



Campus de São Carlos

**CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO DE
MUDANÇA DE ENGENHARIA**

LUCAS CLEY DA HORTA

Orientador: Prof. Tit. Henrique Rozenfeld

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO



**ESCOLA DE ENGENHARIA
DE SÃO CARLOS**

Universidade de São Paulo
Escola de Engenharia de São Carlos
Departamento de Engenharia Mecânica

Caracterização do Processo de Mudança de Engenharia

Lucas Cley da Horta

Serviço de Pós-Graduação EESC/USP
EXEMPLAR REVISADO
Data de entrada no Serviço: 07/02/02
Ass: *Guiherme*

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica.

ORIENTADOR: Prof. Tit. Henrique Rozenfeld



São Carlos
Dezembro / 2001

DEDALUS - Acervo - EESC



31100036891

Class.	TESE-EESC
Cuff.	12665
Tombo	T0052/02

at 1231655

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

H821c Horta, Lucas Cley da
Caracterização do processo de mudança de engenharia
/ Lucas Cley da Horta. -- São Carlos, 2001.

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

Área: Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Tit. Henrique Rozenfeld.

1. Gestão das mudanças de engenharia. 2. Controle
da configuração de produto. 3. Desenvolvimento de
produto. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

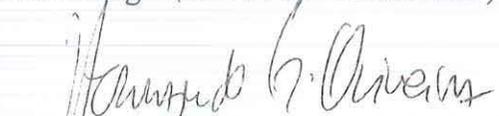
Candidato: Engenheiro **LUCAS CLEY DA HORTA**

Dissertação defendida e julgada em 07-12-2001 perante a Comissão Julgadora:



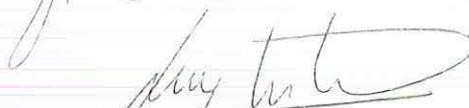
Prof. Tit. **HENRIQUE ROZENFELD (Orientador)**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

aprovado



Prof. Tit. **JOÃO FERNANDO GOMES DE OLIVEIRA**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

APROVADO



Prof. Dr. **LUÍS GONZAGA TRABASSO**
(Instituto Tecnológico de Aeronáutica/ITA)

APROVADO



Prof. Associado **ARTHUR JOSÉ VIEIRA PORTO**
Coordenador do Programa de Pós-Graduação
em Engenharia Mecânica



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

“I’m not young enough to know everything”

James Matthew Barrie

*Dedico este trabalho à saudosa
lembrança de Leonildo Curti,
meu vô Titi [in memoriam]*

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Henrique Rozenfeld pela oportunidade, orientação e confiança.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela bolsa de estudo e demais recursos concedidos, sem os quais não seria possível a realização deste trabalho.

Aos amigos e parceiros do nascoxa, Daniel, Sérgio e Vander, pelas conversas e críticas sobre o trabalho.

Aos amigos Mike e Ana Paula, pelo apoio e conselhos.

Aos amigos do Grupo de Engenharia Integrada: Arai, Carlão, Cláudia, Elaine, Fiat, Leo, Ricardo, Sandro, Vascon e Xella, por tudo que vocês me ensinaram.

Aos companheiros da sala de estudo: Bob, Cambiaghi, Douglas, Kamarão e Zóio.

Aos velhos amigos Rogerio Omokawa e Eduardo Xup pelo apoio e interesse.

Ao pessoal de administração do NUMA, Fernandinho, Francis, André e Cristiane, pela compreensão e fundamental suporte para a realização deste trabalho.

A todas as empresas e profissionais que colaboraram com este trabalho, especialmente ao amigo Marcel, pela contribuição e interesse.

À secretaria de pós-graduação e demais funcionários da Engenharia Mecânica pela atenção.

Aos meus familiares pelo incentivo e compreensão.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE TABELAS.....	IX
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	X
RESUMO	XII
ABSTRACT	XIII
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. CONTEXTO E JUSTIFICATIVA DO TRABALHO.....	1
1.2. OBJETIVO DO TRABALHO.....	2
1.3. REFERENCIAL TEÓRICO PARA A METODOLOGIA DE PESQUISA.....	3
1.4. SELEÇÃO DA ABORDAGEM DA PESQUISA.....	10
1.5. ETAPAS DA PESQUISA.....	15
1.6. LIMITAÇÕES DO TRABALHO.....	20
2. CICLO DE VIDA E PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO	21
2.1. DEFINIÇÕES PARA CICLO DE VIDA DO PRODUTO	21
2.2. VISÃO POR PROCESSOS DE NEGÓCIO	22
2.2.1. <i>Definições</i>	22
2.2.2. <i>Modelagem de Processos de Negócio</i>	23
2.3. DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO	25
2.3.1. <i>Desenvolvimento de Produto: abordagem sequencial</i>	25
2.3.2. <i>Conceito básico da engenharia simultânea</i>	26
2.3.3. <i>Desenvolvimento de Produto: abordagem por processo de negócio</i>	27
2.3.4. <i>Modelos e etapas do desenvolvimento de produto</i>	28
3. GESTÃO DA CONFIGURAÇÃO DE PRODUTO	31
3.1. HISTÓRICO E DEFINIÇÕES	31
3.2. PROCESSOS DA GESTÃO DE CONFIGURAÇÃO	35
3.2.1. <i>Identificação da Configuração</i>	35
3.2.2. <i>Controle da Configuração</i>	38
3.2.3. <i>Atribuição e Controle de Status</i>	39
3.2.4. <i>Verificação e Auditoria</i>	40
3.3. VANTAGENS E DESVANTAGENS DA GESTÃO DE CONFIGURAÇÃO	42
4. PROCESSO DE MUDANÇA DE ENGENHARIA	44
4.1. DEFINIÇÕES PARA O PROCESSO DE MUDANÇA DE ENGENHARIA.....	44

4.2.	MUDANÇA DE ENGENHARIA COMO UM PROCESSO DE NEGÓCIO.....	46
4.3.	GESTÃO DO PROCESSO DE MUDANÇA DE ENGENHARIA.....	47
4.3.1.	<i>Organização para o ECM</i>	48
4.3.2.	<i>Modelos e Atividades</i>	52
4.3.3.	<i>Informação para o ECM</i>	58
4.3.4.	<i>Estratégia de Produto e Produção</i>	62
4.4.	SISTEMAS DE APOIO À GESTÃO DAS MUDANÇAS DE ENGENHARIA.....	69
4.4.1.	<i>Requisitos para os Sistemas ECM</i>	69
4.4.2.	<i>Sistemas de Informação com funcionalidades de ECM</i>	71
4.5.	BENEFÍCIOS DA GESTÃO DO PROCESSO DE MUDANÇA DE ENGENHARIA.....	76
4.6.	CONTROLE DA CONFIGURAÇÃO E O PROCESSO DE MUDANÇA DE ENGENHARIA.....	77
5.	DESENVOLVIMENTO DOS ESTUDOS DE CASO	78
5.1.	SELEÇÃO E APRESENTAÇÃO DOS CASOS.....	79
5.2.	COLETA DOS DADOS	82
5.3.	ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS.....	84
5.3.1.	<i>Empresa A</i>	85
5.3.2.	<i>Empresa B</i>	93
5.3.3.	<i>Empresa C</i>	102
5.4.	COMPARAÇÃO DOS CASOS ESTUDADOS.....	117
5.5.	SÍNTESE DAS PRÁTICAS DE ECM.....	121
6.	CONCLUSÃO	127
6.1.	CONSIDERAÇÕES SOBRE AS PERGUNTAS DA PESQUISA	127
6.2.	CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS	131
7.	ANEXOS	133
	ANEXO A – ROTEIRO DE ENTREVISTA UTILIZADO NOS ESTUDOS DE CASO.....	133
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	138

Lista de Figuras

Figura 1 – Abordagens para classificação de pesquisas científicas	10
Figura 2 – Métodos e procedimentos selecionados	13
Figura 3 – Etapas macro do trabalho	15
Figura 4 – Atividades da pesquisa bibliográfica.....	16
Figura 5 – Fundamentação teórica para o trabalho.....	17
Figura 6 – Planejamento das atividades de cada etapa da pesquisa.....	20
Figura 7 – Definição de processo de negócio	23
Figura 8 – Desenvolvimento de produto: abordagem seqüencial.....	25
Figura 9 – Visão por processo do desenvolvimento de produto.....	27
Figura 10 – Visão das fases e gates do desenvolvimento de produto.....	29
Figura 11 – Modelo para o processo de desenvolvimento de produto do NUMA	31
Figura 12 – Modelo das atividades macro da Gestão de Configuração.....	34
Figura 13 – Processos e habilitadores da gestão de configuração	35
Figura 14 – Modelo das atividades do processo de identificação da configuração.....	37
Figura 15 – Modelo das atividades da Auditoria de Configuração	41
Figura 16 - Atividades chave para o controle das mudanças de engenharia	53
Figura 17 – Impacto da mudança nos custos do produto.....	64
Figura 18 – Exemplo do efeito de mudança de engenharia na BOM.....	65
Figura 19 – Atividades apoiadas pelos sistemas ECM	71
Figura 20 – Tópicos do Roteiro de Entrevista utilizado	84
Figura 21 – Modelo para o Processo de Mudança de Engenharia da <i>Empresa A</i>	87
Figura 22 – Sistemas relacionados com o ECM na <i>Empresa A</i>	92
Figura 23 – Fases do Processo de Mudança de Engenharia da <i>Empresa B</i>	95
Figura 24 – Modelo para o Processo de Mudança de Engenharia da <i>Empresa B</i>	96
Figura 25 – Sistemas relacionados com o ECM na <i>Empresa B</i>	101
Figura 26 – Modelo para o ECM III da <i>Empresa C</i>	106
Figura 27 – Modelo para o ECM I da <i>Empresa C</i>	107
Figura 28 – Modelo para o ECM II da <i>Empresa C</i>	108

Figura 29 – Sistemas de informação para o ECM da <i>Empresa C</i>	115
Figura 30 – Síntese de práticas e conceitos de ECM.	122

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Efeito das mudanças de engenharia na programação do MRP	67
Tabela 2 – Caracterização do Processo de Desenvolvimento de Produto da <i>Empresa A</i> , segundo tipologia proposta por ROZENFELD & AMARAL (1999)	80
Tabela 3 - Caracterização do Processo de Desenvolvimento de Produto da <i>Empresa B</i> , segundo tipologia proposta por ROZENFELD & AMARAL (1999)	81
Tabela 4 - Caracterização do Processo de Desenvolvimento de Produto da <i>Empresa C</i> , segundo tipologia proposta por ROZENFELD & AMARAL (1999)	82
Tabela 5 – Metas e Monitoramento do Ciclo de Vida de uma Mudança	98

Lista de Abreviaturas e Siglas

AMR	<i>Advanced Manufacturing Research</i>
BOM	<i>Bill of Materials</i>
BP	<i>Business Process</i>
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CAPP	<i>Computer Aided Process Planning</i>
CCB	<i>Change Control Board</i>
CD	<i>Configuration Documentation</i>
SE	<i>Concurrent Engineering</i>
CI	<i>Configuration Item</i>
CIM	<i>Computer Integrated Manufacturing</i>
CM	<i>Configuration Management</i>
cPDM	<i>Collaborative Product Definition Management</i>
CSA	<i>Configuration Status Accounting</i>
CVA	<i>Configuration Verification Audits</i>
DoD	<i>Department of Defense</i>
DP	<i>Desenvolvimento de Produtos</i>
EC	<i>Engineering Change</i>
ECM	<i>Engineering Change Management</i>
ECN	<i>Engineering Change Notice</i>
ECO	<i>Engineering Change Order</i>
ECP	<i>Engineering Change Process</i>
ECR	<i>Engineering Change Request</i>
EDC	<i>Engineering Documentation Control</i>
EDM	<i>Electronic Document Management</i>
EIA	<i>Electronics Industry Association</i>
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
ETO	<i>Engineering to Order</i>
FCA	<i>Functional Configuration Audits</i>

MRP	<i>Material Resource Planning</i>
PCA	<i>Physical Configuration Audits</i>
PDM	<i>Product Data Management</i>
PLM	<i>Product Lifecycle Management</i>
SAP	<i>Systems, Applications and Products in Data Processing</i>
STEP	<i>Standard for the Exchange of Product Model Data</i>
TQM	<i>Total Quality Management</i>

RESUMO

HORTA, L.C. (2001) *Caracterização do Processo de Mudança de Engenharia*. São Carlos, 2001. 132p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

A existência de alterações no produto ao longo da sua vida é um fato inevitável. A efetiva gestão dessas mudanças, diante da atual competitividade do mercado, torna-se uma necessidade. O conhecimento dos aspectos relevantes para a gestão do processo de mudança de engenharia permite a obtenção de melhores resultados. Este trabalho procurou caracterizar o processo de mudança de engenharia, analisando suas dimensões, seus aspectos e práticas de gestão. As discussões são embasadas por uma detalhada revisão da literatura e o estudo de três casos práticos em empresas de manufatura. Tratando-se de uma pesquisa aplicada, os resultados deste trabalho podem ser utilizados como referência para as empresas que buscam uma efetiva gestão das mudanças ao longo do ciclo de vida do produto.

Palavras-chave: Gestão das mudanças de engenharia; Controle da configuração de produto; Desenvolvimento de produto

ABSTRACT

HORTA, L.C. (2001) *Characterization of the Engineering Change Process*. São Carlos, 2001. 132p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

The existence of modification in the product along its life cycle is an inevitable fact. The effective management of the changes becomes a necessity, considering the current market competitiveness. The correct understanding about the important aspects of the engineering change process management allows the companies obtain superior results. This research aims at to characterize the process of engineering change, analyzing its dimensions, its aspects and management practices. The discussions are based on a detailed literature review and on the study of three practical cases in manufacturing companies. As an applied research, the results can be used as a reference for the companies looking for an effective engineering change management system along the product life cycle.

Key words: Engineering change management; Configuration control; Product development

1. Introdução

Neste capítulo são apresentados o contexto e justificativas para o trabalho, o objetivo proposto e seu desdobramento nas perguntas da pesquisa, a metodologia referencial adotada, contendo uma breve revisão sobre os tipos de pesquisa, a seleção da abordagem para este trabalho, as etapas para o seu desenvolvimento, bem como suas limitações.

1.1. Contexto e Justificativa do Trabalho

A abertura dos mercados e a conseqüente globalização da economia provocaram uma série de mudanças no setor de manufatura. A exposição a novos mercados, com perfis distintos de clientes, acrescentando ainda a concorrência mundializada, gerou a necessidade de uma maior produtividade, qualidade e variabilidade dos produtos, além da redução de custos e *lead time*, fatores fundamentais para a sobrevivência num mercado cada vez mais competitivo. Esses fatos e a necessidade de se incorporar novas tecnologias a produtos cada vez mais complexos, fazem com que mudanças no produto não possam ser evitadas, seja no seu desenvolvimento ou na produção.

A necessidade da mudança pode surgir de várias fontes, como a identificação de problemas no projeto ou processo de fabricação do produto, melhorias no produto necessárias devido à ação de concorrentes, ou devido às novas exigências dos consumidores, e até mesmo para ajustar o produto a mudanças sazonais do mercado, ou uma nova estratégia da empresa. Assim, a capacidade de incorporar mudanças tornou-se fundamental para habilitar a competitividade.

Para enfrentar esses novos desafios, as empresas devem fazer uso de diversas filosofias, técnicas, metodologias e ferramentas hoje disponíveis para o Processo de Mudança de Engenharia (*Engineering Change Process – ECP*), buscando sua efetiva gestão.

Assim, diante dessa perspectiva, as empresas podem assumir duas estratégias diferentes: deixar que o processo de mudança de engenharia aconteça naturalmente, sem procurar gerenciá-lo, ou então buscar um modelo sistemático para o processo, analisar seus diversos aspectos, identificar e fazer uso de sistemas de informação que o apoiem, enfim, buscar uma efetiva gestão das mudanças de engenharia.

A necessidade de melhoria e resultados concretos fazem com que a segunda estratégia esteja sendo adotada, ou mesmo avaliada, por diversas indústrias de manufatura. Assim, este projeto de pesquisa espera contribuir nesse caminho, disponibilizando informações e análises que apóiem essas empresas na busca da melhoria continua no processo de mudança de engenharia.

A justificativa maior deste trabalho baseia-se no estágio de desenvolvimento dos conhecimentos e publicações referentes ao tema proposto, e sua importância para a competitividade das empresas. Vale ressaltar também que o conhecimento científico tem caráter processual, e como tal, é acumulativo (PÁDUA, 1996). Assim as contribuições desta pesquisa visam ampliar o conhecimento sistematizado sobre o tema.

1.2. Objetivo do Trabalho

Este trabalho tem como objetivo principal caracterizar o processo de mudança de engenharia na indústria de manufatura, levantando os aspectos relevantes para seu gerenciamento. Espera-se também identificar quais sistemas de informação apóiam o gerenciamento desse processo e de que maneira isso é feito.

Para o desdobramento do objetivo nas perguntas, ou problemas científicos, GIL (1991), indica algumas regras que auxiliam sua formulação:

- O problema deve ser formulado como pergunta;
- O problema deve ser claro e preciso;
- O problema deve ser empírico;
- Deve ser suscetível de solução; e,
- Deve ser limitado a uma dimensão viável.

Assim, considerando tais regras, as perguntas advindas dos objetivos deste trabalho e que delimitam seu escopo são apresentadas logo a seguir:

1. Como se caracteriza o processo e a gestão das mudanças de engenharia (ECM) na indústria?

2. Quais são os modelos do processo de mudança de engenharia utilizados pela indústria?
3. Qual a relação entre o processo de mudança de engenharia e o processo de desenvolvimento de produto?
4. Qual a relação entre o processo de mudança de engenharia e o processo de produção?
5. Quais e como os sistemas de informação apóiam a gestão do processo de mudança de engenharia na indústria?

Nos itens 1.3, 1.4 e 1.5 apresenta-se uma discussão sobre a abordagem metodológica adotada para a realização deste trabalho. Partindo-se de um referencial teórico sobre pesquisa científica, seus métodos e aplicabilidade, considerando os objetivos estabelecidos para a pesquisa, e seus desdobramentos nas perguntas de pesquisa, definiu-se um conjunto de métodos e técnicas a ser empregado neste trabalho, e no seu desenvolvimento através do delineamento nas fases e etapas da pesquisa.

1.3. Referencial Teórico para a Metodologia de Pesquisa

Antes da definição da melhor abordagem para a pesquisa, alguns conceitos referentes à metodologia devem ser elucidados. Partindo-se da própria definição do termo pesquisa até uma breve descrição sobre as principais correntes caracterizadas por algumas tipologias propostas, os parágrafos seguintes procuram prover ao pesquisador um referencial teórico básico para um melhor encaminhamento de um trabalho científico.

Diversas definições do termo pesquisa podem ser encontradas na literatura. Segundo DANE (1990), pesquisa é um processo crítico de questionamento e busca por respostas. SILVA & MENEZES (2000) consideram a pesquisa como um conjunto de ações, propostas para encontrar a solução de um problema, que tem por base procedimentos racionais e sistemáticos.

DANE (1990) acrescenta que a formulação das questões, além da busca pelas respostas, também faz parte dos objetivos da pesquisa. Todas as atividades de busca, indagação, investigação, inquirição da realidade, são inerentes ao processo da pesquisa. Através da realização dessas atividades é possível, no âmbito da ciência, elaborar um

conhecimento, ou um conjunto de conhecimentos, que auxilie na compreensão da realidade e oriente as ações na busca pelas respostas (PÁDUA, 1996).

Para que o objetivo fundamental da pesquisa, o de descobrir respostas para problemas, seja atingido, faz-se necessário o emprego de procedimentos científicos. O processo investigatório através do qual busca-se atingir essas respostas, utiliza um conjunto de procedimentos intelectuais e técnicos, conhecidos como método científico (GIL, 1991).

Método científico é o conjunto de processos ou operações mentais que se deve empregar na investigação. É a linha de raciocínio adotada no processo de pesquisa, proporcionando as bases lógicas da investigação (GIL, 1999).

Esses métodos esclarecem acerca dos procedimentos lógicos que deverão ser seguidos no processo de investigação científica. Desenvolvidos a partir de um elevado grau de abstração, possibilita ao pesquisador decidir sobre o alcance de sua investigação, das regras de explicação dos fatos e da validade de suas generalizações (GIL, 1999).

Podem ser incluídos nesse grupo os métodos: dedutivo, indutivo, hipotético-dedutivo, dialético e fenomenológico, denominados por MARTINS (1994) como métodos mais amplos de pesquisa. Cada um deles vincula-se a uma das correntes filosóficas que se propõem a explicar como se processa o conhecimento (GIL, 1999).

- *método indutivo* – proposto pelos empiristas, considera que o conhecimento é fundamentado na experiência, não levando em conta princípios pré-estabelecidos. Parte do particular e coloca a generalização como um produto posterior do trabalho de coleta de dados particulares (GIL, 1999);
- *método dedutivo* – proposto pelos racionalistas, pressupõe que só a razão é capaz de levar ao conhecimento verdadeiro. O raciocínio dedutivo busca explicar o conteúdo das premissas, e obter uma nova decorrente na análise das anteriores. Essa nova premissa é denominada conclusão (GIL, 1999);
- *método hipotético-dedutivo* – proposto por Karl Popper em 1935, permite ao cientista, através de uma combinação de observação cuidadosa e intuição científica, alcançar um conjunto de postulados que governam os fenômenos pelos quais está interessado. A partir disso, por meio de experimentos, o cientista deduz

as conseqüências, e refuta os postulados, substituindo-os por outros (KAPLAN, 1972 *apud* GIL, 1999);

- *método dialético* – fundamentado na dialética proposta por Hegel, pode ser entendido como um método de interpretação da realidade, fundamentando-se nos princípios da unidade dos opostos e da negação da negação. Um estudo mais detalhado encontra-se em (GIL, 1999); e,
- *método fenomenológico* – apresentado por Edmund Husserl, objetiva a descrição direta do fenômeno como ele se apresenta, levando em consideração que o ator interfere no entendimento do fenômeno. Assim, a realidade é resultado da interpretação e compreensão do ator, reconhecidamente importante no processo de construção do conhecimento (GIL, 1999).

O método científico passa a ser o parâmetro para o conhecimento verdadeiro e a experimentação, a fonte de autoridade para a fundamentação do saber. PÁDUA (1996) acrescenta ainda que o método deve cada vez mais ser visto como um instrumental e condição necessária para se estabelecer os limites entre o que é ou não científico.

Diversos dos elementos presentes nos métodos descritos tiveram suas origens nas correntes filosóficas do pensamento contemporâneo, sendo as principais idéias o positivismo, a fenomenologia e o marxismo.

O positivismo tem origem no empirismo, tendo como fundador Augusto Comte, e, sendo suas bases construídas por Bacon, Hobber e Hume. Como característica, tem-se a busca da explicação dos fenômenos através das suas inter-relações e da evidenciação da observação dos fatos, onde a teoria surge da necessidade lógica de relacioná-los. Os métodos indutivo, dedutivo e hipotético-dedutivo possuem na busca pela causalidade, uma marca do pensamento positivista (MARTINS, 1994).

