapidamente observadas nos gráficos de acompanhamento atualizados diariamente pelo sistema. Realmente um crescimento muito grande para o nosso negócio”.

Gerente de Planejamento

“A gestão por rede de precedências fornece uma visão do fluxo de valor na linha de montagem e, principalmente, aquilo que merece ser avaliado em termos de melhoria contínua para trazer um ganho real de ciclo, custo ou WIP. As visibilidades geradas pelo sistema também auxiliam na medição dos resultados das ações tomadas. A reorganização da linha em termos de postos de trabalho e recursos é feito muito mais rapidamente com o auxílio da nova ferramenta, sem perder de vista os ganhos já alcançados anteriormente”.

Engenheiro de Produção (líder de melhoria contínua)

6. CONCLUSÕES

Dos resultados apresentados no Capítulo 5, realmente o que foi considerado pelos membros da equipe do projeto como mais relevante para a empresa foi a organização da produção em um sistema informatizado de gestão que permitiu a redução significativa dos ciclos produtivos, Seção 5.3.2, a diminuição do efetivo necessário por avião produzido, Seção 5.3.1, e a conseqüente redução do Work in Process – WIP, Seção 5.3.3, assegurando para a empresa o atingimento das metas de prazo, custo e qualidade necessários para a manutenção da empresa no mercado competitivo de aviões.

No entanto, observando-se os demais resultados dessa pesquisa, chega-se a conclusão que os objetivos desse trabalho, propostos nas Seções 1.4 e 1.5, tanto o geral quanto os específicos foram atingidos.

Conforme proposto, desenvolveu-se um sistema estruturado através de rede de precedência, utilizando-se como base o *Software Primavera Project Planner* (P3), fazendo uso de algumas interfaces que permitiram operacionalizar informações provenientes do ambiente produtivo, como apontamento de horas e percentuais de evolução dos aviões. Não somente isso, mas a gestão dos resultados e o fornecimento de informações importantes para a tomada de decisão e efetivação dessas decisões através de mudanças controladas no planejamento das aeronaves (planos de recuperação) e a formalização dessas mudanças através de acompanhamentos gerenciais e táticos dentro do ambiente produtivo.

Com relação aos conceitos aplicados, pode-se observar no modelo proposto, a perfeita aplicabilidade e integração desses conceitos, no que Corrêa & Giansi (2001) chamou de Sistemas Híbridos de Gestão. No modelo proposto, os conceitos de produção seriada e sistemas de produção contínua (Tempo *Takt*, MRP) se integraram aos conceitos de gestão de projetos (CPM, Rede de precedências) e aos conceitos da Teoria das Restrições (CCPM, pulmões), produzindo resultados eficazes na gestão da produção das aeronaves.

Dessa forma pode-se concluir também que, em termos de contribuição científica, essa integração dos conceitos alcançados na pesquisa foi relevante para a eliminação

da lacuna existente nas pesquisas bibliográficas realizadas, conforme citado na Seção 1.3 – Motivação para a pesquisa.

6.1. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

No modelo de gestão proposto aplicou-se uma parte importante da teoria das restrições que é a utilização de pulmões, ou margens, no final de cada posição da montagem como um recurso para gerenciar os potenciais atrasos na linha. Conforme demonstrado na Seção 4.4.5, a “folga negativa” apresentada no relatório diário de atividades indica que a margem da posição em que a atividade é executada foi consumida em toda a sua totalidade. No entanto, quando uma posição executa todas suas atividades antes do prazo planejado, sem consumir o pulmão, a divisão em estações pelo Tempo *Takt* impede que o produto avance mais cedo para o próximo posto, perdendo esse ganho. Como sugestão de trabalho futuro, como continuidade desse mesmo estudo, pode-se avaliar a aplicação completa da TOC, eliminando as estações e trabalhando com a rede de precedências e os pulmões de projeto, convergência e capacidade, comparando os ganhos para os dois casos.