A fenomenologia se preocupa com o estudo dos fenômenos, sendo estes o que aparece à consciência; não se opõe à realidade como uma ficção ou ilusão, nem tão pouco é a expressão de uma coisa em si. Os fenômenos interessam em si mesmos como o dado imediatamente à consciência. O método fenomenológico possui em sua intencionalidade uma característica marcante da fenomenologia (VERA 1983 *apud* MARTINS, 1994).

O marxismo, como tendência do materialismo filosófico, compreende três vertentes principais: o materialismo dialético, o materialismo histórico e a economia política. Entretanto, a base filosófica do marxismo é o materialismo dialético que busca explicações coerentes, lógicas e racionais para os fenômenos da natureza, da sociedade e do pensamento (MARTINS, 1994). O método dialético é uma das leituras desse pensamento.

Diversos autores (GIL, 1999; PÁDUA, 1996) propõem o uso de vários métodos, e não um método em particular, ampliando assim as possibilidades de análise e obtenção de respostas para o problema proposto na pesquisa.

Um aspecto importante da pesquisa é sua classificação, atuando de forma a auxiliar o pesquisador no desenvolvimento das atividades de seu trabalho (PÁDUA, 1996). Existem diversas abordagens possíveis para o estudo do objeto pesquisa e sua aplicabilidade. De acordo com PÁDUA (1996), vários autores têm buscado organizar uma tipologia para as atividades de pesquisa.

SILVA & MENEZES (2000) apresentam uma classificação da pesquisa quanto a sua natureza, sendo possível dois tipos distintos:

- *pesquisa básica* - objetiva gerar conhecimentos novos úteis para o avanço da ciência sem aplicação prática prevista. Envolve verdades e interesses universais; e,
- *pesquisa aplicada* – objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos a solução de problemas específicos. Envolve verdades e interesses locais.

Outra classificação muito utilizada no desenvolvimento de pesquisas organizacionais ou de administração de empresas (MARTINS, 1994), considera os tipos possíveis baseando-se na abordagem do problema, caracterizado de duas maneiras distintas:

- *pesquisa quantitativa* – considera que tudo pode ser quantificável, o que significa traduzir em números opiniões e informações para classificá-los e analisá-los. Requer o uso de recursos e de técnicas estatísticas; e,
- *pesquisa qualitativa* – considera que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a

subjetividade do sujeito que não pode ser traduzido em números. A interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são básicos no processo de pesquisa qualitativa. O ambiente natural é a fonte direta para coleta de dados e o pesquisador é o instrumento chave.

GIL (1991) e DANE (1990) propõem uma taxonomia baseada nos objetivos gerais da pesquisa. Ela pode ser de três tipos:

- *pesquisa exploratória* – visa determinar a existência, ou não, de determinado fenômeno, além de proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito ou a construir hipóteses;
- *pesquisa descritiva* – visa descrever as características de determinado fenômeno, para melhor defini-lo ou diferenciá-lo dos demais. Busca também estabelecer relações entre as variáveis de estudo; e,
- *pesquisa explicativa* – visa identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fenômenos, aprofundando o conhecimento da realidade, pois busca explicar a razão dos fatos. Envolve a análise das relações de causa e efeito entre dois ou mais fenômenos.

DANE (1990), também considera outros dois tipos de pesquisa, ainda classificando quanto aos objetivos:

- *pesquisa preditiva* - objetiva identificar relacionamentos entre variáveis através de especulação, a partir do conhecimento de um fato; e,
- *pesquisa ação* - objetiva agir na solução de um problema de um fenômeno.

Alguns autores (GIL, 1999; PÁDUA, 1996) apresentam métodos de procedimento de pesquisa, utilizados no desenvolvimento do trabalho como parte do ferramental necessário. Esses procedimentos são caracteristicamente técnicos, e podem ser aplicados a vários tipos de pesquisa, cabendo ao pesquisador a seleção do mais adequado, tendo como base para seleção critérios tais como: o método e conceitos envolvidos, a relação com os objetivos da pesquisa etc. Dos principais métodos procedimentais de investigação, destacam-se:

- *pesquisa bibliográfica* – desenvolvida a partir de material já publicado, constituído principalmente de livros e artigos científicos;
- *pesquisa documental* – elaborada a partir de materiais que ainda não receberam tratamento analítico, ou que ainda podem ser re-elaborados;
- *pesquisa experimental* – quando se determina um objeto de estudo, selecionam-se as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definem-se as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto;
- *pesquisa de levantamento (survey)* – desenvolvida a partir da interrogação direta das pessoas cujo comportamento se deseja conhecer. Solicitam-se informações a um grupo significativo de pessoas acerca do problema estudado;
- *pesquisa de estudo de caso* – desenvolvida através do estudo profundo e exaustivo de um ou mais objetos, de maneira que permita o seu amplo e detalhado conhecimento;
- *pesquisa ex-post-facto* – quando o “experimento” se realiza depois dos fatos. Toma-se como experimentais situações que se desenvolveram naturalmente e trabalha-se sobre elas como se estivessem submetidas a controles; e,
- *pesquisa-ação* – com base empírica, é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo (THIOLLENT, 1998); e,
- *pesquisa participante* – desenvolvida a partir da interação entre pesquisadores e membros das situações investigadas.

Outro aspecto importante a ser considerado como parte do ferramental do processo de pesquisa é a definição do instrumento de coleta de dados. Esta definição dependerá dos objetivos que se pretende alcançar com a pesquisa e do universo a ser investigado (SILVA & MENEZES, 2000).

Existem diversas fontes de evidências a partir das quais o investigador pode coletar informações para sua pesquisa. De acordo com YIN (1989) e GIL (1999) temos:

- *documentação*: fonte de informação relevante, contudo é preciso verificar a validade do documento com outras fontes de evidência;

- *registros de arquivos*: são documentos guardados, por algum motivo, de forma sistemática;
- *entrevistas*: uma das mais importantes fontes de informações, podendo ser *estruturada* (roteiro previamente estabelecido) ou *semi-estruturada* (roteiro flexível, permitindo explorar mais amplamente algumas questões), onde as informações são obtidas de um entrevistado;
- *questionário*: constituído de uma série ordenada de perguntas, que devem ser respondidas por escrito pelo informante. Pode ser elaborado com questões *abertas*, *fechadas* ou de *múltiplas escolhas*;
- *formulário*: uma coleção de questões perguntadas e anotadas por um entrevistador numa situação face a face com a outra pessoa;
- *observação*: utiliza-se dos sentidos para a obtenção de dados de determinados aspectos da realidade. Pode ser classificada em: *assistemática* (não tem planejamento e controle previamente elaborados), *sistemática* (tem planejamento, realiza-se em condições controladas para responder aos propósitos pré-estabelecidos), referindo-se a estrutura e desenvolvimento. Tem-se ainda a *observação direta* (por intermédio da visita ao campo, são feitas observações de comportamentos relevantes e condições ambientais, que são uma fonte de informações adicionais) e *observação participativa* (o pesquisador deixa de ser um observador passivo e passa a participar realmente dos eventos), ambos referindo-se a relação entre o observador e o objeto estudado. E quanto as característica do observador: *individual* (realizada por um pesquisador), *em equipe* (feita por um grupo de pessoas), e quanto ao local da coleta: *na vida real* (registro de dados à medida que ocorrem) e *em laboratório* (onde tudo é controlado); e,
- *artefatos físicos*: eles podem físicos ou culturais e coletados ou observados no campo.

SILVA & MENEZES (2000) destacam que a coleta de dados está relacionada com o problema, a hipótese ou os pressupostos da pesquisa, e tem como objetivo fundamental obter elementos que permitam alcançar os objetivos propostos na pesquisa.

As tipologias, bem como todo arsenal de procedimentos e técnicas (vide Figura 1), surgiram para auxiliar o desenvolvimento das atividades de pesquisa. O emprego da metodologia científica garante a confiabilidade e a repetibilidade do procedimento que levou à busca da solução, mas não garante a chegada à solução (MARTINS, 2000). Ainda torna-se fundamental compreender a realidade em seus diversos aspectos, envolvendo o uso de diferentes recursos, enfoques, níveis de aprofundamento para atingir os resultados pretendidos no trabalho do pesquisador (DANE, 1990).

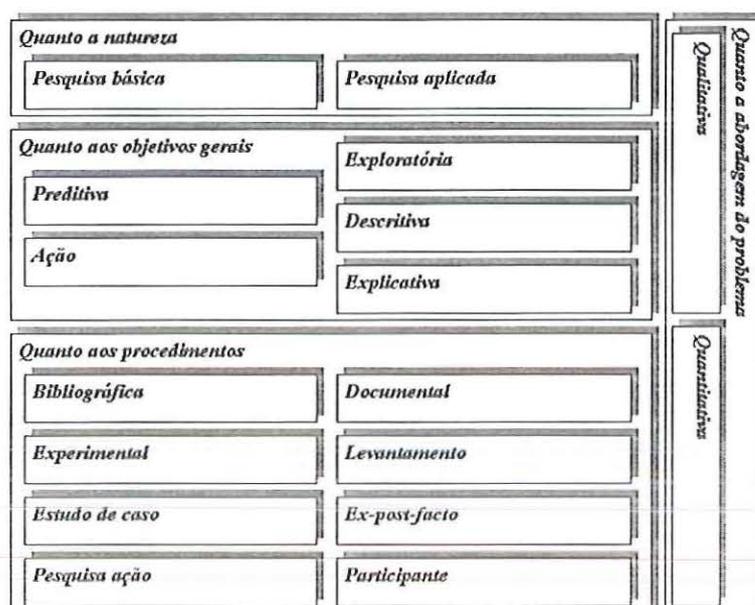


Figura 1 – Abordagens para classificação de pesquisas científicas

Diante do referencial teórico apresentado, e dos objetivos propostos para esta pesquisa, analisou-se o método mais amplo, ou método científico, e classificou-se a pesquisa considerando suas características, determinando o método procedimental, os instrumentos de coleta de dados, e etc., planejando todo o delineamento do trabalho. Vale ressaltar que o método provê diretrizes ao invés de prescrições rígidas de como uma pesquisa deve ser conduzida (REMENYI & WILLIAMS, 1995). E a simples aplicação rigorosa das técnicas, não resulta em pesquisas “melhores” ou “piores” (PÁDUA, 1996).

1.4. Seleção da Abordagem da Pesquisa

A adoção de um ou outro método depende de muitos fatores: da natureza do objeto que se pretende pesquisar, dos recursos disponíveis, do nível de abrangência do estudo, e, sobretudo da inspiração filosófica do pesquisador (GIL, 1999).

O atendimento do objetivo fundamental do trabalho, ou seja, chegar a uma solução científica, deve ter no método um modelo de raciocínio lógico útil em todo o transcorrer do trabalho, além de propiciar um melhor planejamento do trabalho, visto que determinadas práticas ou técnicas são mais adequadas para certos tipos de pesquisa.

O método científico busca primordialmente sistematizar o processo de criação do conhecimento humano, tendo surgido a partir desse questionamento filosófico. Este trabalho buscou a sistematização dos conhecimentos e a elaboração de conclusões, caracteristicamente marcadas pelo pensamento positivista.

Do ponto de vista da natureza, esta pesquisa possui uma característica aplicada, não se propondo a gerar novas teorias, leis ou modelos que possibilitem o avanço da ciência, sem uma aplicação prática prevista. Esse caráter prático é justificado na busca por uma solução científica sobre problemas específicos relacionados a um fenômeno conhecido – *o processo de mudança de engenharia* -, e construção de conhecimento prático a partir das conclusões resultantes.

Para a seleção da melhor abordagem de pesquisa, YIN (1989) apresenta quatro critérios de apoio:

- adequação do método aos conceitos envolvidos;
- adequação em relação aos objetivos da pesquisa;
- validade de construção, interna e externa; e,
- confiabilidade.

Da análise desses critérios, bem como da própria característica deste trabalho, conclui-se que a abordagem qualitativa atenderá aos objetivos pretendidos, visto que a pesquisa qualitativa se preocupa com o entendimento do significado dos fenômenos e processos. PADUA (1996) acrescenta que quando se pretende aprender sobre a dinâmica de um processo, a abordagem qualitativa é a mais adequada.

A pesquisa qualitativa é, segundo MARTINS (1994), um guarda-chuva que abriga uma série de técnicas de interpretação que procuram descrever, decodificar, traduzir e qualquer outro termo relacionado com o entendimento e não com a frequência de ocorrência de determinado fenômeno.

De acordo com BRYMAN (1989) *apud* MARTINS (1994), a pesquisa de natureza qualitativa apresenta algumas características, como o ambiente natural ser a

fonte direta de dados e o pesquisador seu instrumento fundamental, além da possibilidade de serem utilizadas múltiplas fontes de dados.

Em relação aos objetivos pretendidos por esta pesquisa, tendo como referência os conceitos e classificações discutidas no item 1.3, mais especificamente a taxonomia proposta por GIL (1991) e DANE (1990) baseada nos objetivos gerais da pesquisa, classificou-se este trabalho como descritivo. Este tipo de pesquisa é característico do positivismo.

Para tal foram utilizados os critérios propostos por MARTINS (1994), sendo esses a análise do objetivo principal, a fase de desenvolvimento do assunto, as condições de manipulação do objeto de estudo e as variáveis consideradas de interesse.

Na revisão bibliográfica preliminar, realizada no início do trabalho com o objetivo de conhecer o tema de estudo, identificou-se que já existe uma boa base de conhecimento sobre o assunto, e como o objetivo deste trabalho na essência é estudar e descrever um processo, vivenciado dentro do ambiente industrial, concluiu-se que a melhor forma de pesquisa seria a descritiva.

Para a seleção do método procedimental da pesquisa, utilizaram-se como critérios a dificuldade de obtenção de dados, o nível de precisão desejado, os recursos materiais disponíveis ao investigador, e etc., resultando no estudo de caso como o mais adequado para esta pesquisa.

De acordo com CHIZZOTI (1998), o estudo de caso é uma caracterização abrangente para designar uma diversidade de pesquisas que coletam e registram dados de um caso particular, ou de vários casos, a fim de organizar um relatório ordenado e crítico de uma experiência, ou então para avaliá-lo analiticamente.

Para EISENHARDT (1989), o estudo de caso é uma estratégia de pesquisa que foca no entendimento da dinâmica de um caso particular. DANE (1990) acrescenta que este tipo de pesquisa envolve o exame de um fenômeno com o objetivo de defini-lo de forma mais ampla, bem como avaliar as alternativas existentes.

Assim, a escolha do estudo de caso como método para o desenvolvimento deste trabalho é adequada, pois, de acordo as definições apresentadas, essa estratégia de pesquisa possibilita atingir o objetivo de caracterizar um determinado fenômeno (processo de mudança de engenharia) dentro de um ambiente complexo (todo o ciclo de

vida do produto), considerando um caso particular, ou mesmo vários (empresas-exemplo da indústria de manufatura), caso as variáveis selecionadas para o estudo não estejam disponíveis em um caso específico.

A Figura 2 apresenta a metodologia selecionada para esta pesquisa, considerando as classificações apresentadas no item 1.3.

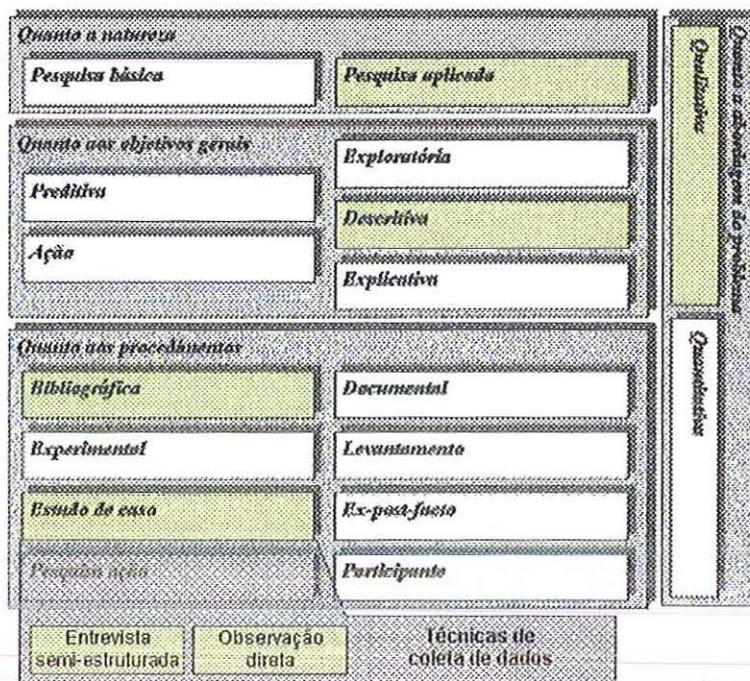


Figura 2 – Métodos e procedimentos selecionados

Para o levantamento das informações pertinentes a esta pesquisa foram selecionadas as seguintes técnicas de coleta de dados: observação direta sistemática do fenômeno em campo e o uso de entrevistas semi-estruturadas, também conhecida como entrevista por pauta (GIL, 1991).

GIL (1999) apresenta algumas vantagens da coleta de dados através da observação:

- possibilita a obtenção de elementos para a definição de problemas de pesquisa;
- favorece a construção de hipóteses acerca do problema pesquisado; e,
- facilita a obtenção de dados sem produzir efeitos indesejáveis no ambiente estudado.

Com relação ao uso de entrevistas, GIL (1999) também cita alguns benefícios da técnica:

- a entrevista possibilita a obtenção de dados referentes aos mais diversos aspectos relevantes para a pesquisa;
- oferece flexibilidade, visto que o entrevistador pode esclarecer o significado das perguntas e adaptar-se mais facilmente às pessoas e às circunstâncias em que se desenvolve a entrevista; e,
- possibilita captar a expressão corporal do entrevistado.

A entrevista é baseada em um roteiro, contendo uma relação de questões a serem seguidas pelo investigador. BAKER (1988) *apud* GIL (1999) apresenta algumas regras gerais referentes à elaboração do roteiro da entrevista, tais como:

- as instruções para o entrevistador devem ser elaboradas com clareza, contendo informações como tempo, local, circunstâncias etc.;
- as questões devem ser elaboradas de forma a possibilitar uma fácil leitura do entrevistador e entendimento pelo entrevistado;
- questões potencialmente ameaçadoras devem ser elaboradas de forma a permitir que o entrevistado responda sem constrangimento; e,
- a ordem das questões deve garantir a manutenção do interesse do entrevistado.

Além da coleta de dados a partir do estudo de caso, a literatura é outra grande fonte de informação para este trabalho, através da pesquisa bibliográfica. Esta foi conduzida durante praticamente todo o projeto, sendo utilizada com o intuito de propiciar um melhor entendimento do tema e de sua evolução histórica, buscando uma melhor localização do estado da arte e um embasamento teórico para o desenvolvimento da pesquisa como um todo (DANE, 1990). As fontes bibliográficas utilizadas são livros de referência e publicações periódicas.

Segundo GIL (1991), uma das principais vantagens desse tipo de pesquisa é permitir uma visão mais ampla do objeto de estudo da pesquisa. Porém, ressalta-se a necessidade da avaliação crítica do pesquisador sobre as fontes utilizadas, analisando o contexto em que foram desenvolvidas, buscando incoerências e valendo-se de diversas

referências para identificar possíveis contradições ou mesmo pontos relevantes. Tudo com o intuito de assegurar a qualidade da pesquisa.

Tendo selecionado o método, os procedimentos e técnicas de coletas de dados, foi desenvolvido o planejamento de toda a pesquisa.

1.5. Etapas da pesquisa

O desenvolvimento deste trabalho foi dividido em cinco etapas principais, como apresentado na Figura 3, sendo elas: Planejar Pesquisa, Coletar Dados, Analisar Dados e Formalizar Resultados. Além destas, existe outra etapa de Pesquisar Bibliografia, concorrente a três das demais.



Figura 3 – Etapas macro do trabalho

Pesquisar Bibliografia

Os objetivos desta etapa foram de evitar a duplicidade de pesquisa, evitar problemas ocorridos em trabalhos anteriores, determinar a contribuição da pesquisa para o conhecimento do tema, e obter a fundamentação teórica para o desenvolvimento do trabalho (DANE, 1990). Dentro dessa etapa, selecionou-se as bases de dados com informações bibliográficas relevantes para o trabalho e disponíveis para o pesquisador, identificou-se as principais palavras-chave, os principais periódicos sobre o tema, e os autores com publicações relacionadas com o assunto, elaborando a estratégia de busca nas bases de dados. Executou-se as buscas resultando nas fontes para a pesquisa, localizou-se as fontes, obteve-se o material, procedeu-se com a leitura e posterior estudo detalhado do material. Após a leitura, a estratégia de busca foi refinada. Essas atividades ocorreram durante boa parte do projeto (vide Figura 4).

Vale ressaltar que além da sistemática descrita, outras fontes de informações informais apoiaram o desenvolvimento da pesquisa. Essas fontes informais foram outros pesquisadores da área que indicaram referências relevantes para o trabalho, constituindo uma fonte importante de informação.



Figura 4 – Atividades da pesquisa bibliográfica

O embasamento teórico necessário para o desenvolvimento deste trabalho restringiu-se aos seguintes objetos de estudo: ciclo de vida do produto, visão orientada a processos de negócio, gestão da configuração do produto, o processo de desenvolvimento de produto e o processo de mudança de engenharia (vide Figura 5).

Como resultado desta etapa, obteve-se uma revisão dos assuntos selecionados, com especial ênfase ao fenômeno proposto para o estudo. Os capítulos 2, 3 e 4 apresentam, respectivamente, uma revisão sobre ciclo de vida do produto e seu processo de desenvolvimento, a gestão de configuração de produto e, por fim, uma descrição do estado da arte sobre o processo de mudança de engenharia.

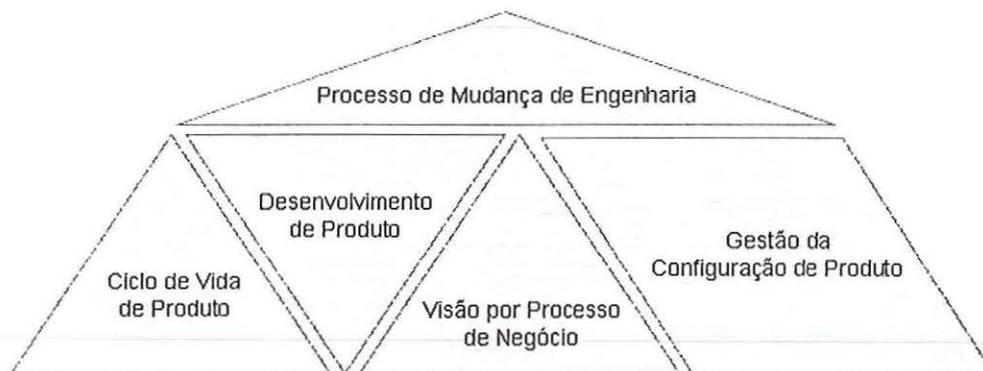


Figura 5 – Fundamentação teórica para o trabalho

Planejar Pesquisa

Esta fase compreendeu a definição do objetivo, das perguntas de pesquisa e de toda a abordagem metodológica a ser empreendida, em relação a métodos, procedimentos e técnicas, planejando todo o delineamento das atividades. Selecionou-se a técnica de coleta de dados, neste caso a entrevista semi-estruturada. A partir do embasamento teórico obtido através da pesquisa bibliográfica, elaborou-se um roteiro para condução das entrevistas (vide Anexo A). Em seguida foi realizado um teste, procurando com isso evitar possíveis falhas de redação e entendimento do entrevistado, além de propiciar uma avaliação se o roteiro proposto atendia aos requisitos necessários para o desenvolvimento do estudo. Em seguida, iniciou-se o processo de seleção e negociação com possíveis empresas para o desenvolvimento da pesquisa, baseando-se em critérios como setor da empresa, desenvolvimento das práticas de ECM, e, sobretudo, a disponibilidade em contribuir com uma pesquisa científica, procurando assim atender a todas as variáveis necessárias para o desenvolvimento do trabalho.

Devido a várias especificidades inerentes ao processo de mudança de engenharia e sua gestão, avaliou-se necessário o estudo de vários casos. EISENHARDT (1989) propõe que quando as variáveis não são encontradas em um único caso, deve-se considerar o estudo de vários casos. Ao final, esta pesquisa analisou três casos distintos.

O desenvolvimento do roteiro para a entrevista semi-estruturada foi desenvolvido de acordo com as considerações propostas por GIL (1999). Em relação ao conteúdo das questões, buscou-se avaliar todas as dimensões do processo de mudança de engenharia,

buscando identificar as práticas efetivas da gestão, além dos benefícios obtidos, indicadores de desempenho, sistemas de informação, propostas de melhorias e etc.

Coletar Dados

Esta etapa envolveu as atividades de coleta dos dados a partir das entrevistas e da observação direta do investigador em campo.

Definidas as empresas a serem analisadas, buscou-se a identificação das pessoas melhor capacitadas para responder as questões do roteiro. O procedimento utilizado para a seleção foi a indicação de pessoas pelos próprios facilitadores da pesquisa. Assim, em cada caso, todos os entrevistados possuíam um envolvimento direto com as práticas de ECM, e considerados aptos a contribuir com a pesquisa.

O número de entrevistados para cada caso foi definido juntamente com os facilitadores da pesquisa, considerando principalmente a complexidade do caso e a disponibilidade dos envolvidos. Maiores informações sobre a seleção dos casos e dos entrevistados encontra-se no item 5.1.

A entrevista, como técnica de coleta de dados, é um meio muito flexível de obter as informações desejadas. Assim, por diversas vezes no decorrer das entrevistas, o entrevistador pôde enfatizar determinados pontos nos quais o entrevistado demonstrava um maior conhecimento.

Elucidadas algumas limitações próprias da entrevista em alguns trabalhos (GIL, 1991; GIL, 1999; PÁDUA, 1996), procurou-se minimizar as possíveis falhas, e, sobretudo, eliminar a influência das opiniões pessoais do entrevistador sobre as respostas do entrevistado. Entretanto, o entrevistador assumiu o papel de estimular as respostas com o intuito de obter dados mais precisos.

Todas as respostas foram registradas no momento da entrevista através de anotações feitas pelo entrevistador. Os entrevistados estavam cientes da neutralização *a posteriori* de todas as colocações feitas, assegurando o anonimato e permitindo maior nível de segurança para a realização de afirmações e uso de exemplos.

A outra técnica utilizada para a coleta de dados foi a observação, permitindo ao observador a percepção dos fatos diretamente, sem qualquer intermediação, minimizando a subjetividade do processo investigatório.

Em todos os casos, diversas práticas de ECM foram apresentadas ao pesquisador, possibilitando a identificação dos participantes, a análise de artefatos etc., ou seja, provendo subsídios para um melhor entendimento dos dados coletados nas entrevistas. Maiores informações sobre o desenvolvimento da coleta de dados encontra-se no item 5.2.

Finalizada a coleta dos dados, iniciou-se etapa de Analisar Dados, elaborando as conclusões obtidas.

Analisar Dados

A partir dos dados coletados, realizou-se uma atividade de transcrição das informações com o intuito de melhor formular as anotações bem como neutralizar qualquer afirmação feita durante as entrevistas.

Em seguida, cada caso foi descrito considerando as dimensões analisadas para a caracterização das mudanças de engenharia como um processo de negócio. Essa descrição encontra-se no item 5.3 e uma comparação entre os casos é apresentada no item 5.4.

Uma análise mais detalhada da descrição dos casos foi realizada com o propósito de identificar pontos relevantes para uma comparação com as informações obtidas a partir da pesquisa bibliográfica, considerando sempre as dimensões propostas por ROZENFELD (1997) para os processos de negócios.

A partir da comparação entre os casos e a literatura, algumas conclusões foram formuladas. Iniciou-se então a etapa de relatar os resultados.

Relatar Resultados

Nesta etapa os resultados e conclusões da pesquisa, bem como todo seu processo, foram compilados e relatados na forma de uma dissertação de mestrado. Adiciona-se aos relatos o desenvolvimento de uma síntese para as práticas de ECM, formalizada como um modelo teórico a partir do entendimento do pesquisador. O modelo é apresentado no capítulo 5 e ilustrado na Figura 30.

A Figura 6 apresenta uma síntese das principais atividades planejadas para cada etapa da pesquisa.

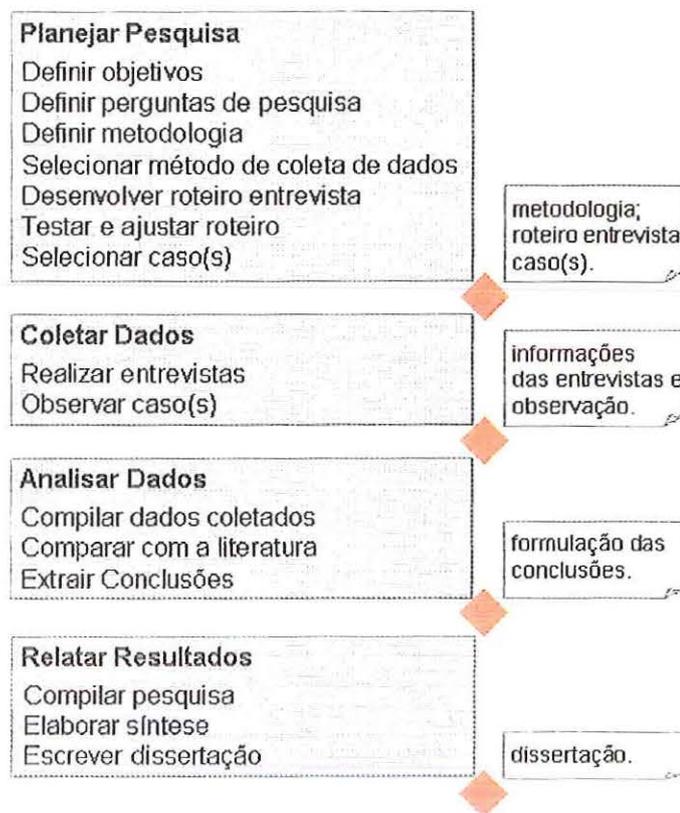


Figura 6 – Planejamento das atividades de cada etapa da pesquisa

Resumo da Abordagem Metodológica desta Pesquisa

Esta pesquisa possui uma natureza aplicada. Quanto aos objetivos, trata-se de uma pesquisa caracteristicamente descritiva, segundo uma abordagem qualitativa.

O estudo de caso foi selecionado com método procedimental da pesquisa, adotando-se como técnicas para coletas de dados a entrevista semi-estruturada, ou com pauta. Além desta, a técnica de observação direta foi utilizada durante as visitas nos casos estudados.

1.6. Limitações do Trabalho

A principal limitação deste trabalho relaciona-se com a diversidade dos possíveis modelos e práticas para a gestão das mudanças de engenharia. Isto se deve a estreita

relação entre o ECM e o tipo de empresa. Um estudo considerando uma tipologia de empresas resolveria a questão, porém foge do escopo desta pesquisa.

Outra limitação discutível é o procedimento de pesquisa selecionado, como apresentado no item 1.4, ser o estudo de caso, impondo restrições quanto a generalização de algumas conclusões. De acordo com DANE (1990), a pesquisa realizada em campo não é mais ou menos válida que qualquer outro método, porém como qualquer outro tipo de pesquisa ela possui algumas limitações. EISENHARDT (1989) descreve um processo de construção de conhecimento a partir do estudo de caso.

A técnica de coleta de dados selecionada (entrevista semi-estruturada) possui diversas limitações, como a possibilidade de fornecimento de respostas falsas, determinadas por razões conscientes ou não; a influência exercida pelo aspecto pessoal do entrevistador sobre o entrevistado; a influência das opiniões pessoais do entrevistador sobre as respostas do entrevistado, dentre outras (GIL, 1999).

Diversas medidas foram tomadas para evitar erros decorrentes do processo de entrevista e da interpretação das informações coletadas, porém essas medidas apenas minimizam sua ocorrência.

2. Ciclo de Vida e Processo de Desenvolvimento de Produto

Neste capítulo são apresentados conceitos relacionados com o ciclo de vida do produto, visão orientada a processos de negócio e desenvolvimento de produto, com ênfase na engenharia simultânea.

2.1. Definições para Ciclo de Vida do Produto

De acordo com a definição proposta por BOURKE (2000), Ciclo de Vida do Produto compreende todas as fases de existência de um produto, constituído desde a concepção, definição, produção, entrega, manutenção, até a retirada do mercado. Os ciclos podem variar de alguns meses a vários anos, dependendo das características do produto e do mercado.

Uma das evidências mais fortes dos últimos anos é a importância do “tempo” como uma arma competitiva (HEGDE *et al*, 1992). Com a fragmentação do mercado, as preferências e necessidades dos consumidores mudaram rapidamente, além da consciência pela qualidade, fazendo com que as empresas confrontassem com um novo

desafio: projetar e produzir com uma grande variedade de ofertas, entregar rapidamente e assessorar eficientemente o cliente. Logo, reduzir *lead time* e custos de manufatura tornaram-se fundamentais para atingir tal desafio (HEGDE *et al*, 1992).

Nesse sentido, o ciclo de vida dos produtos está ficando cada vez menor, o que valoriza a habilidade de desenvolver produtos em um prazo mais curto, maximizando as oportunidades do mercado (PIKOSZ & MALMQVIST, 2000).

Além do aumento da complexidade do produto, aumentando as dificuldades de desenvolvimento, ALTING & LEGARTH (1995) demonstram a preocupação da indústria na estratégia de projeto do ciclo de vida, com ênfase especial no projeto para baixo consumo de energia na fase de uso ou projeto para desmontagem. Pontos considerados fundamentais para a satisfação de um consumidor cada vez mais preocupado com o respeito ao meio ambiente.

Desde a primeira idéia do produto até sua retirada do mercado, esse acaba sendo um objeto tratado por vários processos de negócio. O conceito de processos de negócio, bem como sua modelagem é discutida logo a seguir.

2.2. Visão por Processos de Negócio

2.2.1. Definições

Segundo ROZENFELD (1997), um Processo de Negócio (*Business Process – BP*) é um fenômeno que ocorre dentro das empresas. Ele contém um conjunto de atividades, associadas às informações manipuladas, utilizando os recursos e a organização da empresa. Forma uma unidade coesa e deve ser focalizado em um tipo de negócio, que normalmente está direcionado a um determinado mercado/cliente, com fornecedores bem definidos (vide Figura 7). DAVENPORT (1994) acrescenta a necessidade de indicadores de desempenho para a gestão de um processo de negócio.

VERNADAT (1996) define processo de negócio de uma maneira mais sistêmica, como uma seqüência (ou um conjunto parcialmente ordenado) de atividades da empresa, onde sua execução é iniciada através de um evento e ao final, acaba resultando em algum resultado observável ou mesmo quantificável.



Figura 7 – Definição de processo de negócio

(Fonte: ROZENFELD, 1996).

Visualizar a empresa através de seus processos de negócios permite um melhor gerenciamento dos recursos, da organização, das informações e mesmo das atividades inerentes a cada processo, visto que possibilita a formalização de uma visão sistemática desses elementos, permitindo identificar compartilhamentos por mais de um processo (ROZENFELD, 1996).

GARVIN (1995) acrescenta que essa visão sistemática dos processos pode ser obtida através de seu mapeamento, permitindo seu uso como referência para diversas abordagens de melhoria das empresas - como *Total Quality Management (TQM)* e Reengenharia -, para a implantação de sistemas de gestão empresarial, ou mesmo permitir uma visão de todo o negócio, denominada por ROZENFELD (1997) como possuir uma visão holística do negócio (ZANCUL, 2000).

O mapeamento dos processos torna essa visão holística mais tangível para todos os envolvidos com a empresa. Pode ser feito através de diversos formalismos. A seguir apresentam-se algumas definições sobre modelagem de processos de negócio, bem como sua aplicação e técnicas de representação.

2.2.2. Modelagem de Processos de Negócio

VERNADAT (1996) define modelo como uma representação útil de algo. É uma abstração da realidade expressa em termos de um formalismo definido por um método de modelagem que atenda aos objetivos de um usuário. O mesmo autor apresenta o processo de modelagem como um conjunto de atividades a serem executadas no sentido de criar

um ou mais modelos de algo, com o objetivo de representar, comunicar, analisar, projetar, facilitar a tomada de decisão, ou então para controle.

Considerando a modelagem de processos de negócio, KELLER & TEUFEL (1998) acrescentam que o principal objetivo de modelar é aumentar a transparência dos relacionamentos nas organizações orientadas a processos, concentrando-se nos componentes relevantes à análise e seus respectivos relacionamentos.

Assim, modelo de empresa torna-se um tipo específico de modelo formado por um conjunto de modelos que procuram representar as diferentes visões da empresa. É formado por um conjunto consistente e complementar de modelos descrevendo vários aspectos de uma organização e que tem por objetivo auxiliar um ou mais usuários de uma empresa em algum propósito estabelecido (VERNADAT, 1996).

O modelo é dividido em visões, que podem ser tratadas com certa independência, com o intuito de reduzir a complexidade de modelagem (SCHEER, 1998). Por exemplo, o modelo de um processo pode ser representado por quatro visões: dados, atividades, organização e recursos. Por outro lado, com a modelagem é possível simplificar a descrição dos processos abstraindo fatos complexos (KELLER & TEUFEL, 1998).

Para a modelagem dessas visões são utilizados alguns formalismos, denominados métodos de modelagem (BREMER, 1995) ou construtores (VERNADAT, 1996). Esses possuem uma sintaxe e semântica que permitem uma representação precisa de algo. Diversos são os métodos de modelagem disponíveis, porém, segundo VERNADAT (1996), ainda não existe nenhum que seja completo.

O *Internacional Benchmarking Clearinghouse* (IBC, 1997) propõe um *framework* contendo diversas classes de processos de negócio. Este trabalho envolveu mais de 80 organizações, propondo-se a estabelecer um *benchmark* de um modelo de empresa genérico. As classes são formadas por processos, detalhados em três níveis de abstração. Vários desses processos tratam diretamente com o produto, ao longo de seu ciclo de vida. Destes, o mais fortemente relacionado ao produto e sua gestão é o processo de desenvolvimento de produto. Na seção seguinte, discutem-se o desenvolvimento de produto segundo algumas abordagens, além das suas etapas constituintes e alguns conceitos básicos sobre a filosofia da engenharia simultânea.

2.3. Desenvolvimento de Produto

Diante do aumento da concorrência, das inovações tecnológicas e novos requisitos de consumidores, cada vez mais exigentes, as empresas acabam sofrendo uma grande pressão para melhorar a performance do seu desenvolvimento de produto (SMITH & EPPINGER, 1997).

Várias abordagens utilizadas ao longo do tempo evoluíram de maneira a suportar a valorização do desenvolvimento como arma competitiva, e notavelmente fundamental para o sucesso de uma empresa.

Na seqüência são apresentadas duas dessas abordagens: a seqüencial e a por processo.

2.3.1. Desenvolvimento de Produto: abordagem seqüencial

Para desenvolver um novo produto são necessárias diversas atividades, envolvendo conhecimentos de diversas áreas. Na abordagem seqüencial, também conhecida como método da chaminé, cada estágio tem de ser completado para que o seguinte tenha início (SYAN & MENON, 1994). A Figura 8 ilustra esse conceito.

Como resultado temos ciclos de desenvolvimento de produtos excessivamente longos (PRASAD, 1996). E sendo o tempo de mercado hoje mais do que uma vantagem, uma necessidade competitiva, a adoção dessa abordagem pode acarretar em resultados insatisfatórios e dificuldades de mercado para as empresas (STALK, 1988).

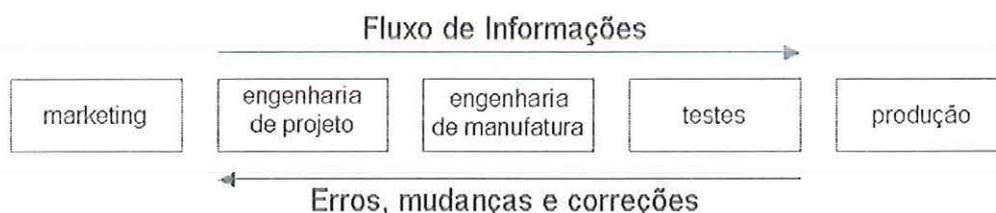


Figura 8 – Desenvolvimento de produto: abordagem seqüencial
(adaptado de SYAN & MENON, 1994)

Além disso, o processo de desenvolvimento de produto seqüencial faz com que muitas alterações aconteçam tardiamente (ROZENFELD, 1996). Considerando que as escolhas ocorridas no início do desenvolvimento representam de 60 a 95% do custo final

do produto, a abordagem seqüencial acaba por si só adicionando custo ao produto, visto que essas escolhas tardarão a serem validadas, verificadas ou mesmo corrigidas (SYAN & MENON, 1994). Um exemplo claro disso é apresentado por PRASAD (1996), onde o desenvolvimento seqüencial faz com que uma parte significativa dos custos de manufatura seja decidida antes dos processistas começarem a fazer parte do projeto.

A abordagem seqüencial de desenvolvimento de produtos prevaleceu durante os anos 50 e 60, mas continua sendo amplamente empregada pelas empresas (CLAUSING, 1994). Os resultados obtidos da adoção dessa abordagem foram na maioria inadequados e obsoletos (HAUPTMAN & HIRJI, 1996).

Evidências acadêmicas e práticas demonstram o sucesso de outra abordagem para o desenvolvimento de produto, estruturada como um processo, baseando-se também na filosofia da engenharia simultânea (HAUPTMAN & HIRJI, 1996), discutida logo a seguir.

2.3.2. Conceito básico da engenharia simultânea

Em 1982 foi iniciado um estudo, conduzido pelo DARPA (*Defense Advanced Research Project Agency*), sobre formas de se aumentar o grau de paralelismo das atividades de desenvolvimento de produtos (SYAN & MENON, 1994). O resultado desse trabalho, publicado em 1988, definiu o termo Engenharia Simultânea.

SYAN & MENON (1994) acrescentam que engenharia simultânea também é conhecida por outros nomes, como engenharia concorrente, projeto concorrente, desenvolvimento de produto integrado e projeto em time. Neste trabalho adotou-se o termo mais comumente utilizado: engenharia simultânea (*Simultaneous Engineering – SE*).

Diversas são as definições para SE, como a de CARTER & BAKER (1992), definindo como uma abordagem sistemática para o desenvolvimento concorrente e integrado de produtos, incluindo manufatura e manutenção. O objetivo dessa abordagem é fazer com que seja considerado todos os elementos do ciclo de vida do produto, do conceito até a obsolescência, incluindo qualidade, custo, planejamento e requisitos.

A execução das atividades de projeto de maneira paralela propicia uma melhor comunicação entre as áreas, maior qualidade dos processos de produção e maior

rentabilidade do produto. Além disso, a redução do *time to market*, resultado da adoção da SE, possui uma importância estratégica, permitindo que a empresa aumente sua participação no mercado (SYAN & MENON, 1994).

REIDELBACH (1991) propõe que a adoção da engenharia simultânea é um fator para o aumento de mudanças de engenharia. Isto aconteceria devido à execução de atividade com informações ainda não consolidadas.

O paralelismo proposto pela engenharia simultânea está presente no desenvolvimento de produto, segundo a abordagem por processo de negócio, discutida a seguir.

2.3.3. Desenvolvimento de Produto: abordagem por processo de negócio

De acordo com McGRATH *et al.* (1992), muitas razões fazem com que o potencial do processo de desenvolvimento de produtos permaneça inexplorado. A principal razão é não considerá-lo um processo, dificultando a visualização e gestão de todas as duas dimensões de maneira integrada.

Segundo a definição de CLARK & FUJIMOTO (1991), desenvolvimento de produto é o processo em que uma organização transforma dados sobre oportunidades de mercado e possibilidades técnicas em bens e informações para a fabricação de um produto comercial.

De acordo com PUGH (1978), desenvolvimento de produto consiste na atividade sistemática necessária desde a identificação do mercado/necessidades dos usuários até a venda de produtos capazes de satisfazer estas necessidades – uma atividade que engloba produto, processos, pessoas e organização.

A Figura 9 ilustra o desenvolvimento de produto, segundo o conceito de processo, atravessando as áreas funcionais de uma empresa.



Figura 9 – Visão por processo do desenvolvimento de produto

CLARK & FUJIMOTO (1991) consideram que o desempenho de uma empresa, em relação ao desenvolvimento de produtos, pode ser avaliado por três parâmetros básicos: qualidade, tempo e produtividade. A otimização desses parâmetros propicia o aumento da capacidade de uma empresa em atrair e satisfazer seus clientes, aumentando sua participação no mercado, e aumentando a competitividade de seus produtos.

Dentro dessa abordagem por processo de negócio, o desenvolvimento de produto apoiado pela engenharia simultânea permite:

- Redução do tempo de desenvolvimento de um novo produto;
- Melhor controle dos custos de projeto e manufatura;
- Melhoria na qualidade do produto;
- Redução dos custos de manufatura;
- Promover o espírito de trabalho em times, dentre outras (SYAN & MENON, 1994).

A abordagem por processo de negócio, para o desenvolvimento de produto, permite uma gestão integrada de todos os objetos compartilhados com os outros processos da empresa. E sua modelagem, representando as diversas etapas de que é constituído facilita o planejamento e gestão das atividades durante um projeto. A seguir são discutidas as etapas de três dos diversos modelos para o processo de desenvolvimento de produto disponíveis na literatura.