Uma outra sugestão é a aplicação desse modelo de gestão em um outro ramo da indústria, que possua também produtos de ciclos elevados, que permitam a aplicação dos conceitos utilizados nesse estudo.

6.2. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção do conhecimento e a evolução tecnológica têm proporcionado mudanças significativas na gestão da produção. A evolução da produção tem se apoiado em novas tecnologias, na automação e mais recentemente nos sistemas de informação. A aplicação destas novas tecnologias pelas organizações, tem determinado o seu sucesso ou insucesso, nesse mundo cada vez mais globalizado. Elas podem ajudar no desenvolvimento de novos produtos, no aumento da qualidade, na

diminuição dos custos e dos prazos de entrega, no aumento da produtividade e, enfim, em um melhor desempenho operacional das organizações (PEREIRA & ERDMANN, 2005).

Por outro lado, segundo Bossidy & Charan (2002), nenhuma estratégia válida pode ser planejada sem levar em consideração se a organização tem a habilidade de executá-la. Todo administrador deve conhecer a lacuna existente entre o que a alta direção da organização deseja alcançar e a habilidade da empresa em cumprir essas metas.

Ao longo dos últimos cinco anos, a empresa onde se desenvolveu esse estudo vem construindo um modelo de gestão que busca sedimentar os conceitos de *Lean*, considerando que, de acordo com Womack e Jones (1996), em todas as iniciativas para viabilizar a difusão de práticas inovadoras, uma mentalidade enxuta é mais importante do que a técnica ou instrumento específico de melhoria e mudança. Cada uma, a seu modo, tem elementos positivos, mas os novos valores e premissas subjacentes ao novo modo de pensar a produção e a administração são cruciais para o sucesso desses empreendimentos. Portanto, “não se faz *Lean Manufacturing* sem as pessoas” (LEMES & LINDGREN, 2005).

Confirmando a definição de Bossidy e Charan (2002) de que a “Execução é um conjunto específico de comportamentos e técnicas que uma organização deve ressaltar para alcançar vantagens competitivas” e, considerando todas as técnicas e conceitos evidenciadas nesse trabalho, as quais estão a disposição dos administradores para a aplicação nos mais diversos ambientes produtivos, essa pesquisa levou a conclusão de que o mais importante é a disseminação do conhecimento e a disciplina na sua aplicação e controle. Para qualquer aplicação conceitual, a maneira como elas são executadas faz toda a diferença.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARCHIBALD, R., Managing High Technology Programs and Projects. J. Wiley, New York, NY, 1976
- ALMEIDA, R., Um sistema de apoio à tomada de decisão utilizado no planejamento e controle da produção de uma indústria aeronáutica - Guaratinguetá, 2007. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá.
- ALVAREZ, R. R. & ANTUNES JR, J. A. V., Takt-Time: Conceitos e Contextualização dentro do Sistema Toyota de Produção, Revista Gestão e Produção, v.8, n.1, p.1-18, abr. 2001.
- BALARINE, O. F. O., O Controle de Projetos através dos Conceitos de Desempenho Real (Earned Value). In: XIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), Rio de Janeiro, RJ - 1999
- BARCAUI, A & QUELHAS, O., Corrente Crítica: Uma alternativa à gerência de projetos tradicional. In: Revista Pesquisa de Desenvolvimento Engenharia de Produção, n. 2, pg. 1-21, 2004
- BOSSIDY, L., CHARAN, R., Execution – The Discipline of Getting Things Done. Crown Business, New York, NY, 2002
- BRYMAN, A., Research methods and organization studies. London: Routledge, 1992 (Contemporary Social Research:20)
- CALIA, E. G., “O Gerenciamento de Projetos por Corrente Crítica”, Revista Brasileira de Gestão de Projetos (RBGP), maio 2004, pg 34-36.
- CARVALHO, D., Gestão de Projetos, – 2000, Disponível Internet WWW URL: <http://www.dps.uminho.pt/pessoais/jdac/apontamentos/GestaodeProjectos.pdf>. Arquivo consultado em 03 de janeiro de 2007.
- CASTRO, R. L., Planejamento e Controle da Produção e Estoques: Um Survey com Fornecedores da Cadeia Automobilística Brasileira – São Paulo, 2005. Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- CORRÊA, H. L. e GIANESI, I. G. N., “Planejamento, Programação e Controle da Produção”. São Paulo: Atlas, 2001