2.3.4. Modelos e etapas do desenvolvimento de produto

Diversos autores propõem modelos dividindo o processo de desenvolvimento em algumas etapas, ou fases. ROSENTHAL (1992) apresenta um modelo contendo cinco fases, reproduzido na Figura 10, sendo a fase 0, *validação da idéia*, correspondendo a identificação, esboço e refinamento inicial de uma idéia para um novo produto. A fase 1, o *projeto conceitual*, procura-se validar a viabilidade do novo negócio, analisando as características do mercado, o plano estratégico da empresa e etc. Na fase 2, de *especificação e projeto*, são detalhadas as especificações técnicas do novo produto, bem como os processos de produção. A fase 3, de *produção de protótipo e testes*, procura validar as especificações definidas anteriormente, e verificar a estabilidade do projeto. Na última fase, de *manufatura*, o produto já está pronto para ser comercializado, incluindo

uma considerável quantidade de atividade de marketing associada aos planos de venda, canais de distribuição e transição da responsabilidade do time de desenvolvimento para outros times.

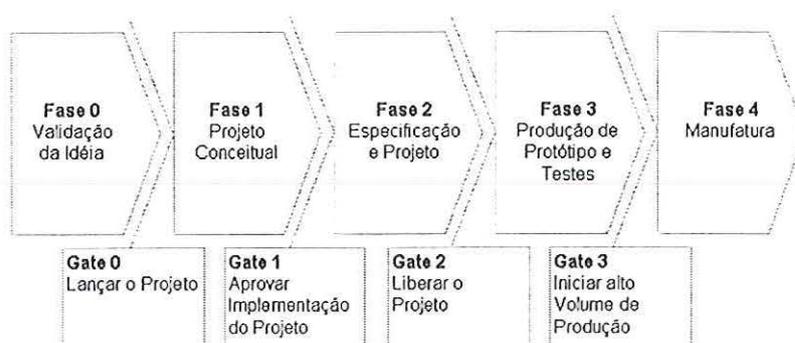


Figura 10 – Visão das fases e gates do desenvolvimento de produto.

(Adaptado de ROSENTHAL, 1992).

Para cada transição de fase, ROSENTHAL (1992) propõe a aplicação de um *quality gate*. Estes são definidos como pontos do desenvolvimento de produtos nos quais são realizadas revisões de qualidade do produto e do processo de desenvolvimento. Em cada *quality gate*, o produto e o processo são avaliados em relação a parâmetros pré-estabelecidos (COOPER, 1994).

Outro modelo para o desenvolvimento de produto, apresentado por CLARK & WHEELWRIGHT (1992), divide o processo em quatro fases: desenvolvimento do conceito, planejamento do produto, engenharia do produto/processo e finalmente produção piloto/aumento da produção.

As etapas finais do ciclo de vida, como a obsolescência e retirada do mercado, não são cobertas pelos modelos de ROSENTHAL (1992) e CLARK & WHEELWRIGHT (1992).

ROZENFELD (1997) propôs um modelo de referência para o processo de desenvolvimento de produto, dividindo-o, em um primeiro nível, em sete fases: Conceber Produto, Conceituar Produto, Projetar Produto, Homologar Produto, Homologar Processo, Treinar Empresa e Produção. Este modelo foi resultado de vários trabalhos junto a empresas, buscando identificar as melhores práticas.

Entretanto, o modelo inicialmente proposto por ROZENFELD (1997) sofreu diversas alterações ao longo do tempo, fruto de trabalhos realizados pelo grupo de Engenharia Integrada¹, procurando sempre incorporar novas práticas e conceitos. Como exemplos desses trabalhos, temos uma proposta de tipologia de processos de desenvolvimento de produto visando à construção de modelos de referência (AMARAL, D.C., ROZENFELD, H., 1999), a análise da aplicabilidade de um sistema ERP no PDP (ZANCUL, 2000), etc. Projetos em conjunto com empresas, através de consultorias, visitas e projetos, permitiram a incorporação de diversas novas práticas ao modelo. Além disso, novos conceitos e ferramentas propiciaram uma mudança no entendimento da gestão do desenvolvimento de produto, propiciando um efetivo gerenciamento do produto em todo o seu ciclo de vida, passando pelos diversos processos de negócio. Assim, o atual entendimento de desenvolvimento de produto estende-se a todo o ciclo de vida do produto, incorporando no início uma interface com a gestão estratégica da empresa, e no final, o acompanhamento da produção e serviço pós-venda, até sua obsolescência e conseqüente retirada do mercado (HORTA, L; ROZENFELD, 2001).

Assim, como resultado de todas essas frentes tem-se hoje no grupo de engenharia integrada, um novo modelo para o processo de desenvolvimento de produto, incorporando praticamente todo o ciclo de vida do produto.

Esse modelo é constituído das fases de Desenvolver Plano Estratégico e Portfolio de Produtos, Conceber Produto, Conceituar Produto, Projetar Produto e Processo, Lançar Produto e Produzir Produto (vide Figura 11). Na transição de cada fase, foi incorporado o conceito de *quality gate*.

¹ O Grupo de Engenharia Integrada do NUMA concentra suas atividades de pesquisa no processo de negócio desenvolvimento de produtos. Envolve-se também com o papel das áreas de engenharia em outros processos, tais como: vendas técnicas de produtos e fabricação de produtos. Tem por objetivo desenvolver pesquisas, formar profissionais e pesquisadores, e auxiliar empresas em questões relativas ao processo de desenvolvimento de produtos.

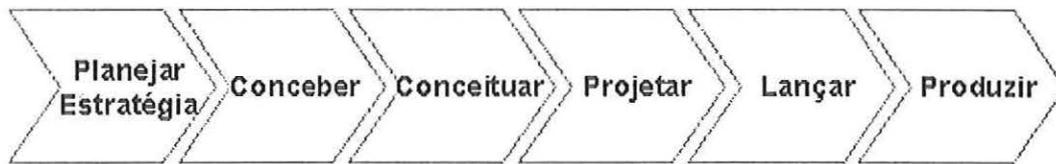


Figura 11 – Modelo para o processo de desenvolvimento de produto do NUMA

Um modelo para o processo de desenvolvimento de produto, representando as etapas nas suas diversas visões, permite a construção de uma cultura, visão e linguagem compartilhadas, formalizando um *know-how* e memória dos conhecimentos e práticas da empresa, além de apoiar decisões para melhoria e controle das operações da empresa, onde se incluem a introdução dos recursos da tecnologia de informática, práticas gerenciais de projeto, conceitos e ferramentas para apoiar a gestão do produto e etc. (VERNADAT, 1996).

Neste sentido, o entendimento do modelo de desenvolvimento de produto auxilia o processo de implantação e utilização de conceitos como a gestão da configuração de produto, fundamental para a criação, manutenção, disponibilização e controle de dados do produto ao longo de seu ciclo de vida. O capítulo seguinte apresenta uma discussão sobre os conceitos relacionados com a gestão da configuração de produto.

3. Gestão da Configuração de Produto

Este capítulo apresenta uma visão histórica do gerenciamento de configuração, discutindo algumas definições, os processos relacionados, os benefícios obtidos com sua aplicação e a relação com o processo de mudança de engenharia.

3.1. Histórico e Definições

O uso de certas práticas de Gestão da Configuração (*Configuration Management - CM*) na indústria começou com o governo americano durante o programa espacial, no início dos anos 50. Isto era necessário e natural desde que a garantia da intercambialidade entre os muitos parceiros em um programa espacial era muito difícil (SAMARAS & CZERWINSKI, 1971; WATTS, 2000). Nos anos 60, o Departamento de Defesa (*Department of Defense - DoD*) americana reconheceu que cada agência e filial estavam

desenvolvendo o seu próprio conjunto de práticas e padrões para a configuração. Eles então trouxeram esses padrões de CM, colocando-os sob a responsabilidade do DoD. Nos anos noventa, a indústria começou a adotar essas práticas (WATTS, 2000).

Diversas definições podem ser encontradas para CM, porém vale ressaltar que boa parte dos trabalhos publicados aborda o desenvolvimento de software.

O termo configuração refere-se a descrição completa das características físicas e funcionais do produto, mas também aplica-se as descrições técnicas necessárias para construir, testar, operar e reparar um item (SAMARAS & CZERWINSKI, 1971).

De acordo com WATTS (2000), a maioria das empresas utiliza o termo Controle da Documentação de Engenharia - *Engineering Documentation Control* (EDC) – no lugar de CM.

Segundo SAMARAS & CZERWINSKI (1971), gestão da configuração é a arte de organizar e controlar o planejamento, o projeto, o desenvolvimento, e as operações de manufatura através de um uniforme controle da configuração, identificação e auditoria do produto, constituindo-se de três grandes componentes principais:

- **Identificação da configuração:** refere-se a documentação técnica que identifica e descreve a configuração do produto aprovado ao longo das atividades de projeto, desenvolvimento, teste e produção;
- **Controle da configuração:** envolve uma sistemática avaliação, coordenação, aprovação ou rejeição de uma proposta de mudança para o projeto, e construção de um item cuja configuração foi formalmente aprovada pela empresa, cliente, ou ambos; e,
- **Verificação da configuração:** preocupa-se em registrar e reportar as descrições dos itens da configuração, além de verificar a integridade dos dados autorizados do projeto com a configuração fabricada e testada.

O *handbook* militar, o MIL HDBK 61 (1996), aprovado por todos os departamentos e agências do DoD, apresenta um guia completo de como garantir a aplicação da gestão da configuração sobre produtos ao longo de seu ciclo de vida. Foi especialmente desenvolvido para os gestores do CM, e para os fornecedores e parceiros do DoD.

MIL HDBK 61 (1996) define CM como um processo de gerenciamento para estabelecer e manter a consistência da performance do produto, com suas características físicas e funcionais atendendo aos requisitos dos clientes, as informações de projeto e a operação, ao longo de toda sua vida. SAMARAS & CZERWINSKI (1971) acrescenta que através do CM a integridade e continuidade das decisões técnicas e de custo relacionadas com a performance do produto, manufaturabilidade, operação, e manutenção são registradas, comunicadas, e controladas pelos gerentes de projeto.

De acordo com o mesmo *handbook*, CM envolve dois conceitos básicos:

- 1) o gerenciamento da configuração dos itens e suas descrições técnicas; e,
- 2) a aplicação dos princípios de CM para dados digitais.

A gestão dos dados digitais é crítica para o controle da documentação de configuração, assim as técnicas de gestão de documentos são parte integral do processo de CM.

De acordo com TITONE (1996), CM proporciona a gestão e controle de todos os componentes, processos e documentação associados com a concepção, projeto, desenvolvimento, documentação, produção e distribuição de um produto final compatível com os requisitos do cliente.

Uma nova visão para CM é apresentada por LYON (2000). Este define Gestão da Configuração como simplesmente o processo de gestão das mudanças. Projeto, desenvolvimento, integração, testes, produção, entrega, manutenção e suporte são todas manifestações do processo de mudança. Sendo este gerenciado através de quatro processos, usados para capturar e controlar os dados do produto.

Esses quatro processos citados por LYON (2000), também são os mesmos propostos para o processo de gestão da configuração, segundo o MIL HDBK 61 (1996).

A Figura 12 apresenta um modelo das atividades macro do processo de CM, segundo o MIL HDBK 61 (1996), utilizando como formalismo o IDEF0². Os blocos

² O IDEF0 é baseado num diagrama conhecido como “ativograma”. Este diagrama é composto por “caixas” que representam as atividades. Estas caixas são ligadas por linhas e dispostas tal a formar uma ordem de condução das atividades seguindo da esquerda para a direita. As linhas que chegam e saem na lateral das caixas representam *inputs* e *outputs* de informação. As que chegam no topo são controles e

ilustrados representam o gerenciamento e planejamento, a identificação da configuração, o controle da configuração, a verificação da configuração, e a auditoria da configuração. O bloco de gerenciamento e planejamento representa as atividades iniciais de um programa de CM, e seu relacionamento com todas as outras atividades do processo, selecionando as informações e indicadores de performance recebida das atividades ligadas à auditoria.

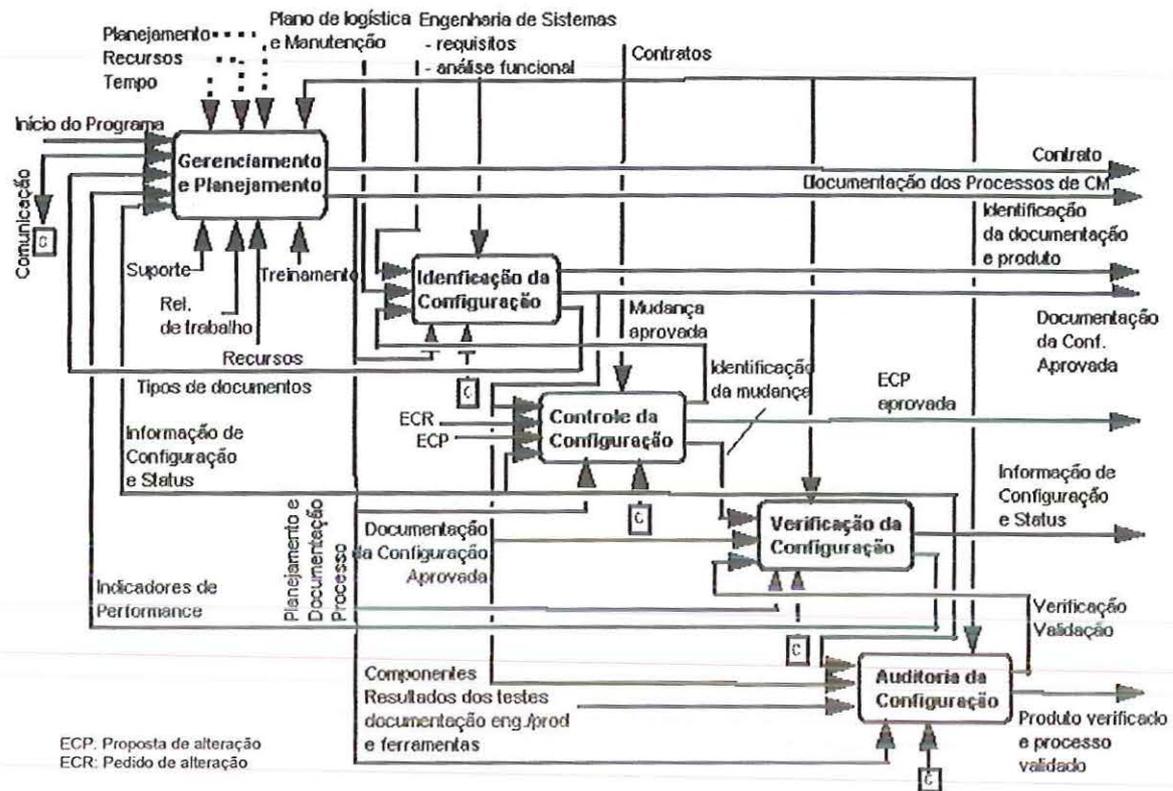


Figura 12 – Modelo das atividades macro da Gestão de Configuração

(Adaptado de MIL-HDBK 61, 1996).

WATTS (2000) apresenta uma visão de CM distinta das anteriores. A gestão de configuração seria formada por quatro elementos principais: planejar, identificar, controlar e localizar. Cada um agiria como habilitador dos processos de CM, agindo de maneira conjunta e na quantidade definida pelo gerente responsável. Os processos seriam três: processo de estruturação do produto, processo de criação e liberação da

embaixo mecanismos. Com mais algumas poucas regras além das aqui apresentadas tem-se todo o

documentação e do produto, e processo de controle das mudanças de engenharia. Todos são executados de maneira paralela e cobrem todo o ciclo de vida do produto (vide Figura 13).

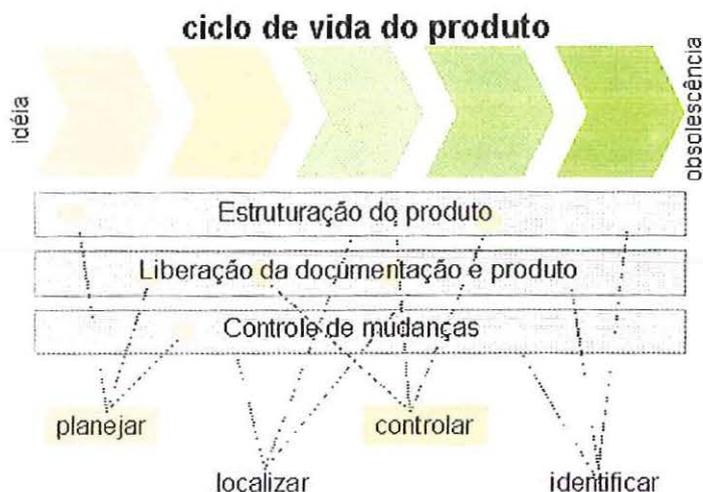


Figura 13 – Processos e habilitadores da gestão de configuração

3.2. Processos da Gestão de Configuração

Considerando as visões dos processos apresentadas para o CM, adotou-se a proposta pela norma MIL STD 973, devido a sua abrangência e nível de detalhamento apresentado. Porém, vale ressaltar que a adoção desta norma, no processo de implantação do CM em uma empresa, deve ser feita avaliando-se todos os requisitos envolvidos, utilizando-a apenas como referência.

Segundo MIL STD 973, a gestão de configuração possui quatro grandes processos que apóiam todo o ciclo de vida do produto: Identificação da Configuração, Atribuição e Controle de *Status*, Controle da Configuração, e Verificação e Auditoria, discutidos nos itens seguintes.

3.2.1. Identificação da Configuração

De acordo com SAMARAS & CZERWINSKI (1971), Identificação da Configuração consiste da criação e liberação da documentação técnica, incluindo especificações, desenhos, e listas de componentes. As preocupações são relacionadas

formalismo necessário para descrever estes modelos (VERNADAT, 1996).

com identificar e documentar o projeto em momentos apropriados durante o ciclo de vida do produto, acrescenta LYON (2000).

Duas definições importantes para esse processo são a de item de configuração (*Configuration Item* – CI) e Documentação da Configuração (*Configuration Documentation* - CD). CI pode ser definido como um objeto físico que precisa ser identificado e controlado ao longo de sua vida. Pode ser um simples componente, uma linha código de um software, uma montagem de componentes, ou um sistema completo (LYON, 2000). E o termo CD caracteriza a informação que define os atributos de performance, funcionais e físicos de um produto. Todas as outras documentações do produto, como por exemplo, os manuais de operação e manutenção, os planos e procedimentos de testes, etc., são baseados e relacionados com as informações do CD.

Outro conceito relevante é a da estrutura do produto (*Bill of Material* – BOM), segundo a APICS definiu em 1992, trata-se da lista de todas as montagens, componentes intermediários, matérias-primas e itens comprados que são utilizados na fabricação e/ou montagem de um produto, com as relações de precedência e quantidade de cada item (OLIVEIRA, 1999). Todos os itens e documentação da configuração também fazem parte da estrutura de produto, de acordo com MIL-HDBK 61 (1996).

Um dos pontos centrais da gestão de configuração de produto são os *baselines* (MIL-HDBK 61, 1996). Na busca por planejar, aprovar, ou implementar uma mudança de configuração, faz-se necessário ter uma definição da configuração atual que será então mudada, e essa é estabelecida por um *baseline* (MIL-HDBK 61, 1996).

De acordo com LYON (2000), a identificação de uma lista de componentes novos ou modificados que, quando montados juntos, formam o produto final, formaliza um *baseline*. A partir desse ponto, mudanças propostas para esses projetos são tratadas diferentemente, com um controle muito maior.

Em MIL HDBK 61 (1996) encontra-se um modelo das atividades do processo de identificação da configuração, também apresentado na Figura 14, o qual inclui as seguintes atividades macro:

Estruturar Produto e Determinar CIs - a seleção dos itens de configuração necessários e posicionamento no nível apropriado da estrutura do produto, facilitando a documentação, controle e suporte dos componentes;

Selecionar Documentos de Configuração - a determinação dos tipos de documentação de configuração necessária para cada item, permitindo definir seus atributos físicos, funcionais, de performance, incluindo interfaces com outros componentes;

Identificar Documentos e Itens - a manutenção da identificação da configuração dos itens para permitir um suporte efetivo dos componentes ao longo de sua vida; e,

Aprovar e Liberar Documentação - a liberação da documentação de configuração, e o estabelecimento dos *baselines* da configuração para o controle.

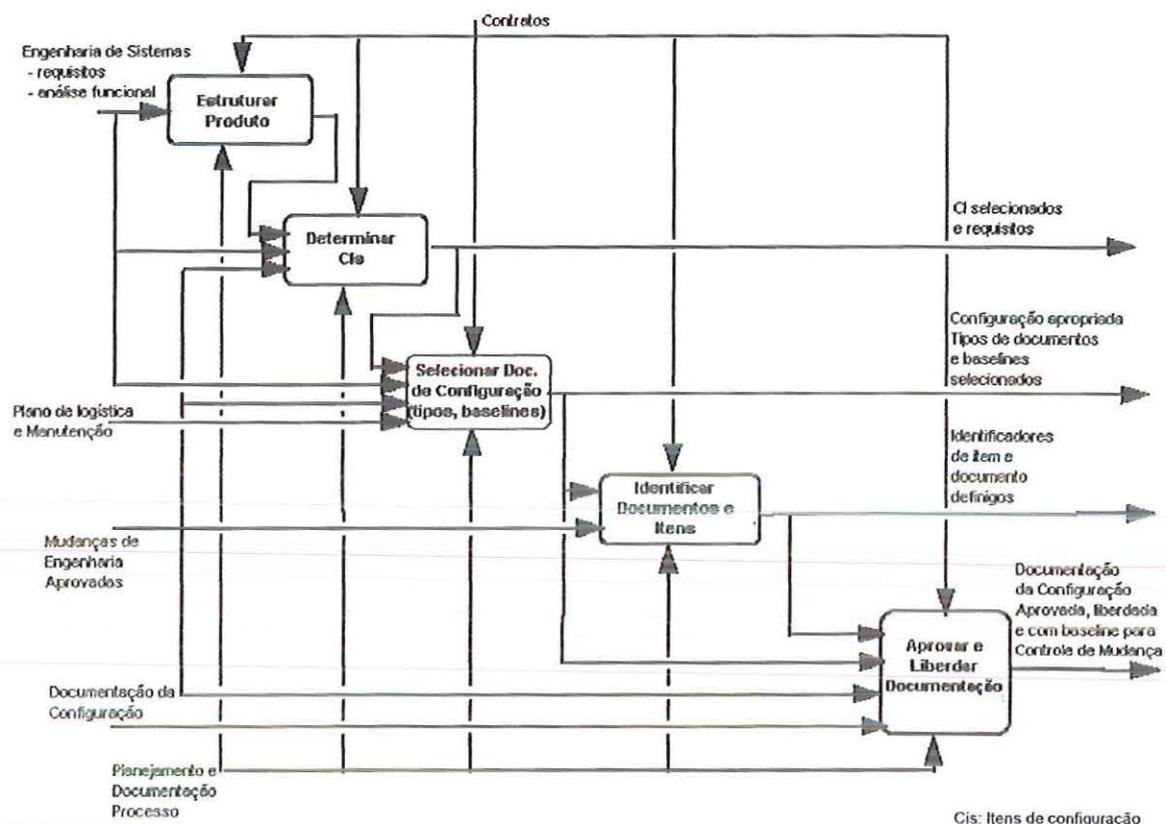


Figura 14 – Modelo das atividades do processo de identificação da configuração.

(Adaptado de MIL HDBK 61, 1996).

A norma EIA 649 (HDBK MIL 61, 1996) acrescenta que a execução das atividades descritas no modelo ilustrado na Figura 14, atende aos seguintes propósitos:

- Determinar a estrutura do produto, a organização e relacionamentos da organização e relacionamentos da organização com os seus documentos de configuração e outras informações do produto;
- Documentar o desempenho, a interface e outros atributos do produto;
- Determinar o nível apropriado de identificação do produto e documentação;

- Prover uma identidade única para o produto, ou componente de um produto;
- Prover uma identidade única para a documentação técnica que descreve o produto;
- Modificar a identificação do produto e documentos a fim de refletir a incorporação de mudanças;
- Manter o controle sobre a liberação de documentos através do gerenciamento de *baselines*;
- Facilitar ao usuário distinguir diferentes versões do produto;
- Apoiar o gerenciamento de informações do produto ao longo de seu ciclo de vida;
- Correlacionar unidades individuais do produto com obrigações de garantia e serviço; e,
- Proporcionar um ponto de referência para definir ações de correção ou mudanças.

A identificação da configuração é um pré-requisito para os outros processos da Gestão da Configuração de Produto (MIL HDBK 61, 1996).

3.2.2. Controle da Configuração

SAMARAS & CZERWINSKI (1971) definem Controle da Configuração como um conjunto de procedimentos sistemáticos através dos quais mudanças na configuração são propostas, analisadas, coordenadas, aprovadas e incorporadas ou não no produto, estendendo-se durante todo o ciclo de vida do produto. LYON (2000) acrescenta que o controle também utiliza o conceito de *baselines*.

Os principais objetivos do Controle da Configuração são, primeiramente, estabelecer e manter um processo sistemático de mudança durante todo o ciclo de vida, permitir a execução eficiente das mudanças mantendo ou melhorando o desempenho do produto, garantir a condução das mudanças, mantendo a documentação da configuração sob controle apropriado, além de eliminar a proliferação de mudanças desnecessárias (MIL HDBK 61, 1996).

O Controle da Configuração é talvez a parte mais visível do CM. Esta afirmação, além de uma análise sobre sua relação com o ECM, é discutida no item 4.6.

3.2.3. Atribuição e Controle de *Status*

De acordo com LYON (2000), Atribuição e Controle de *Status* da Configuração (*Configuration Status Accounting* - CSA) trata das atividades de CM de disponibilização de informação sobre o *status* das *baselines* aprovadas e o progresso das mudanças de projeto propostas e/ou aprovadas.

Segundo o MIL HDBK 61 (1996), CSA é o processo de criar e organizar a base de informações necessária para as atividades de CM, tendo como principal objetivo propiciar uma fonte de informação altamente confiável para suportar todas as atividades de um programa, incluindo gerenciamento, desenvolvimento, manufatura, logística, suporte, manutenção etc.

O MIL HDBK 61 (1996) apresenta um modelo de CSA, contendo suas principais atividades, sendo elas:

- registro da documentação da configuração aprovada e de cada CI;
- registro e reporte do *status* das mudanças de engenharia propostas, da solicitação a aprovação final;
- registro e reporte do *status* de todas as solicitações críticas de desvios que afetem a configuração do produto;
- registro e reporte dos resultados da auditoria da configuração para incluir o *status* e disposições finais de discrepâncias identificadas e planos de ação;
- registro e reporte do *status* da implementação das mudanças autorizadas;
- propiciar a total rastreabilidade de todas as mudanças a partir da documentação da configuração original liberada de cada CI;
- reporte do *status* da efetividade e implementação da mudanças na configuração de todos os CIs, em todas as etapas do ciclo de vida do produto; e,
- registro de todos os documentos digitais, incluindo todas as revisões ou versões desenvolvidas.

LYON (2000) propõe uma classificação para as atividades relacionadas com CSA. Segundo o autor, existem três categorias distintas: de levantamento, processamento e reportagem de dados, cobrindo toda a gama de requisitos apoiados pelo CSA.

SARAMAS (1971) considera as atividades referentes ao processo de Atribuição e Controle do Status pertencentes ao que ele denominou de Verificação da Configuração, incluindo também as atividades do processo de Verificação e Auditoria, proposto pela norma EIA 649 (HDBK MIL 61, 1996), e discutido logo a seguir.

3.2.4. Verificação e Auditoria

De acordo com MIL HDBK 61 (1996), o processo de Verificação e Auditoria da configuração deve incluir:

- a) a verificação da configuração inicial dos Itens (CIs), e a incorporação das mudanças de engenharia aprovadas, garantindo que o CI atenda os seus requisitos de performance e requisitos de configuração documentados; e,
- b) a auditoria do produto e dos registros da verificação da configuração com o intuito de validar que o desenvolvimento atingiu os requisitos de performance, e/ou que os CI atenderam às especificações estabelecidas.

O principal objetivo é estabelecer um alto nível de confiabilidade da documentação da configuração utilizada como base para o controle da configuração e suporte ao produto em todo seu ciclo de vida (SAMARAS & CZERWINSKI, 1971). O *handbook* MIL HDBK 61 (1996) propõe um modelo detalhado para esse processo, apresentado na Figura 15.

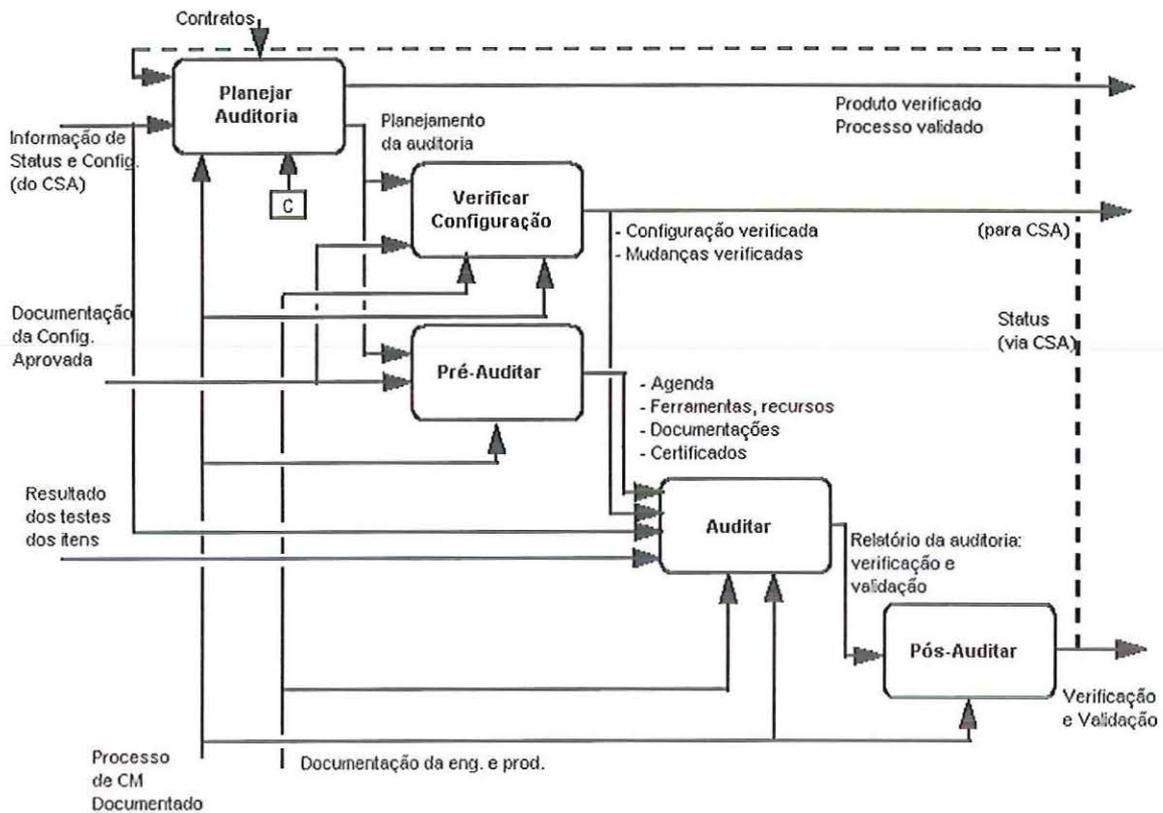


Figura 15 – Modelo das atividades da Auditoria de Configuração
(Adaptado de MIL-HDBK 61, 1996).

O processo inicia-se com uma atividade de Planejar Auditoria, onde informações de status e configuração, obtidas a partir do CSA, são utilizadas para estabelecer o como analisar a configuração. Em seguida, tem-se a atividade de Verificar Configuração, onde se incluem diversos testes e simulações de performance com o intuito de assegurar a qualidade com as especificações de performance estabelecidas. Ao final, tem-se como resultado a configuração e mudanças verificadas, e os planos de ação abertos. O Pré-Auditar estabelece a agenda, recursos, e regras para a condução e identificação dos participantes da auditoria. Depois, realiza-se a auditoria propriamente dita, e em seguida a atividade de Pós-Auditar, com o objetivo de acompanhamento dos planos de ação.

LYON (2000) apresenta três categorias de Auditoria da Configuração:

- 1) **Auditoria da Configuração Funcional** (*Functional Configuration Audits* – FCA): conduzido sobre o protótipo de engenharia, objetiva assegurar que os testes realizados atenderam a todas as especificações determinadas;

- 2) **Auditoria da Configuração Física** (*Physical Configuration Audits - PCA*): iniciado após a conclusão do FCA, os desenhos de engenharia são validados pela comparação direta dos dados dos desenhos de projeto com as características físicas da primeira unidade de produção. Esta unidade deve ser realizada segundo os planos de processo desenvolvidos a partir das especificações da engenharia; e,
- 3) **Auditoria da Verificação da Configuração** (*Configuration Verification Audits – CVA*): são conduzidos em cada unidade produzida, verificando o nível de revisão dos componentes ou montagens selecionadas, e outras informações selecionadas, considerando a relação custo e rastreabilidade. Os métodos para captura dessas informações podem ser manual, eletrônico, por código de barra, teclados e etc.

Os processos de Identificação da Configuração, Atribuição e Controle de *Status*, Controle da Configuração, e Verificação e Auditoria discutidos até agora, habilitam a gestão efetiva da configuração do produto ao longo de todo o seu ciclo de vida, desde a concepção, passando pelo desenvolvimento e produção, até a obsolescência e retirada do mercado.

O uso efetivo do CM, aplicando nas empresas e em seus produtos, pode trazer inúmeros benefícios. Porém deve estar sujeito a uma análise crítica dos requisitos de cada caso. No item seguinte são apresentados alguns benefícios identificados na literatura, bem como críticas à aplicação da Gestão de Configuração.

3.3. Vantagens e Desvantagens da Gestão de Configuração

A EIA 649 (MIL-HDBK 61, 1996) apresenta alguns benefícios do CM, quando efetivo:

- Os atributos do produto são completamente definidos, propiciando parâmetros para medição do desempenho, além de uma base única de informação para os parceiros do desenvolvimento;

- A configuração do produto é documentada e uma base conhecida para execução de mudanças é estabelecida, permitindo que decisões sejam tomadas sobre informações corretas e atuais;
- Mudanças propostas são identificadas e avaliadas em relação ao seu impacto, antes da tomada de decisão, evitando surpresas inesperadas e mesmo reduzindo custos e atrasos;
- A atividade de mudança é gerenciada utilizando um modelo de processo definido, evitando custos relacionados a erros de um processo *ad hoc* e de um gerenciamento irregular;
- A informação da configuração, capturada durante a definição do produto, fabricação, distribuição, operação e manutenção, é organizada permitindo a recuperação de informações chave quando necessário;
- A configuração atual do produto é verificada em relação aos seus requisitos; e,
- As mudanças incorporadas no produto são verificadas e registradas ao longo de sua vida, proporcionando um alto nível de confiabilidade das informações do produto.

Porém, apesar de todos esses benefícios aparentes, muitas vezes tem-se efeitos negativos na tentativa de adotar todos os princípios do CM.

WATTS (2000) cita um estudo publicado no *National Defense Magazine*, em setembro de 1992, por George Krikorian, que demonstra alguns efeitos negativos do CM: “Os resultados revelam que o custo de um produto quando vendido para o DoD aumenta de 5% até 100% quando comparado com o custo do mesmo produto ou similar para empresas comerciais (não-DoD)”. A razão maior, na visão do mesmo autor, são os padrões e especificações exigidas pelo DoD.

Outra crítica incisiva de WATTS (2000) recai sobre as empresas que consideram os princípios de CM difíceis de aplicar. Ele propõe que o CM deve ser simples e efetivo, não amarrando a empresa.

A rápida liberação da documentação de um novo produto com o intuito de estruturar uma base de dados de materiais, por exemplo, e permitir a rápida mudança dos documentos que descrevem o produto, são ações críticas para uma empresa. Assim, o

desenvolvimento e implementação de um CM simples, coerente, rápido e acurado é uma estratégia empresarial importante (WATTS, 2000).

Analisando-se o *handbook* MIL HDBK 61 (1996) e a norma MIL STD 2549 (1997), observa-se facilmente a complexidade dos procedimentos e padrões exigidos. Isso pode ser resultado da complexidade dos projetos que essas normas devem suportar, como produtos militares, armas, projetos espaciais etc., visto que historicamente o CM foi desenvolvido e largamente empregado pelo DoD. As empresas comerciais iniciaram a utilização efetiva do CM nos anos noventa, muitas delas assumindo a versão utilizada pelos militares, sem ajustes. Essas normas deveriam ser tomadas apenas como referência para as empresas de razão comercial (WATTS, 2000).

Em boa parte das empresas comerciais, a grande parte das práticas da gestão de configuração é conhecida como ECM. Os processos do CM, com ênfase no de controle da configuração, é denominado em várias empresas por processo de mudança de engenharia. O capítulo seguinte discute o processo e a gestão das mudanças de engenharia, finalizando com uma análise acerca da relação entre o ECM e o CM.

4. Processo de Mudança de Engenharia

Neste capítulo são discutidas algumas definições para o processo de mudança de engenharia, uma visão orientada a processo de negócio, suas dimensões e benefícios de sua aplicação.

4.1. Definições para o Processo de Mudança de Engenharia

Considerando a natureza evolucionária do processo de desenvolvimento de produto e produção, alterações propostas durante um projeto são constantemente revisadas, alteradas, e incrementadas até alcançar as características físicas e funcionais necessárias para atender aos requisitos dos clientes. Até mesmo a melhor engenharia não seria suficiente para desenvolver um item que não necessitasse de modificações durante seu ciclo de vida (KRISHNAMURTHY & LAW, 1995). Além de inevitável, as alterações constituem um processo necessário na busca pela manutenção da competitividade, ou para permitir que avanços tecnológicos sejam incorporados ao produto, proporcionando vantagens diante dos concorrentes (HO, 1994).

Segundo BENEDETTO & TRABASSO (1997), quando uma empresa, que desenvolve e manufatura produtos, precisa modificar dados que descrevem um produto, o processo pelo qual essas modificações são efetivadas é denominado de Mudança de Engenharia (*Engineering Change* – EC).

Na literatura é possível encontrar diversas definições para o processo de mudança de engenharia (*Engineering Change Process* – ECP). A maioria apresenta as mesmas características, havendo basicamente um ponto de discordância: o contexto do fenômeno. Alguns consideram o ECP inserido apenas na produção, ou seja, o produto já deve estar sendo produzido para ser objeto desse processo. Seguindo essa linha, WRIGHT (1997) define EC como uma modificação em um componente de um produto, depois que o produto entrou em produção. E outros, como BENEDETTO & TRABASSO (1997) consideram que o ECP característico do processo de desenvolvimento de produto.

CARVALHO (1999) discute brevemente as diferenças entre as duas abordagens de ECP. Durante a fase de desenvolvimento, as decisões de mudança são tomadas considerando os planos de montagem dos protótipos e de testes. Na fase de produção, as decisões tomam como base as pesquisas de acompanhamento do produto nos clientes, a estratégia de marketing, a gestão do inventário, da demanda e da própria estratégia de produção, com relação ao impacto no sistema de MRP.

Diversas são as razões possíveis para que mudanças nas descrições do produto sejam necessárias. PIKOSZ & MALMQVIST (1998) apresentam algumas delas: mudança de um componente dependente de uma alteração funcional do produto ou de requisitos da produção; mudança na aplicação do componente; introdução de um novo componente; substituição de um componente; retirada de um componente; correção de erros na documentação; e a atualização de um documento obsoleto.

Além de outras relacionadas mais diretamente com o processo de desenvolvimento de produto: mudanças dos requisitos dos clientes; falhas no desdobramento das necessidades do cliente nas especificações técnicas; dificuldade de fabricação ou montagem do produto; deficiências no produto identificadas durante os testes com protótipos; problemas de qualidade com alguns subsistemas ou componentes; e o desenvolvimento para versões futuras do produto.

De acordo com CIMData (2001), as mudanças corretivas devem ser analisadas em relação a três critérios: forma, posição e função. O critério forma refere-se ao tamanho, dimensões, e outros parâmetros físicos mensuráveis que caracterizam o produto. A posição refere-se a habilidade de um componente se conectar fisicamente com outro, ou tornar-se parte integrante de outro componente. E, por fim, a função refere-se as ações para as quais um componente foi projetado.

As definições apresentadas tratam de ECP como um processo de negócio. O item seguinte procura explorar essa discussão.

4.2. Mudança de Engenharia como um Processo de Negócio

Na revisão desenvolvida por WRIGHT (1997), um dos resultados do trabalho é a não identificação de publicações que tratassem as Mudanças de Engenharia (*Engineering Change – EC*) sob o ponto de vista de processo de negócio. LYON (2000) reconhece que um processo formal deveria ser estabelecido para a aprovação e implementação de mudança em dados de projeto. LOCH & TERWIESCH (1999) propõem o mapeamento do processo para identificação de possíveis problemas de implementação, porém o caracteriza apenas em termos de atividades. BENEDETTO & TRABASSO (1997), LOCH & TERWIESCH (1999), PIKOSZ & MALMQVIST (1998) e TERWIESCH & LOCH (1999) discutem ECP como um processo.

Considerando a equivalência entre ECP e o Controle de Configuração do CM, o *handbook* HDBK MIL 61 (1996) também apresenta uma visão por processo, caracterizando-o com as dimensões propostas por ROZENFELD (1997).

Em um processo de negócio pode-se identificar cinco dimensões: *organização, informação, atividade, recursos e estratégia* (ROZENFELD, 1997). O entendimento de EC como um processo de negócio torna-se natural quando se analisa a característica multidisciplinar, de coesão das atividades realizadas, o uso de diversos recursos como técnicas, sistemas, estrutura e etc., o envolvimento da empresa em suas diversas representações como engenharia, manufatura, marketing etc., com seus agentes e habilidades, possibilitando a gerência do negócio de uma forma mais efetiva, focado nas exigências dos clientes (GARVIN, 1995).

A visão por processo de negócio facilita a gestão do processo de mudança de engenharia na medida em que possibilita a identificação clara das dimensões envolvidas.

4.3. Gestão do Processo de Mudança de Engenharia

Como todos os processos de negócios presentes em uma empresa, EC precisa ser gerenciado para ser efetivo (BENEDETTO & TRABASSO, 1997). Um pedido de mudança (*Engineering Change Request* – ECR) pode resultar de uma miríade de razões, tornando difícil desenvolver uma solução global que atenda a todo tipo de empresa e mudança.

O gerenciamento não efetivo do ECP pode gerar custos excessivos e instabilidade no planejamento da produção, tipicamente referida como nervosidade do sistema MRP (BALAKRISHNAN & CHAKRAVARTY, 1996).

De acordo com TERWIESCH & LOCH (1999), a gestão do ECP recebe pouca atenção, sendo esta uma das causas raízes dos custos de novos desenvolvimentos, visto que o ECP pode consumir de 33% a 50% da capacidade da engenharia. HUANG & MAK (1998) acrescentam que outro problema típico é encarar o processo como tarefas de “*apagar incêndios departamentais*”, e não de maneira cooperativa e construtiva.

No passado, tanto os práticos quanto os acadêmicos tiveram a tendência de visualizar problemas relacionados com as mudanças mais como uma tragédia do que como um sinal para o gerenciamento do processo (TERWIESCH & LOCH, 1999).

Assim ECP é o processo, o fenômeno que naturalmente existe nas empresas. E o ECM é constituído das práticas, métodos, técnicas, ferramentas etc., com o objetivo de gerenciá-lo.

De acordo com HUANG & MAK (1997), existem duas abordagens para o ECM: a **formal** e a *ad hoc*. A formal caracteriza-se por uma sistemática bem definida, através de procedimentos, responsabilidades bem estabelecidas e de documentos padrões. A abordagem *ad hoc* não possui uma sistematização definida. A maioria das empresas está entre esses dois extremos (HUANG & MAK, 1997).

No sentido de apoiar a abordagem formal, BENEDETTO & TRABASSO (1997) propõem um *framework* para o ECM, apresentando fatores que precisam ser considerados no gerenciamento, destacando: o processo de aprovação de ECRs, a estrutura

organizacional, fatores internos e externos, os recursos envolvidos, a relação com a estratégia da empresa, o procedimento de comunicação das mudanças aos envolvidos, a documentação necessária, a classificação das ECRs, análise de riscos, as reações psicológicas decorrentes das alterações, a política da empresa e as fontes originadoras de mudanças.

Diante desse *framework* e considerando as dimensões características da visão por processo de negócio, foram selecionados alguns elementos de destacável influência para a gestão das mudanças de engenharia. Esses elementos são a organização, os modelos e atividades, as informações, os recursos e a estratégia de produto e produção, apresentados com mais detalhes nos itens seguintes.

4.3.1. Organização para o ECM

Normalmente em ambientes de projeto multidisciplinar, mudanças realizadas em uma disciplina afetam especificações de projeto em outras (KRISHNAMURTHY & LAW, 1995). O envolvimento de diversas áreas da empresa, como engenharia, manufatura, qualidade, marketing etc., no processo de mudança de engenharia, caracteriza uma estrutura multidisciplinar. A análise e condução das mudanças devem ser realizadas considerando todos os requisitos dos agentes envolvidos, logo a abordagem baseada em times torna-se a mais conveniente (SMITH & EPPINGER, 1985; CARVALHO, 1999).