- CORRÊA, H. L., “Administração da Produção e Operações, Manufatura e Serviços: Uma Abordagem Estratégica”. São Paulo: Atlas, 2004
- CORRÊA, H. L. e GIANESI, I. G. N., “Just in time; MRP II e OPT: um enfoque estratégico”. São Paulo: Atlas, 1996
- COUGHLAN, P. e COUGHLAN, D., Action Research. Action research for operations management. International Journal of Operations & Production Management, Vol. 22, No. 2, 2002, p. 220-240.
- DEPARTMENT OF DEFENSE HANDBOOK – Work breakdown structures for defense material itens, 2005. Disponível na Internet via WWW URL: http://www.acq.osd.mil/pm/currentpolicy/wbs/MIL_HDBK-881A/MILHDBK881A/WebHelp3/MILHDBK881A.htm. Arquivo consultado em 14 de fevereiro de 2008.
- DIAS, M. V. B., Um novo enfoque para o gerenciamento de projetos de desenvolvimento de software, São Paulo, 2005. Dissertação de Mestrado – Universidade de São Paulo.
- DINSMORE, P. G., Gerência de programas e projetos, PINI Editora, São Paulo – SP, 1992
- DUCHARME, C. & RUDDICK, T., “TAKT-TIME” – ESD 60 Lean Six Sigma Systems, 2004 - Disponível na Internet via WWW URL: http://www.isixsigma.com/dictionary/Takt_Time-455.htm. Arquivo consultado em 20 de março de 2008.
- ELDER, A., The five diseases of a project management, 2006. Disponível na Internet via WWW <http://www.nolimitsleadership.com> . Arquivo consultado em 10 de fevereiro de 2008.
- FREITAS, B. C. C., Um Modelo para Gerenciamento de Múltiplos Projetos de Software Aderente ao CMMI. – Trabalho de Graduação, Universidade Federal de Pernambuco, 2005
- GATES, W. H. III, Business @ the Speed of Thought. New York, NY: Warner Books, 1999.
- GIL, A. C., Técnicas de pesquisa em economia e elaboração de monografias. São Paulo: Atlas, 2000

GOLDRATT, E., COX, J., “A Meta”. São Paulo: Educator, 1995.

GOLDRATT, E., Corrente Crítica – São Paulo: Nobel.1998

KENDALL, G. I.; How Critical Chain Enhances Critical Path, TOC Internacional Disponível na Internet via WWW URL: <http://www.tocinternacional.com.br>. Arquivo consultado em 20 de agosto de 2007.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A., Metodologia científica, São Paulo, Editora Atlas S.A. – 2004 – 4a edição

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A., Fundamentos de metodologia científica, São Paulo, Editora Atlas S.A. – 2005 – 6a edição

LEMES, C. A., LINDGREN, P. C. C., A indústria aeronáutica e a Lean Manufacturing: Boeing e Embraer, doca ou linha móvel? Afinal, qual o melhor caminho a ser seguido? – Anais do VIII Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais - SIMPOI 2005 - FGV-EAESP.

LEWIS, J. P., The Project Manager's Desk Reference: A comprehensive guide to project planning, scheduling, evaluation, control & systems. New York: McGraw-Hill, 1995.

MARTINS, R. A., Flexibilidade e Integração no novo paradigma produtivo mundial : estudos de casos. Dissertação de Mestrado, EESC/USP, São Carlos,(137p.), 1993.

MOURA, A. N. C. J., Novas tecnologias e sistemas de administração da produção – análise do grau de integração e informatização nas empresas catarinenses. Florianópolis, 1996. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

OQUIST, P., The eppistemology of action research. Acta Sociologica, Vol. 21, No. 2, 1978.