Considerando a literatura consultada, torna-se possível identificar alguns times e papéis bem definidos na estrutura organizacional do ECP. Os mais comumente utilizados são discutidos a seguir:

Comitê de Controle de Mudança de Engenharia deve ser composto por representantes de diversas áreas envolvidas com o produto. De acordo com SAMARAS & CZERWINSKI (1971) e DIPRIMA (1982), o Comitê de Controle de Mudança de Engenharia (*Change Control Board* – CCB) deve ser constituído de representantes de cada uma das seguintes áreas: Engenharia, Financeiro, Contabilidade, Manufatura, Compras, Marketing e Planejamento e Controle da Produção. LYON (2000) acrescenta que a composição do CCB pode variar de projeto para projeto, dependendo das características do produto e do programa. Além disso, podem existir duas variações do

CCB, interno e externo, sendo a diferença a presença do cliente como um membro no segundo caso. Isto é válido para mudanças que exijam a aprovação do cliente, o que acontece na maioria das vezes para produtos *Engineering to Order* (ETO). Das principais responsabilidades inerentes ao comitê, destacam-se: analisar um Pedido de Mudança de Engenharia (*Engineering Change Request* – ECR), aceitando ou rejeitando-o, identificar todas as áreas envolvidas na solução da ECR, classificar e priorizar a solução da ECR, revisar o resultado final da ECR, assinar e fechar a ECR, analisar seu impacto (custos, prazos, peso etc.), definir a efetividade da ECR e da Ordem de Mudança de Engenharia (*Engineering Change Order* – ECO), além de autorizar a execução da modificação (CARVALHO, 1999; LYON, 2000; SAMARAS & CZERWINSKI, 1971). Maiores detalhes sobre essas atividades encontra-se no item 4.3.2.

Outro papel identificado é o do **Requerente do Pedido de Mudança de Engenharia**, ou Originador, constituído de agentes internos (envolvidos com o desenvolvimento ou produção do produto) ou externos (cliente ou fornecedor). Possuem a capacidade de iniciar o processo, emitindo uma ECR para apresentar um possível problema ou possibilidade de melhoria (CARVALHO, 1999; SAMARAS & CZERWINSKI, 1971; LYON, 2000).

O **Gerente de Mudança de Engenharia** (*Change Manager*) é outro papel bastante destacado na literatura (CARVALHO, 1999; DIPRIMA, 1982; SAMARAS & CZERWINSKI, 1971; LYON, 2000), pode ser um membro especial do Comitê, tendo como função coordenar as atividades do CCB, além das seguintes atribuições: verificar se a ECR está corretamente preenchida e completa, endereçar a ECR para um agente que se tornará o coordenador do pedido, acompanhar prazos de execução da ECR, além de produzir relatórios estatísticos e de *status* para avaliação do Comitê (SAMARAS & CZERWINSKI, 1971). Ele deve possuir habilidades de comunicação e relacionamento pessoal para permitir uma boa interface com pessoas de diversas áreas, seja com engenheiros, contadores, processistas, analistas de inventário, programadores de produção, compradores, supervisores de qualidade e marketing; (DIPRIMA, 1982).

O responsável por coordenar a solução da ECR nos times de projeto, solicitar avaliações da ECR, e preparar a ECR para encaminhar ao Comitê é conhecido como

Coordenador do Pedido (ECR *Owner*) (CARVALHO, 1999; LYON, 2000; SAMARAS & CZERWINSKI, 1971).

Além dos papéis já discutidos, outros são encontrados na literatura (CARVALHO, 1999; LYON, 2000; SAMARAS & CZERWINSKI, 1971). Durante a estruturação do processo, os papéis, bem como suas responsabilidades, são definidos de acordo com as características do negócio. Por exemplo, no estudo de caso apresentado por CARVALHO (1999), o processo estudado possuía um papel cuja responsabilidade estava em avaliar a solução da ECR, bem como seu impacto na empresa e reportar suas considerações ao Coordenador do Pedido, e se requerido, também ao CCB. No caso estudado por CARVALHO (1999), esse papel era denominado **Avaliador de Pedido**.

Existem outras propostas além dessas discutidas, como por exemplo, a do Instituto da Gestão de Configuração, o qual propõe simplesmente a utilização de três níveis hierárquicos para o controle das mudanças (CARVALHO, 1999).

Ou então do *handbook* HDBK MIL 61 (1996) que apresenta um modelo detalhado para a organização envolvida em todo o CM, porém com características fortemente relacionadas com a supervisão, por parte do DoD, dos desenvolvimentos de parceiros em projeto militares.

WATTS (2000) propõe que a organização envolvida no ECP deve ser estruturada de duas maneiras distintas: na primeira, cada pessoa assume um dos papéis discutidos, realizando alguns dos passos necessários para a conclusão da mudança; na outra, uma única pessoa assume todas as responsabilidades da gestão da mudança, relacionada a um produto, um conjunto de produtos ou a um cliente específico. Esta última requer um conhecimento muito maior, além de um considerável de treinamento, sendo conhecida como método do trabalho “enriquecedor” (*job enriched*), aceita por WATTS (2000) como a mais adequada.

Seja qual for o método de trabalho empregado, o processo de mudança está fortemente ligado a fatores psicológicos, muitos dos quais naturais ao ser humano. Esse caráter é destacado por vários autores (BALCERAK & DALE, 1982; REIDELBACH, 1991; BENEDETTO & TRABASSO, 1997; WRIGHT, 1997; PIKOSZ & MALMQVIST, 1998).



De maneira geral, mudança de engenharia acaba sendo considerada um mal necessário, e a maioria das pessoas envolvidas com o processo a encaram com um certo receio e agouro (BALCERAK & DALE, 1982).

Relutar a mudança é algo que acontece nos diversos níveis organizacionais. Desde os mais elevados de gerência, onde, por exemplo, a aparente miopia de alguns durante as negociações de contrato, acabam por dificultar o esforço em reduzir as mudanças de engenharia. Ou até mesmo nos níveis inferiores da organização, onde temor por mudança é notado, como no chão-de-fábrica, fazendo com que novos processos ou técnicas sejam muitas vezes vistos com agouro, capazes de tornar o conhecimento dos operários obsoleto, tornando-os dispensáveis (REIDELBACH, 1991).

A complexidade de um ECP necessita de bom tempo de aprendizado para os envolvidos, sejam gerentes, operários ou consultores. Nem sempre é fácil compreender o processo modelado, ou então por quê aquelas atividades devem ser executadas de uma maneira e ordem específica. Essa lacuna de conhecimento e entendimento freqüentemente deixa muitos frustrados, acabando por desmotivar a utilização do processo projetado. As mudanças acabam sendo evitadas ou então executadas sem o uso do processo formal. Isto pode levar desde a uma documentação incompleta ou incorreta, até a problemas nas fases seguintes do desenvolvimento, como por exemplo, a produção (PIKOSZ & MALMQVIST, 1998).

A própria natureza do processo de mudança é uma fonte de irritação e desconforto. Iniciar esse processo pode significar que o projetista terá que re-projetar algo já efetuado por ele próprio. Isto pode fazê-lo sentir-se acusado de ter cometido um erro, ou então na obrigação de realizar o trabalho novamente devido a uma falha cometida no projeto de um componente com alguma ligação com o seu, por um outro colega qualquer. Por essas razões, o ECP acaba sendo visto com um *status* inferior ao criativo ato de projetar pela “primeira vez”, resultando em inúmeras atitudes negativas ao longo do processo (PIKOSZ & MALMQVIST, 1998).

A atitude natural dos envolvidos é a de procurar culpados pelos erros. Assim, gerentes de manufatura, por exemplo, quando no surgimento de uma falha na função de produção, acusam o engenheiro projetista de ter cometido o erro primeiro, ao projetar o componente (WRIGHT, 1997). A EC acaba sendo vista como um problema a ser sanado.

Mais do que um erro, toda mudança deveria ser encarada como uma oportunidade de melhoria (BENEDETTO & TRABASSO, 1997), muitas vezes explícita a partir do surgimento de uma nova tecnologia, ou de um novo requisito do mercado.

Até mesmo a necessidade de alteração devido à problemas encontrados deve ser encarada de maneira positiva, visto que todo o conhecimento novo, fruto das avaliações na busca por uma solução e da própria execução do ECP, é um resultado positivo, devendo ser registrado como uma lição aprendida pela empresa, o que minimiza a possibilidade de ocorrência do mesmo problema em projetos futuros, em um processo contínuo de melhoria.

A organização do processo deve estar envolvida na execução das atividades de mudança. O entendimento das atribuições individuais, bem como uma visão de todo o fluxo de atividades são essenciais para se alcançar os resultados esperados do ECM. O item seguinte apresenta alguns modelos apresentados na literatura, com suas atividades envolvidas.

4.3.2. Modelos e Atividades

Na pesquisa bibliográfica realizada foram identificados poucos trabalhos referentes ao desenvolvimento de modelos para o processo de mudança de engenharia. HUANG *et al* (2001) corrobora com essa constatação. Alguns trabalhos apresentam atividades referentes ao processo, mas sem o comprometimento de adotar um formalismo para sua representação, ou mesmo um maior nível de detalhe das atividades propostas. Algumas normas apresentam modelos para o processo, como é o caso da ISO/DIN 199.

Dos modelos identificados na revisão, dois merecem destaque: o de MAULL *et al* (1992) e o de CARVALHO (1999). Eles sintetizam de forma simples as principais atividades do processo de mudança de engenharia. Os dois modelos são discutidos na seqüência.

MAULL *et al* (1992) apresentam um modelo relativamente completo para o processo de mudança de engenharia, resultado da síntese de diversas pesquisas em campo realizadas pelos autores. O formalismo adotado para representar esse modelo é o IDEF0, apresentado em dois níveis de abstração para as atividades descritas. Um modelo macro, identificando o ECP e suas interfaces com outras atividades de outros processos da

empresa. E outro, mais detalhado, onde MAULL *et al* (1992) propõem atividades denominadas como fundamentais para o controle das mudanças. A leitura do termo atividade neste caso pode ser entendida como fase, ou etapa, ou mesmo uma agregação de várias atividades. Apresenta-se a seguir uma breve descrição do entendimento de cada atividade representada no modelo da Figura 16.



Figura 16 - Atividades chave para o controle das mudanças de engenharia

(Adaptado de MAULL *et al*, 1992)

Filtrar Proposta

Como primeira atividade a ser executada tem-se a análise do problema ou dos pedidos de mudanças. Estes podem ser gerados por diversas fontes, incluindo a engenharia de campo, o *staff* da produção, ou mesmo o departamento de projeto. O pedido deve ser registrado em um sistema computacional, e o gerente de mudança de engenharia deve inspecioná-los, eliminando duplicações ou mesmo já vetando pedidos incoerentes.

A avaliação dos pedidos é conduzida em uma reunião do Comitê de Controle de Mudança de Engenharia. Eles são analisados, e adicionam-se informações que demonstrem a escala do problema, como: o número de máquinas/componentes que apresentam o defeito; se intermitente, a frequência com que o problema ocorre; o número de consumidores que entendem o defeito como inaceitável, e etc.

Uma avaliação dos custos deve ser conduzida, analisando o custo de conviver com o problema, ou de executar a mudança. Dependendo do resultado dessa análise, o procedimento de mudança é iniciado.

Investigar Projeto

O gerente de mudança deve enviar a pedido de mudança para o projetista do componente relacionado com o problema. Esse pedido pode conter uma solução proposta. Neste caso, ela é avaliada pelo projetista, podendo ou não ser aceita. Ao final do seu trabalho, o projetista encaminha um esboço detalhado da solução ao gerente de mudança. Este decide se a mudança é tão importante que uma ação imediata da engenharia seja requerida, desviando do processo normal de mudança. Neste caso, a solução preliminar é despachada imediatamente para engenharia realizar as mudanças necessárias, e a mudança é liberada. Se o produto já estiver em produção, essa mudança temporária na produção é conhecida como desvio, e permanecerá até que uma solução definitiva seja aprovada. No caso da mudança não exigir urgência, a solução percorrerá os canais normais de aprovação.

Avaliar Solução

Existem diversas avaliações as quais a solução proposta para a mudança deve ser submetida. Isto facilita a tomada de decisão em relação à execução da mudança, como por exemplo, se ela ocorrerá nos novos produtos, nos produtos ainda em produção, nos produtos já nos canais de distribuição e venda, ou mesmo nos produtos em campo.

Autorizar Mudança

As informações das avaliações são analisadas pelo gerente de mudança, verificando os custos da mudança em relação à solução proposta e escopo do problema. As informações da avaliação podem exigir que o gerente considere que a solução proposta seja reavaliada, a necessidade de maiores detalhes para esclarecimento, ou então aprová-la sem ressalvas. Neste estágio, a solução para a modificação é fechada, definindo-a como tecnicamente satisfatória.

Executar Mudança

A solução é encaminhada para a engenharia e manufatura que executa as alterações necessárias para atender a mudança. Todas as ações em relação à mudança são registradas. Neste ponto, o processo termina, e a solução não pode mais ser alterada, a não ser iniciando um novo pedido.

O outro modelo discutido a seguir é resultado de um trabalho abordando um estudo de caso realizado por CARVALHO (1999), onde um novo sistema computacional foi desenvolvido e implantado para apoiar o ECM em uma multinacional, montadora de veículos pesados. Durante a implementação, foi desenvolvido um modelo para o processo de mudança de engenharia, o qual foi utilizado tanto para a implantação como para treinamento dos envolvidos. Este modelo está dividido em 4 fases: propor mudança, avaliar solução, executar projeto e implementar. Como o projeto piloto tratava-se do desenvolvimento de um novo caminhão de carga leve, o modelo de ECP não considerou o processo de produção (CARVALHO, 1999). Apresenta-se a seguir uma descrição das principais atividades de cada uma das quatro fases desse modelo.

Propor Mudança

O processo tem início com um originador criando uma ECR no sistema. A mudança pode estar relacionada com idéias de melhorias, reclamações, problemas ou sugestões, dos engenheiros projetistas, dos montadores dos protótipos, dos engenheiros de testes, dos fornecedores etc. Durante essa fase a ECR recebe o *status* de *criada*. Uma mensagem automática é enviada pelo sistema diretamente ao gerente de mudanças avisando que uma nova ECR foi criada. A ECR é pré-analisada durante uma reunião do CCB. Caso não seja aceita, seu *status* muda para *rejeitada* e o originador é comunicado da decisão. Sendo aceita, todos os afetados pela mudança são identificados, bem como o responsável pela sua condução é definido. Um nível de prioridade deve ser dado, e o *status* é alterado para *em solução*.

Avaliar Solução

O responsável pela ECR é comunicado do pedido de mudança, além dos líderes ou coordenadores das áreas afetadas. Uma solução é desenvolvida em equipe. Todas as áreas afetadas são questionadas sobre os efeitos da mudança identificada. Caso necessário, uma solução temporária é definida e implementada nos protótipos afetados. O custo e gravidade da mudança, além do tempo de implementação são os mais importantes parâmetros usados para aprovar uma solução durante a segunda reunião do CCB. Caso a solução proposta seja autorizada, sua efetividade é definida, ou seja, em qual protótipo ela será introduzida, e o *status* é alterado para *projeto em execução*.

Executar Projeto

Os líderes ou coordenadores das áreas afetadas pela mudança são comunicados de sua autorização. A BOM é atualizada no sistema, os desenhos e modelos afetados são alterados e revisados, além de todas as análises características de um processo de projeto serem reavaliadas. Uma revisão final é encaminhada na terceira reunião do CCB, quando acontece o fechamento da ECR, alterando seu *status* para *concluída*.

Implementar

Caso a efetividade da ECR defina que ela seja implementada em um protótipo, após sua conclusão, uma comunicação avisa os responsáveis pela confecção dos protótipos. Depois de implementada a mudança, o *status* é alterado para *protótipo*.

O estudo de modelos teóricos e práticos pode ser um meio de aprimoramento de um novo modelo a ser proposto ou implementado. No trabalho desenvolvido por PIKOSZ & MALMQVIST (1998), foi realizado uma comparação do processo de alteração de engenharia em três empresas distintas, utilizando, como parte da metodologia, a modelagem do processo de cada caso. Essa metodologia foi uma adaptação da proposta por VROOM (1996), sugerindo a criação de um metamodelo baseado em quatro dimensões: processo, sistema, informação e papel. Segundo PIKOSZ & MALMQVIST (1998), isto possibilitou cobrir todos os aspectos do processo de mudança de engenharia, facilitando também a análise dos modelos das empresas. O

método de modelagem utilizado foi o IDEF0. A comparação dos casos estudados a partir de um modelo desenvolvido em cada empresa apresentou algumas vantagens:

- Visão geral dos objetos envolvidos;
- Um modelo completo de todo o processo, propiciando uma boa base para discussão e referências futuras;
- As relações entre os objetos podem ser representadas por matrizes de relacionamento, o que permite uma fácil representação do entendimento das relações entre objetos; e,
- Ferramentas computacionais podem ser utilizadas para modelar, bem como facilitar a visualização do modelo.

A análise dos modelos, conduzida por PIKOSZ & MALMQVIST (1998), proporcionou a indicação de que uma solução geral para o ECP não é possível caso se busque um processo ótimo. Os processos das empresas estudadas por PIKOSZ & MALMQVIST (1998) apresentaram um modelo semelhante no nível macro, porém o impacto dos requisitos de cada empresa e negócio são visíveis já no nível inferior subsequente, demonstrando grandes diferenças no processo, e por consequência, no modelo.

Além de utilizados como referencial para comparação, ou como parte de metodologias de implementação de sistemas, dentre outros usos, o modelo possui grande aplicação para o desenvolvimento de sistemas.

PENG & TRAPPEY (1998) apresentam um modelo para os dados do processo de mudança de engenharia, utilizando o formato Express-G³, com o objetivo de auxiliar o desenvolvimento de sistemas de gerenciamento de dados de engenharia.

Uma outra dimensão do processo de negócio, diretamente relacionada com as atividades, são as informações. Estas são necessárias para a execução de uma atividade, e também resultado de sua execução. As informações muitas vezes estão representadas nos modelos. O item seguinte discute essa dimensão.

³ Express é uma linguagem formal de modelagem, utilizada pelo STEP (*Standard for the Exchange of Product Model Data*) para especificar informações de produto na própria representação. EXPRESS-G é uma especialização dessa linguagem que suporta notações gráficas e os conceitos de entidade, tipo e relacionamentos.

4.3.3. Informação para o ECM

O processo de mudança de engenharia possui algumas informações formalizadas em alguns documentos padrão, descritos na maior parte dos casos analisados. Esses documentos contêm dados naturais da própria gestão do processo.

Analisando o trabalho de alguns autores (CARVALHO, 1999; PIKOSZ & MALMQVIST, 1998), nota-se alguns documentos mais comuns, utilizados na gestão do processo, sendo eles:

- Pedido de Mudança de Engenharia: (*Engineering Change Request – ECR*) documento que formaliza o pedido de alteração, indicando o possível problema encontrado. Pode conter também uma solução plausível, desde sua criação. Outro termo utilizado para esse documento é Proposta de Mudança de Engenharia (*Engineering Change Proposal*);
- Notificação de Mudança de Engenharia: (*Engineering Change Notification –ECN*) documento que notifica as áreas envolvidas sobre um pedido de alteração, bem como suas possíveis implicações;
- Ordem de Mudança de Engenharia: (*Engineering Change Order – ECO*) documento contendo a solução aprovada para a ECR, bem como a autorização para sua implementação, seja nas descrições do produto em desenvolvimento ou na produção.

BENEDETTO & TRABASSO (1997) detalham as informações que devem estar presentes em uma ECR, dentre elas, destaca-se o título da mudança, os projetos afetados, o originador, a autorização (identificando uma pessoa superior ao originador na organização da empresa, indicando a aceitação e corroboração do problema especificado), a descrição da mudança, seus impactos, a decisão sobre a efetividade, o time que participara do processo, o estudo da solução etc. O *handbook* HDBK MIL 61 (1996) contém modelos e padrões para esses documentos que podem ser utilizados como referência.

O controle efetivo da versão desses documentos, bem como de todos os outros utilizados para descrever o produto ou o processo, é de fundamental importância para garantir que as tarefas seja executadas com as informações corretas.

KRISHNAMURTHY & LAW (1995) propõe um modelo para controle de versão de documentos baseado nos critérios de acesso e status. O ETA 649 *apud* HDBK MIL 61 (1996) também apresenta um modelo para o controle de versão.

Além do controle da versão dos documentos, existem diversos outros métodos utilizados para apoiar o ECM, como a efetividade e a classificação das mudanças, abordados na seqüência.

Efetividade

As mudanças mesmo depois de aprovadas e de passar por todos os estágios de aprovação, somente serão executadas quando a efetividade permitir.

Assim, a efetividade define quando e onde a mudança será executada. Essa definição normalmente é formalizada em termos de data e número serial (SAP, 1998). Portanto é possível definir que uma determinada mudança somente será executada a partir de uma data, ou intervalo especificado, o mesmo para o número serial. Alguns sistemas mais avançados permitem que o usuário defina um novo tipo para efetividade, como por exemplo, modelos de produtos, grupos de consumidores, possibilitando ainda definir uma combinação de vários tipos (SAP, 1998).

BALCERAK & DALE (1982), durante seu estudo de caso, identificaram seis fatores determinantes para a efetividade de uma mudança: tendências do mercado, carga de trabalho dos envolvidos no processo, disponibilidade dos componentes ou matérias-primas de reposição, e vida útil do ferramental. Esses fatores demonstram uma relação muito forte com o tipo de empresa. Por exemplo, a vida útil do ferramental para muitos casos não deve ser considerada.

Existem outros fatores de análise para a determinação da efetividade, mais independentes das características da empresa, como os descritos logo a seguir, apresentados no *handbook* HDBK MIL 61 (1996).

- a) **Urgência:** correções de problemas envolvendo segurança, por exemplo, devem sempre ter prioridade;
- b) **Inventário:** os componentes e matérias-primas em estoque devem ser considerados;

- c) **Configurações:** atrasos ou adiantamentos de mudanças em componentes/produtos devem ser feitas com o objetivo de minimizar o número de itens de configuração;
- d) **Lead time:** existem vários *lead times* que devem ser considerados durante a definição de uma mudança, como por exemplo, o *lead time* necessário para a aquisição de nova matéria-prima utilizada no componente alterado; e,
- e) **Planejamento:** a efetividade precisa ser selecionada considerando a capacidade operacional disponível.

O correto uso da efetividade é fundamental para se evitar problemas com desvios das especificações permitidos por meio de concessões, ou mesmo prejudicando a avaliação do custo do produto e a programação do MRP.

Classificação

De acordo com BALCERAK & DALE (1982), o uso de um sistema de classificação para mudanças possibilita um gerenciamento mais atento e focado nas alterações mais complexas e potencialmente de maior custo, além de determinar a urgência que uma mudança deve ser executada.

A partir da literatura analisada, identificou-se algumas propostas para classificação de mudanças. Ou então contrários, como HUGE (1977), que considera cada ECR como única, possuindo suas peculiaridades próprias, e por isso considera que deve ser tratada individualmente, não cabendo sua classificação dentro de um sistema fechado.

DIPRIMA (1982) apresenta uma classificação para mudanças de engenharia, buscando facilitar a determinação do momento adequado para se executar a mudança, sendo fatores chaves o tempo e o custo envolvido. Propõe os seguintes tipos de mudanças:

- a) **Imediata:** modificação relacionada com defeito, e por segurança deve ser executada rapidamente;
- b) **Obrigatória:** deve ser incorporada assim que possível, o tempo para execução pode ser discutido; e,
- c) **Conveniente:** deve ser incorporada sempre que possível na prática.

MAULL *et al* (1992) destaca que também é necessário tomar uma certa atenção para classificar o impacto da mudança de engenharia na empresa.

Nesse sentido, o mesmo autor apresenta a seguinte proposta de classificação:

- a) **Mudanças de classe A:** caracteriza mudanças obrigatórias. Estas podem ocorrer por razões de segurança, por uma inovação tecnológica apresentada por um concorrente, ou outros motivos relativamente graves;
- b) **Mudanças de classe B:** caracteriza mudanças necessárias. Relaciona-se a problemas como dificuldade de aquisição de material, ou mudanças no cenário competitivo, por exemplo. Este tipo de mudança pode surgir devido a dificuldades de compra;
- c) **Mudanças de classe C:** caracteriza mudanças convenientes. Estas promovem relativamente pouca melhoria competitiva. Estas mudanças são adequadas para atualizações de versões com calendário definido.
- d) **Mudanças de classe D:** caracteriza pequenas mudanças, podendo ser implementadas sem a necessidade de suporte da engenharia.

Considerando a análise do impacto da mudança, HEGDE *et al* (1992), em seu estudo, identificou que as grandes mudanças causam menos confusão que as pequenas. Estas tendem a se perderem dentre as inúmeras atividades do chão-de-fábrica.

BALCERAK & DALE (1982), em seu trabalho no qual procura discutir as questões consideradas por ele como chaves para o ECM, propõe que mudanças de engenharia são melhor classificadas utilizando-se dois critérios distintos: tipo e grau. O tipo indica o impacto das mudanças sobre os vários departamentos da empresa. E o grau representa a urgência com que deve a mudança deve ser processada.

Adotar uma classificação que atenda às características do negócio e que permita um melhor gerenciamento, é uma prática aconselhada por diversos autores (MAULL *et al*, 1992; BALCERAK & DALE, 1982; DIPRIMA, 1982).

Analisando alguns dos fatores do *framework* proposto por BENEDETTO & TRABASSO (1997), além das dimensões para o processo de negócio apresentado por ROZENFELD (1997), surge a necessidade de considerar uma dimensão que suporte a

discussão de questões relativas a mudanças de engenharia, considerando as implicações de custo de manufatura, os ambientes de produção, o impacto das mudanças no desempenho dos sistemas MRPs, questões inerentes à produção com longo *lead time*, e possíveis indicadores que permitam a efetiva gestão do processo de mudança de engenharia. Dessa maneira, o item seguinte, denominado Estratégia de Produto e Produção, apresenta uma breve discussão sobre esses tópicos.

4.3.4. Estratégia de Produto e Produção

De acordo com BALAKKRISHNAN & CHAKRAVARTY (1996) e HO (1994), os aspectos econômicos associados às mudanças de engenharia são alvo de poucos estudos. Isto pode ser um efeito da dificuldade em se estabelecer um procedimento adequado para avaliar as implicações econômicas do ECM.

Dentre os poucos trabalhos identificados, destaca-se o de CHALMET *et al* (1985), no qual descreve uma heurística para estudar o impacto de uma EC no desempenho dos sistemas MRP no dimensionamento de lotes. Este estudo se restringiu ao dimensionamento de lotes de produtos com dois níveis na estrutura de produto. HO & LI (1997) investigou o impacto das mudanças em estruturas de vários níveis. BALAKKRISHNAN & CHAKRAVARTY (1996) teve como foco os custos relacionados a mudanças de engenharia, analisando as estratégias de *phase-in* e *phase-out* dos produtos. Porém não apresenta nenhuma quantificação dos benefícios em termos de aumento de lucratividade, advindos com as mudanças, melhorias de produtos, novos lançamentos etc.

DIPRIMA (1982), propõe que os custos associados com mudanças de engenharia estão distribuídos nos custos de *scrap*, custos de variação do preço de compra e ineficiências da manufatura, apresentando a complexidade em se identificar e totalizar seus valores.

Totalizar os custos referentes às mudanças de engenharia é uma tarefa difícil. Uma das melhores análises desse tema é apresentada em (BALAKKRISHNAN & CHAKRAVARTY, 1996). Outros, como TERWIESCH & LOCH (1999), apresentam valores obtidos de estudos de caso, como por exemplo, que o impacto negativo das mudanças de engenharia representa de 20% a 50% do custo do ferramental.

HUANG *et al* (2001) reporta um trabalho de *survey* internacional realizado em 1988, conduzido em empresas americanas e européias de diversos setores de manufatura (aeroespacial, defesa, têxtil, eletrônicos, produtos de consumo, construção etc.). A faixa de mudanças nas empresas analisadas variava de duas a 1000 mensais, com uma média de 330 mudanças de engenharia por mês. Os custos administrativos, de pequenas empresas até as presentes no FORTUNE 500, resultaram na média de US\$1400,00 por mudança. Estes valores correspondem a um custo de administrativo anual de US\$3,4 milhões até US\$7,7 milhões, justificando uma maior atenção ao ECM.

Considerando os custos de um *recall*⁴ como resultado de uma mudança de engenharia para sanar uma falha de projeto, pode-se identificar valores ainda mais altos. Na indústria automotiva, por exemplo, em que devido ao volume de produtos no mercado, a notoriedade e as implicações negativas em assumir publicamente um problema de qualidade, pode atingir valores na ordem de dezenas de milhões de dólares, como é o caso da General Motors do Brasil em 2000, que identificou uma falha na estrutura de fixação do cinto de segurança e oficializou um *recall* de mais de 960 mil unidades⁵.

A conferência promovida pelo CIMData⁶ em 2001 apresentou alguns valores para os custos de mudanças considerando a etapa do ciclo de vida do produto. Mudanças na concepção do produto causam menor re-trabalho e implicam em um custo acentuadamente menor comparando com alterações no produto em produção. Neste sentido, o CIMData propõe que as discussões, definições e conseqüentes mudanças sejam realizadas no início do projeto, proporcionando uma cadeia menor de retrabalho e permitindo o surgimento de idéias inovativas. Entretanto, caso as mudanças aconteçam durante a produção, a probabilidade de mudanças críticas é muito maior, com sérias implicações em relação a custos, visto que todo o desenvolvimento já foi executado. A Figura 17 ilustra essa proposição.

⁴ Uma chamada da empresa para corrigir falhas de projeto de seus produtos em série

⁵ Fonte: Agência Estado.

⁶ CIMData: Agência de pesquisa e consultoria empresarial relacionada com estudos de sistemas CAD e PDM, dentre outros (www.cimdata.com).

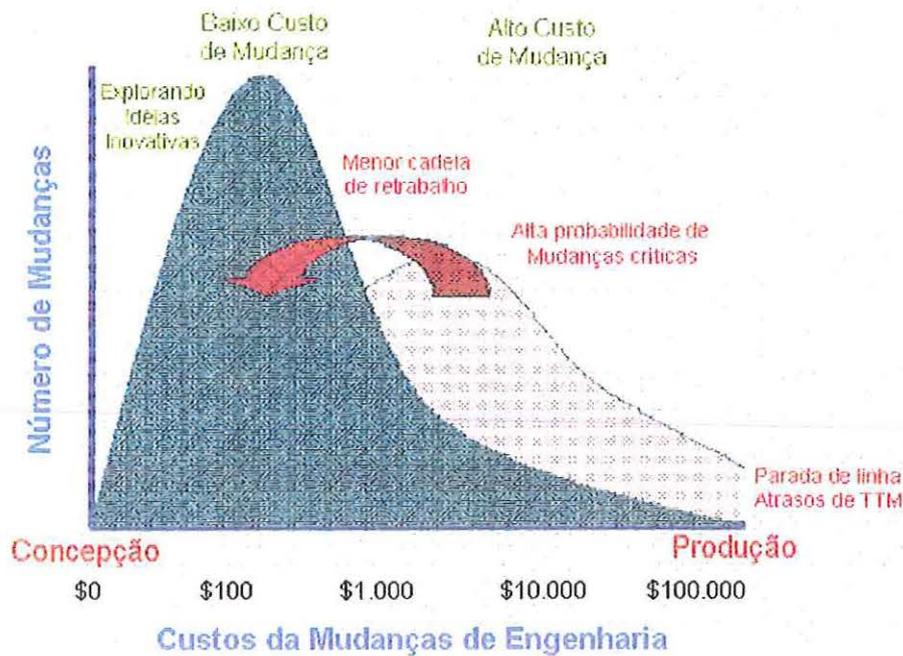


Figura 17 – Impacto da mudança nos custos do produto

(Adaptado de CIMData 2001)

Em relação ao produto, o gerenciamento falho das mudanças de engenharia nos sistemas MRP pode significar a disposição de vários itens do inventário como obsoletos (HO, 1994; HO & LI, 1999; CHALMET *et al*, 1985; BALAKKRISHNAN & CHAKRAVARTY, 1996).

HO (1994) propõe a existência de dois componentes no custo de obsolescência. Quando uma mudança de engenharia ocorre, os inventários em estoque e em processo tornam-se obsoletos. Para o custeio padrão, os valores para o inventário em estoque e em processo são diferentes. Desde que os itens em processo ainda não estejam finalizados, o valor adicionado para esses itens deve ser menor do que para os itens já finalizados. Entretanto, o custo de obsolescência do inventário em estoque é o custo completo do item, e do inventário em processo do item re-projetado é proporcional ao grau de execução do processo produtivo. Em seus estudos, HO (1994) identificou que o custo de inventário cresceu de 20% para 30% do custo do item quando existe uma mudança de engenharia neste.

Outra grave consequência das mudanças de engenharia frequentes pode ser a indução da instabilidade no planejamento da produção, fenômeno geralmente referido como nervosidade do sistema (HO, 1994; HO & LI 1999; CHALMET *et al*, 1985;

BALAKKRISHNAN & CHAKRAVARTY, 1996), e tido como um dos mais difíceis para o planejamento e controle da produção.

HO (1994) apresenta um exemplo da influência das mudanças na programação dos sistemas MRP. A Figura 18, apresenta uma estrutura de produto do item A com 5 componentes. Se mudança de engenharia é requerida para os componentes no nível inferior da BOM, D, E e F, o inventário existente para estes itens podem se tornar obsoleto (a menos que eles sejam mantidos como componentes sobressalentes de produtos existentes). Mudança de engenharia em componentes acima desses itens, A, B e C, confundiriam o planejamento da produção consideravelmente. Por exemplo, se o item C precisa ser re-projetado, o inventário do item C pode se tornar obsoleto. A questão é se os itens D e E, que são componentes do item C, podem ser usados no novo projeto do C. Quando o re-projeto do item C afeta a funcionalidade dos itens D e E, a probabilidade de ter mudanças de engenharia nos itens D e E é muito grande. Uma conclusão apresentada por HO (1994), é ser mais provável re-projetar itens de níveis inferiores do que itens de níveis superiores na estrutura de produto.

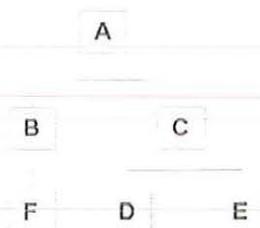


Figura 18 – Exemplo do efeito de mudança de engenharia na BOM

Em um estudo posterior, HO & LI (1997) avaliaram os efeitos de mudanças de engenharia progressivas em estruturas de produto de vários níveis. Para tal, foi desenvolvido um procedimento analítico baseado em probabilidades estatísticas. Porém, concluiu-se que o número de níveis da BOM não possui uma relação aparente com mudanças nos componentes.

CHALMET *et al* (1985) apresentam um experimento no qual procurou identificar o efeito das mudanças de engenharia e da incerteza na demanda no dimensionamento do lote pelo sistema MRP. Em seu estudo CHALMET *et al* (1985) consideraram quatro fatores de influência para a demanda: variação da demanda, ciclo de vida do produto, frequência da re-programação das ordens de produção e as mudanças de engenharia.

Foram analisados oito métodos para dimensionamento do lote, de onde resultou em várias conclusões, como por exemplo, a baixa performance do lote a lote, ao contrário de métodos como o viz SM e POQ. Ao final CHALMET *et al* (1985) concluíram que a seleção de um método apropriado para dimensionamento do lote não é uma tarefa trivial, e deve ser tomada tendo em mente também o ECM (HO & LI, 1997, CHALMET *et al*, 1985).

HO (1994) apresenta um outro exemplo ilustrando o efeito das mudanças de engenharia na instabilidade da programação. A parte superior da Tabela 1 apresenta a programação do MRP para o item X antes de ocorrer uma mudança de engenharia. O *lead time* para o item X é 2 semanas, utilizando o método para dimensionamento lote a lote. Supondo que o inventário inicial seja de 40 unidades e uma ordem aberta para 50 unidades. Se o item X precisar ser re-projetado, a parte inferior da Tabela 1 ilustra o efeito da mudança de engenharia na programação do MRP. O inventário em estoque e as ordens abertas tornam-se obsoletas, retornando ao valor zero. Conseqüentemente, existe uma série de pedidos de 90 unidades em 2 semanas, os quais devem ser liberados imediatamente. Note que 190 unidades são liberadas na semana 1 a qual combina o total de pedidos de 90 unidades na semana 2 e 100 na semana 3. A instabilidade causada por uma mudança de engenharia na programação do MRP para o item X afeta a programação para os itens inferiores da estrutura. Entretanto, re-programando o item X dispara um efeito dominó na re-programação dos itens inferiores. Em um trabalho posterior, HO (1997) valida essa observação.

Tabela 1 – Efeito das mudanças de engenharia na programação do MRP

(Adaptado de HO, 1994)

	Semanas											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
pedidos acumulados		90	100			60		200		50	100	
pedidos em carteira		50										
inventário de estoque	40	40	0	-100	-100	-100	-160	-160	-360	-360	-410	-510
liberação das ordens planejadas	100			60		200		50	100			

antes das mudanças de engenharia

	Semanas											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
pedidos acumulados		90	100			60		200		50	100	
pedidos em carteira												
inventário de estoque	0	0	-90	-190	-190	-250	-250	-450	-450	-500	-600	-600
liberação das ordens planejadas	190			60		200		50	100			

depois das mudanças de engenharia

O impacto causado por uma mudança de engenharia é maior em um ambiente produtivo com longo *lead time* (REIDELBACH, 1991; MAULL *et al*, 1992). Muito disso, é devido aos grandes investimentos de inventário necessários e a dificuldade em garantir o resultado previsto nos planos de manufatura (MARTEL, 1985).

HEDGE *et al* (1992) apresenta um estudo sobre tempo de atraso (*time delays*) na manufatura discreta, focando na interface de projeto engenharia/manufatura com respeito às mudanças de engenharia, procurando apresentar evidências concretas do impacto danoso das mudanças de engenharia no encaminhamento e execução das ordens de produção no chão-de-fábrica, com relação ao aumento do *lead time*. REIDELBACH (1991) discute alguns aspectos dos ambientes produtivos com longo *lead time*, como o relacionamento com o cliente, com os fornecedores, o chão de fábrica e a produção *make-to-order*.

Produção com longo *lead-time* tipicamente envolve bens mais complexos, e com grande vida útil. Neste caso, as indústrias necessitam de um suporte ao produto muito eficiente, além de um ótimo relacionamento com os seus clientes ou com os usuários finais. Mesmo assim, invariavelmente as demandas dos clientes acabam exigindo mudanças no produto, seja na fase de desenvolvimento, na de produção, ou mesmo depois da entrega do produto (HEDGE *et al*, 1992).

A maior parte do inventário, em produção com longo *lead time*, está em processo, por exemplo, na indústria básica, como a do aço, cerca de 75% do inventário está em processo (HEDGE *et al*, 1992). Isto implica em inúmeras conseqüências quando mudanças de engenharia são requisitadas depois de uma ordem de produção ser liberada. O relacionamento com os parceiros torna-se fundamental, visto que muitas vezes componentes fornecidos terão que sofrer modificações, e o fornecedor pode relutar ou mesmo recusar a mudança. Na falta de um bom conhecimento da capacidade de cooperação dos parceiros, o plano de risco deve acomodar os custos das modificações na própria empresa e, em último caso, prever rupturas no planejamento previsto (HEDGE *et al*, 1992; REIDELBACH, 1991).

De acordo com SARI (1990) *apud* MAULL *et al* (1992), os ambientes produtivos podem ser classificados em 5 categorias diferentes: *make-to-stock*, *assembly-to-order*, *make-to-order*, *engineer-to-order* e *selling capacity*. Destes, o produto mais complicado, é o *engineer-to-order* com longo *lead time*. Invariavelmente a engenharia encontrará justificativa para modificar uma, duas, dez, ou quantas vezes forem necessárias, componente, materiais ou processos antes, durante ou depois da produção, até satisfazer aos requisitos do cliente MAULL *et al* (1992). Neste ambiente de instabilidade e incertezas torna-se difícil elaborar qualquer plano mestre de produção (MAULL *et al*, 1992; HEDGE *et al*, 1992; REIDELBACH, 1991).

A gestão efetiva do processo de mudança de engenharia não é uma tarefa fácil, diversos fatores advindos do desenvolvimento do produto, da produção, dos consumidores e etc, devem ser analisadas. DIPRIMA (1982) discute em seu trabalho várias considerações sobre o processo de implementação do ECM.

De acordo com ROZENFELD (1997), a dimensão restante para a caracterização do processo de mudanças como um BP é a dos recursos. Essa dimensão inclui sistemas, máquinas, ferramentas, estruturas etc. Porém, para este trabalho definiu-se que o escopo para a revisão seria coberto apenas pelos sistemas de informação que apóiam o ECM. Essa medida foi tomada considerando os objetivos e perguntas propostas para esta pesquisa. No item seguinte é apresentada uma discussão sobre os sistemas de informação e como eles apóiam o ECM

4.4. Sistemas de Apoio à Gestão das Mudanças de Engenharia

4.4.1. Requisitos para os Sistemas ECM

A maioria dos trabalhos encontrados na literatura sobre ECM situa-se dentro do escopo de procedimentos baseados no fluxo de documentos físicos (HUANG *et al* 2001). Apesar de algumas empresas possuírem um conjunto de documentos estruturados para o ECM, os procedimentos baseados em papel não atingem a eficiência necessária para a gestão das mudanças (HUANG *et al* 2001).

De acordo com HUANG *et al* (2001), um grande número de solicitações de mudanças ativas ao mesmo tempo impossibilita o uso de procedimentos *ad hoc* baseados em papel para o ECM.

Em um trabalho desenvolvido por HUANG & MAK (1998), foi realizado uma *survey* nas indústrias de manufatura procurando identificar o uso dos sistemas de apoio ao ECM. Uma das conclusões obtidas foi que apesar da grande quantidade de soluções disponíveis no mercado, elas não estão sendo muito utilizadas na prática. HUANG & MAK (1998) propõe algumas razões para isso:

- a) as funcionalidades dos sistemas atuais não atendem aos requisitos do usuário;
- b) as empresas de manufatura desconhecem esse tipo de sistema;
- c) os sistemas são muito difíceis de utilização, consomem muitos dados, consumindo tempo das empresas; e,
- d) a tecnologia promete mais do que atende.

PIKOZS & MALMQVIST (1998) acrescentam que uma outra razão é provavelmente a dimensão de algumas empresas, com muitas áreas diferentes com uso de sistemas não integrados.

Em um estudo de caso de implantação de um sistema ECM, CARVALHO (1999) identificou alguns requisitos, considerando o processo de desenvolvimento de produto. São eles:

- Dados completos, consistentes e únicos na base de dados;
- Base de dados segura;
- Fluxo de atividades automatizado e consistente;

- Interface amigável;
- Funções gerenciais: preparação da agenda para reuniões do CCB, controle do progresso, controle simultâneo das mudanças subordinadas, processo simplificado para mudanças menores, aviso de atraso no processo;
- Desempenho adequado e poucas tarefas necessárias para sua operação;
- Interface com sistemas PDM, em relação aos documentos afetados, aos componentes, a BOM e aos produtos variantes;
- Integração com todos os sistemas relacionados da empresa;
- Envolvimento dos fornecedores e parceiros;
- Base de dados do histórico do projeto;
- Inclusão de mudanças de diferentes projetos;
- Compatível com organização de trabalho em time;
- Custos de implementação e manutenção adequados;
- Suportar diferentes níveis de estrutura organizacional;
- Análise do impacto da mudança: análise espacial da solução utilizando uma interface com o *Digital Mock-Up*, determinação da extensão da solução através do desdobramento das funções do produto, custo estimado do ferramental da manufatura;
- Interface com o sistema de controle de custo do produto, com o de simulação e análise do produto; e,
- Planejamento e controle das atividades relacionadas com o processo de mudança.

Na *survey* de HUANG & MAK (1998), foi possível identificar dentre as principais atividades do ECM, quais são realizadas manualmente, quais são apoiadas por computador, ou mesmo se são ou não consideradas. As atividades seguintes de ECM foram relatadas por mais de 80% das empresas envolvidas na pesquisa:

- a) Controlar formalmente o ECM;
- b) Estabelecer um procedimento claro de ECM;
- c) Criar um documento de pedido de mudança (ECR);
- d) Receber, registrar, atualizar, e manter o histórico das mudanças;

- e) Aprovar/autorizar um pedido de mudança; e,
- f) Notificar todas as parte envolvidas sobre a mudança.

Observando a Figura 19, resultado do trabalho de HUANG & MAK (1998), fica claro que a maior parte das atividades ainda são realizadas sem o auxílio do computador.

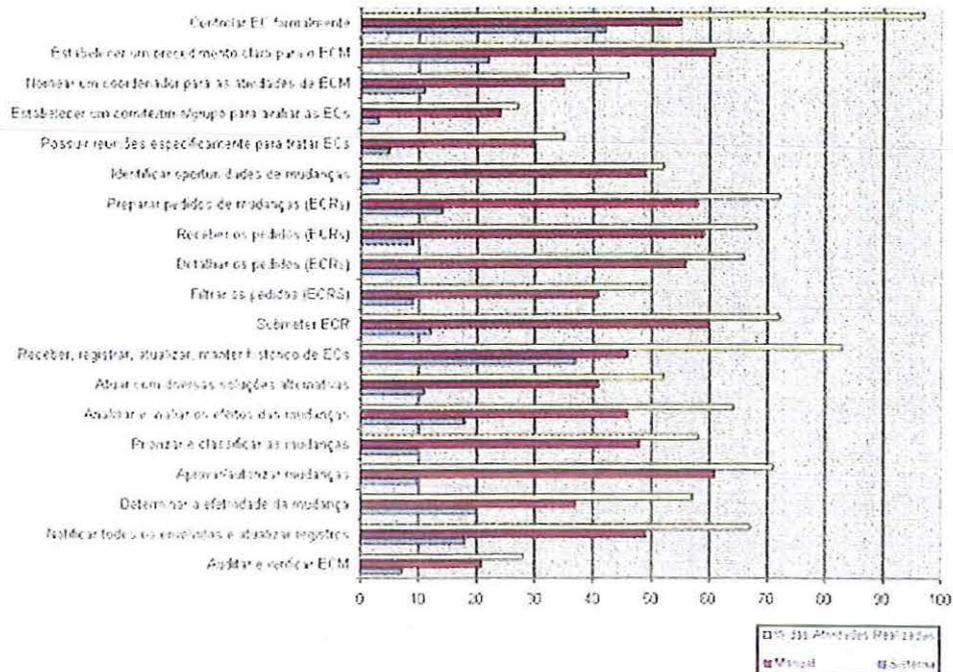


Figura 19 – Atividades apoiadas pelos sistemas ECM
(Adaptado de HUANG & MAK, 1998).