PAIM, R., EP: análise do referencial teórico-conceitual, instrumentos, aplicações e casos. Tese de Mestrado em Engenharia de Produção – COPPE-UFRJ Rio de Janeiro, Brasil – Dezembro de 2002. (www.gpi.ufrj.br, .pdf)

PORTER, M. E., (1991) "Estratégia Competitiva", Campus, Rio Janeiro, Campus, 1991.

PERALTA, A. C., “Um modelo do processo de projeto de edificações, baseado na engenharia simultânea, em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte.”

Florianópolis, 2002. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

PEREIRA, E. C. O. , ERDMANN, R. H., A Evolução do Planejamento e Controle e o Perfil do Gerente da Produção. Florianópolis, 2005. Disponível na Internet via WWW URL. http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1998_ART265.pdf. Arquivo consultado em março/2008.

PRADO, D. S., “Gerenciamento de Projetos nas Organizações”. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2000

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE - PMI MG, Tradução livre do PMBOK 2000, V 1.0, disponibilizada através da Internet em janeiro de 2002

QUELHAS, O., BARCAUI A., “A Teoria das Restrições Aplicada à Corrente Crítica”. PM Tech Newsletter, março/2005. Disponível na Internet via WWW URL:http://www.pmtech.com.br/newsletter/Marco_2005/Marco_2005.html. Arquivo consultado em 12 de agosto de 2007.

REY, L., Planejar e redigir trabalhos científicos. São Paulo: Editora Edgard Blücher. (1993)

RITZMAN, L.P; KRAJEWSKI, L. L., Administração da produção e operações. São Paulo: Prentice Hall, 2004.

RODRIGUES, I. A., O Planejamento e Controle da Produção numa Empresa do Setor de Autopeças na Região Metropolitana de Belo Horizonte. Ouro Preto, 2003. Monografia de Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Ouro Preto.

ROVINA, J., “Corrente Crítica em Projetos”.Eaux – Gestão de Projetos, 2004. Disponível na Internet via WWW URL: <http://www.eaux.com.br>. Arquivo consultado em 20 de agosto de 2007.

SATO, C. E. Y., Gestão corporativa de projetos para instituições de pesquisa tecnológica: caso Lactec. Curitiba, 2004. Dissertação de Mestrado, Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná – CFETP.

SENTANIN, O. F., Gestão por processos em uma empresa de pesquisa e desenvolvimento: objetivo estratégico de um modelo de gestão. São Carlos, 2004. 159p. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos – USP.

- SILVA, A. A.; Planejamento e controle de múltiplos empreendimentos em edificações, Florianópolis, 2001. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.
- SILVA, E. L.; MENEZES, E. M., Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação, 4ª ed. – UFSC, Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.
- SILVA, I. M., Aplicações da Curva “S” no Gerenciamento de Projetos, 2005 - Disponível na Internet via WWW URL: <http://www.alternex.com.br/~imsilva> - Arquivo consultado em 14 de setembro de 2007.
- SLACK, N., CHAMBERS, S., HARLAND, C., HARRISON, A., JOHNSTON, R., Administração da produção, São Paulo: Editora Atlas, 2002.
- STALK, GEORGE, JR., HOUT, THOMAS M., Competing Against Time: How Time-Based Competition is Reshaping Global Markets. New York, NY: The Free Press, 1990
- THIOLLENT, M., Metodologia da pesquisa-ação. Cortez Editora, 14ª edição, São Paulo, 2005.
- TOSO, E. A. V., MORABITO, R., Otimização no dimensionamento seqüenciamento de lotes de produção: estudo de caso numa fábrica de rações, Revista Gestão e Produção, v.12, n.2, p.203-217, mai.-ago. 2005.
- TUBINO, D. F., Manual de planejamento e controle da produção. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 1997.
- YIN, R. K., Case study research: design and methods, 2nd ed., Sage Publications, London, 1994.