Atualmente, diversas soluções baseadas na tecnologia da informação se propõem a apoiar a gestão das mudanças de engenharia. O item seguinte discute algumas dessas soluções.

4.4.2. Sistemas de Informação com funcionalidades de ECM

HUANG *et al* (2001) identificaram três tipos de sistemas que apóiam o ECM. O primeiro tipo consta dos aplicativos básicos de automação de escritório utilizados para preparar documentos e planilhas para registro de informações referentes às mudanças. O segundo tipo é constituído dos sistemas especialmente desenvolvidos para suportar atividades básicas do processo de mudança de engenharia, incluindo, por exemplo, as solicitações e registros das mudanças. O terceiro tipo refere-se as soluções *Product Data*

Management (PDM), *Electronic Document Management* (EDM) e *Enterprise Resource Planning* (ERP).

Os sistemas ECM possuem uma relação estreita com diversos outros sistemas de suporte ao projeto e planejamento, tais como CAD (*Computer Aided Design*), CAPP (*Computer Aided Process Planning*) e MRP (*Material Requirement Planning*).

Os sistemas CAD são utilizados para apoiar a geração de modelos geométricos, sólidos ou não, facilitando as atividades de esboço até o detalhamento do projeto. Alguns sistemas ainda incluem outras funcionalidades relacionadas à análise estrutural e simulação dos modelos. Os sistemas CAPP gerenciam as informações e apóiam as atividades relativas ao planejamento de processo. Os sistemas MRP têm como principal funcionalidade apoiar o processo de planejamento e aquisição de materiais.

Os ambientes baseados na plataforma da Internet propiciam novas abordagens para os negócios, inclusive para as práticas de ECM. De acordo com HUANG *et al* (2001), a mudança mais significativa é a possibilidade de acesso simultâneo de múltiplos usuários geograficamente distribuídos. Neste sentido, os mesmos autores desenvolveram um sistema ECM para web, constituído de três camadas: servidor de dados ECM, servidor web ECM e servidor de aplicativos ECM. Este sistema pode ser classificado como do segundo tipo, considerando os tipos abordados por HUANG *et al* (2001).

Dentre as soluções comerciais disponíveis, algumas se destacam no apoio ao ECM, como os sistemas *workflow*, considerados de segundo tipo, e os sistemas ERP e PDM, considerados de terceiro tipo, segundo HUANG *et al* (2001). A seguir apresenta-se uma breve discussão sobre essas soluções.

Sistemas *Workflow*

O conceito de *Workflow* é relativamente novo, tendo surgido no início dos anos 90, juntamente com outras tecnologias que permitiam o trabalho integrado, interativo e ativo. São conhecidos de uma forma geral como tecnologias para o trabalho em grupo, ou *Computer-Supported Cooperative Work* (CSCW) (THIVES, 2000).

Os sistemas de trabalho em grupo englobam um conjunto de funcionalidades e aplicativos, entre os quais: correio eletrônico, a agenda eletrônica em grupo, a

manipulação de documentos em grupo e o gerenciamento de fluxo de trabalho (TIBERTI, 1996).

Os sistemas *Workflow* apóiam o ECM no sentido em que possibilitam uma análise proativa, uma compreensão e automação de atividades e tarefas baseadas em informação (KOULOPOULOS, 1997), ou seja, possibilitam automatizar processos (CRUZ, 1998).

Os principais exemplos desse tipo de sistema, atualmente disponíveis no mercado são o *Lotus Notes* e o *Microsof Exchange Service*.

Sistemas ERP

Os sistemas ERP possuem módulos que abrangem o seguinte escopo: operações e gerenciamento da cadeia de suprimentos, gestão financeira e contábil, e gestão dos recursos humanos (Corrêa *et al*, 1997). Esses módulos suportam as atividades de diversos processos de negócio das empresas, dentre os quais, marketing, vender, produzir, desenvolver produtos, gerenciar recursos humanos, gerenciar informações e gerenciar recursos financeiros e físicos.

Os sistemas ERP continuam expandindo sua estrutura através do incremento de funcionalidades, aquisição de sistemas especialistas e parceria com fornecedores de outras soluções (CHAUDHRY, 1998 *apud* ZANCUL, 2000). Dentre as novas funcionalidades, diversas são voltadas para o ECM, e a maioria dos sistemas atuais disponibilizam uma estrutura completa para a gestão das mudanças, incluindo funcionalidades características de sistemas PDM.

Os principais exemplos desse tipo de sistema, atualmente disponíveis no mercado, são o SAP, o Magnus, o Baan, o Oracle e o JDEdwars (MAYER, 1998).

Sistemas PDM

Considerando as últimas duas décadas, avanços tecnológicos possibilitaram uma nova perspectiva para a gestão dos negócios. Diversas empresas de manufatura investiram significativas quantias na informatização de diversos processos de negócios, dentre os quais, o de desenvolvimento de produto. No início, o uso de sistemas de informação resultou em “ilhas de automação” (DICKERSON, 1996).

Durante a década de 80, as empresas sentiram a necessidade de um gerenciamento mais eficiente dos dados, da estrutura de produto e da automação das ordens de alteração de engenharia (OMOKAWA, 1999).

Devido à falta de soluções comerciais disponíveis, boa parte das empresas desenvolveram soluções internas. Essa prática sanou os problemas imediatos de armazenamento de dados e rastreamento de fluxos de trabalho simples. Entretanto, essas soluções não atendiam à expectativa de efetiva gestão do produto e seus processos.

As primeiras soluções comerciais surgiram das próprias provedoras de sistemas CAD (*Computer Aided Design*), como uma extensão dos seus sistemas. A partir desse momento, de uma extensão, caracterizada na maioria dos casos por módulos extras, essas soluções passaram a produtos independentes. Começara então uma nova perspectiva para a gestão do produto, com a primeira geração de sistemas *Product Data Management* (PDM) (DICKERSON, 1996).

Esta primeira geração de sistemas PDM foi desenvolvida para “reforçar” procedimentos de engenharia (HOW, 1996), controlando apenas documentos e processos bem definidos, como por exemplo, o ciclo de aprovação de desenhos (OMOKAWA, 1999).

Com o passar do tempo, e fruto de inovações tecnológicas e experiência com projetos de implementação, diversas funcionalidades foram adicionadas aos sistemas PDM, o que caracterizou sua segunda geração. O CIMData propôs uma definição para essa geração de sistemas, identificando as principais funcionalidades características do PDM. Segundo o CIMData (1998), PDM são ferramentas que auxiliam engenheiros e pessoas relacionadas a gerenciar os dados de produto e o processo de desenvolvimento de produto. Suas principais funcionalidades seriam a gestão da estrutura do produto, dos documentos e informações de produto e processo, a identificação e classificação de itens, além da gestão integrada de projetos.

Por volta do final da década de 90, a explosão dos sistemas de gestão empresarial, ou *Enterprise Resource Planning* (ERP), assumindo o papel de *backbone* de informação gerencial, possibilitou uma nova perspectiva em relação à gestão dos dados do produto.

Resultado de uma evolução dos sistemas MRP e MRP II, adicionando soluções integradas para a gestão de financeira, de controladoria e de recursos humanos, os

sistemas ERP continuaram sua expansão de funcionalidades sob a bandeira da integração total dos processos de negócios da empresa. Os fornecedores dos sistemas desenvolveram mais módulos, muitos dos quais incorporando as principais funcionalidades dos sistemas PDM (ROZENFELD, 1998).

Essa sobreposição de funcionalidades entre sistemas ERP e PDM promoveu diversas propostas no sentido de permitir o melhor uso da integração dos sistemas. Dentre as propostas, destaca-se a de ROZENFELD (1998), a qual discute a abordagem conceitual e técnica para a integração, apresentando uma metodologia para análise.

Outro resultado dessa visão integrada das informações do produto foi à possibilidade de efetiva gestão de todo o ciclo de vida do produto. Essa nova visão de negócio é suportada pela necessidade de melhorias como a redução do *time-to-market*, e efetiva gestão dos projetos e *portfolio* de produtos.

Além disso, a necessidade de gestão da definição do produto e processos associados cresce cada vez mais, em grande parte devido ao aumento da complexidade resultado do surgimento das empresas estendidas. A globalização das empresas tem dispersado funcionários, produtos, serviços, e parceiros ao redor do mundo. Adicionalmente, novas exigências dos clientes resultaram em uma maior diversidade de produtos, aumentando os problemas de gerenciamento em relação aos seus antecessores. E por fim, as tecnologias de Internet e *web-based* estão possibilitando novas formas de negócio, onde a localização geográfica ou disponibilidade de informação não é mais restrição (CIMDATA, 2000).

Surge então a terceira geração dos sistemas PDM, com a visão de auxiliar os diversos processos nos quais o produto é objeto, desde sua concepção até obsolescência, suportando as práticas de engenharia simultânea.

Essa visão mais abrangente, proposta por diversos autores, dentre eles PIKOSZ & MALMQVIST (1998), define PDM como os sistemas que visam gerenciar todas as informações e processos relativos ao ciclo de vida de um produto. Entendendo-se ciclo de vida como todo o período compreendido desde a concepção de um produto até sua obsolescência, passando pelas etapas de projeto e produção. Esta definição aproxima-se do entendimento de e-PLM (*Product Lifecycle Management*), termo que se consolida no mercado como uma evolução do PDM através da adição de funcionalidades de

gerenciamento de portfólio, *Component Supplier Management* (CSM), suporte a engenharia colaborativa, *workplace* etc. (WEIL, 2000). O *workplace*, ou local de trabalho, comporta-se como um portal de convergência de informações relevantes para as atividades do usuário. Assim, informações providas por diversos aplicativos ficam disponíveis a partir de uma interface única, a do *workplace*.

O conceito de e-PLM foi proposto inicialmente pela AMR (*Advanced Manufacturing Research*), e adotado por diversos fornecedores de solução (SAP, PTC etc). O CIMData apresentou posteriormente um conceito semelhante, com as mesmas características, denominado de *collaborative Product Definition management* (cPDm), apresentando como distinção uma maior ênfase nos processos colaborativos. Essas novas soluções, consideradas uma evolução natural dos sistemas PDM, possuem como grande diferencial tecnológico a incorporação de aplicações *web*, tornando-se um sistema sob a plataforma da Internet, e parte integrante ou integrada ao sistema de gestão da empresa (MILLER, 2000).

A gestão das mudanças de engenharia consolida-se como um dos principais critérios de seleção e uso dos sistemas PDM de terceira geração. A gestão da configuração do produto ao longo de seu ciclo de vida, bem como o caráter colaborativo dos atuais desenvolvimentos de produto, e por consequência, toda a necessidade de gestão integrada e distribuída das mudanças de engenharia solicitadas por parceiros geograficamente distantes, caracterizam os principais usos dos sistemas PDM para as práticas de ECM.

4.5. Benefícios da Gestão do Processo de Mudança de Engenharia

Melhorias no ECM frequentemente aparecem em termos da não interrupção de outros processos, dificultando a avaliação dos seus benefícios diretos (BENEDETTO & TRABASSO, 1997).

Diante das várias etapas do ciclo de vida de um produto, quanto mais cedo for identificada uma necessidade de mudança, menor serão seus impactos (SYAN & MENON, 1994). Além disso, outras ações devem ser tomadas para atender a esse mesmo objetivo. Os contratos com fornecedores devem constar cláusulas que facilitem a

absorção das prováveis mudanças ao longo do ciclo de vida do produto. Mesmo assim, o bom relacionamento com os fornecedores é fundamental (REIDELBACH, 1991).

No estudo apresentado por MARTEL (1985), 80% ou mais do *lead time* total é tempo no qual o produto, seus componentes, e suas submontagens estão ociosos. Redução no *lead time* pode ser obtida através da otimização de atividades associadas com recepção de material, inspeção, emissão, estocagem, agrupamento e organização (REIDELBACH, 1991). Além dessas, outras ações podem ser tomadas com o intuito de reduzir o *lead time*, como evitar mudanças indesejáveis, elaborar um planejamento prevendo prováveis mudanças, baseando-se no histórico e em especialistas, etc.

REIDELBACH (1991) apresenta algumas diretrizes para facilitar o gerenciamento do processo de mudança de engenharia. Em um estudo de caso realizado e apresentado por WATTS (1984), são enumerados alguns benefícios obtidos em oito meses após o início da efetivação do ECM.

Ainda está em aberto uma pesquisa que trate da questão de quantificar os benefícios das mudanças resultados da melhoria na confiabilidade e qualidade do produto, pois uma razoável estimativa desses benefícios é um pré-requisito para propiciar uma justificativa econômica para o ECM (HO & LI, 1997).

Considerando toda a abordagem discutida até agora sobre o processo de mudança de engenharia e sobre as práticas de ECM, torna-se possível traçar um paralelo com o processo de controle da configuração do CM, visto que apresentam uma grande similaridade de objetivos. O item seguinte apresenta essa discussão.

4.6. Controle da Configuração e o Processo de Mudança de Engenharia

Analisando-se as definições e conceitos relacionados ao Controle da Configuração, segundo o CM e o Processo de Mudança de Engenharia, discutido mais a detalhadamente no item 4, identificou-se uma grande semelhança entre eles.

Apesar da revisão da literatura sobre ECM apresentada por WRIGHT (1997) não considerar qualquer relação com CM, outros autores a identificaram.

CARVALHO (1999) e PIKOSZ & MALMQVIST (1998) apresentam o ECM como o principal processo do CM. Mudanças no produto, ou nos seus documentos, provocam uma conseqüente mudança na sua configuração. PIKOSZ & MALMQVIST

(1998) acrescentam que a implementação de um eficiente e efetivo processo de mudança de engenharia é de suma importância para o sucesso da gestão de configuração.

HUANG & MAK (1998) define CM como um processo que surgiu a partir do controle das alterações de engenharia. HUANG *et al* (2001) apresentam a norma MIL STD 973 como uma referência para o processo de mudança de engenharia.

Considerando as origens da gestão de configuração, apresentadas por SAMARAS & CZERWINSKI (1971) e WATTS (2000), pode-se concluir que o Controle de Configuração e o ECM surgiram como ação ao mesmo problema, gerenciar (controlar) as mudanças ao longo da vida de um produto. Porém, o desenvolvimento de produtos militares exigiu uma sistematização mais precisa, consolidando o que hoje se entende por Gestão da Configuração, enquanto que as outras empresas, de caráter não militar, sofrendo dos mesmos problemas com seus produtos, procuraram elaborar procedimentos para garantir a confiabilidade da execução das mudanças, principalmente para minimizar os problemas em relação aos sistemas MRP, surgindo o ECM.

Assim, considerando as discussões apresentadas até o momento, os elementos que suportam o ECM e o Controle da Configuração são similares, assumindo os mesmos propósitos e características. Neste sentido, como resultado direto dessa análise, entende-se que ambos os conceitos são similares, podendo ser tratados indistintamente.

5. Desenvolvimento dos Estudos de Casos

Este capítulo aborda os estudos de casos realizados durante a etapa da pesquisa em campo, utilizando três empresas do setor de manufatura instaladas no Brasil como exemplos.

No primeiro item, discute-se a seleção e apresentação das empresas para o estudo em campo, caracterizando-as segundo o processo de desenvolvimento de produto. No item seguinte é apresentada uma breve descrição das atividades inerentes à coleta de dados realizada nas empresas. Em seguida são apresentados e discutidos os resultados obtidos através dos dados coletados durante os estudos de caso nas empresas. Depois, discutem-se e comparam-se os três casos analisados. E, por fim, apresenta-se uma síntese das principais práticas de ECM, formalizadas através de um modelo, segundo o entendimento do pesquisador.

5.1. Seleção e Apresentação dos Casos

Como discutido na metodologia apresentada no item 1.5, alguns critérios foram definidos para a seleção das empresas para estudo. Definiu-se que as empresas deveriam desenvolver e produzir produtos, além de possuir um entendimento sistematizado das mudanças de engenharia. Deve-se ressaltar que o estudo está vinculado à abertura da empresa para a realização desta pesquisa. Neste sentido, mais do que um critério, a disponibilidade da empresa tornou-se uma restrição, e como tal, foi considerada no decorrer do trabalho.

Do universo de casos disponível para o pesquisador, caracterizado por empresas que desenvolvem e produzem produtos, foram identificados alguns de maior interesse, os quais demonstravam práticas sistematizadas da gestão de dados do produto. Esses foram selecionados a partir do contato direto com as empresas, de trabalhos acadêmicos desenvolvidos, ou mesmo através de indicações de outros pesquisadores. Assim, foi possível reduzir o número para cerca de 10 empresas. A partir desse novo conjunto, iniciou-se o processo de contato e viabilização dos casos, onde o pesquisador também avaliou a contribuição de cada caso para a pesquisa. As empresas que atenderam aos critérios definidos e que possibilitaram uma abertura para o estudo foram três.

A empresas selecionadas no conjunto, abrangem práticas de ECM que permitem o estudo e análise referenciando-se as teorias, e, comedido, permitem visualizar um esboço do panorama do ECM no Brasil.

A primeira empresa, denominada no texto de *Empresa A*, é uma multinacional que desenvolve e manufatura dispositivos para indústrias de automação e controle. Ela possui um grande *portfolio* de produtos, fato justificado pela necessidade de atender a requisitos específicos de cada cliente. As características de seu processo de desenvolvimento de produto são apresentadas na Tabela 2, segundo a tipologia proposta por ROZENFELD & AMARAL (1999).

A *Empresa A* possui um processo estruturado para a gestão das mudanças de engenharia, apoiado por um sistema de informação em fase de implantação. O coordenador do ECM na empresa é um especialista na área, tendo concluído um trabalho de doutorado na Inglaterra sobre o assunto.

Tabela 2 – Caracterização do Processo de Desenvolvimento de Produto da Empresa A, segundo tipologia proposta por ROZENFELD & AMARAL (1999)

NÍVEL	FATOR		TIPOS
Mercado	Setor		Automação
	Concorrência		Oligopólio competitivo
	Alvo	Geográfico	Mundial
		Posição na cadeia de produção	Intermediário na cadeia de suprimentos
Corporação	Inserção		Filial
	Interação com unidades	Responsabilidade	Participante de co-desenvolvimento
		Equipe	Mundial
Empresa	Responsabilidade técnica		Centro de desenvolvimento de produto
	Estratégia	Competitiva	Misto
		Interprojetos	Seqüencial
	Informações iniciais		Requisitos de desempenho
	Complexidade do produto	Tecnologia principal	Mecânica, elétrica, eletrônica, mecatrônica
		Interna	Número de componentes
		Interface com o usuário	Baixa complexidade
	Grau de inovação		Derivados

A segunda empresa selecionada para o estudo, denominada de *Empresa B*, pertence ao setor mecânico, desenvolvendo e fabricando componentes para a indústria de bens de consumo duráveis. As características de seu processo de desenvolvimento de produto são apresentadas na Tabela 3, segundo a tipologia proposta por ROZENFELD & AMARAL (1999).

A *Empresa B* possui um processo estruturado para a gestão das mudanças de engenharia, apoiado por dois sistemas de informação, um desenvolvido sob uma plataforma Lotus Notes, e integrado a outro sistema, no caso um ERP (SAP/R3 4.6C).

Tabela 3 - Caracterização do Processo de Desenvolvimento de Produto da *Empresa B*, segundo tipologia proposta por ROZENFELD & AMARAL (1999)

NÍVEL	FATOR		TIPOS
Mercado	Setor		Mecânico
	Concorrência		Oligopólio competitivo
	Alvo	Geográfico	Mundial
		Posição na cadeia de produção	Intermediário na cadeia de suprimentos
Corporação	Inserção		Matriz
	Interação com unidades	Responsabilidade	Coordenador de desenvolvimento
		Equipe	Mundial
Empresa	Responsabilidade técnica		Centro de desenvolvimento de produto
	Estratégia	Competitiva	Misto
		Interprojetos	Seqüencial
	Informações iniciais		Idéia, requisitos de desempenho
	Complexidade do produto	Tecnologia principal	Mecânica, elétrica, eletrônica
		Interna	Número de componentes
		Interface com o usuário	Alta complexidade
Grau de inovação		Plataformas ou nova geração e derivados	

A última empresa selecionada para o estudo, denominada de *Empresa C*, é uma multinacional do setor automotivo. Apesar de se caracterizar mais fortemente como um centro de manufatura, também possui alguns desenvolvimentos de produtos para atender ao mercado local, ou adaptações de produtos provenientes de sua matriz internacional. As características de seu processo de desenvolvimento de produto são apresentadas na Tabela 4, segundo a tipologia proposta por ROZENFELD & AMARAL (1999).

O processo de mudança de engenharia é tratado de maneira singular pela *Empresa C*, visto que seu estreito relacionamento com a matriz internacional confere um alto nível de complexidade ao ECM.

Tabela 4 - Caracterização do Processo de Desenvolvimento de Produto da Empresa C, segundo tipologia proposta por ROZENFELD & AMARAL (1999)

NÍVEL	FATOR		TIPOS
Mercado	Setor		Automobilístico
	Concorrência		Oligopólio competitivo
	Alvo	Geográfico	Mundial
		Posição na cadeia de produção	Contato com cliente final
Corporação	Inserção		Filial
	Interação com unidades	Responsabilidade	Coordenador de desenvolvimento, participante de co-desenvolvimento e desenvolvimento total
		Equipe	Mundial
Empresa	Responsabilidade técnica		Centro de manufatura
	Estratégia	Competitiva	Misto
		Interprojetos	Seqüencial
	Informações iniciais		Idéia, requisitos de desempenho
	Complexidade do produto	Tecnologia principal	Mecânica, elétrica, eletrônica
		Interna	Número de componentes
		Interface com o usuário	Alta complexidade
Grau de inovação		Plataformas ou nova geração e derivados	

Após a seleção das empresas para estudo, iniciou-se a etapa de Coletar Dados, descrita com maiores detalhes no item seguinte.

5.2. Coleta dos Dados

Conforme o planejamento definido, como resultado da etapa de Planejar Pesquisa, descrita no item 1.5, obteve-se a metodologia, o roteiro de entrevista bem como a definição dos casos a serem estudados.

A etapa seguinte, de Coletar Dados, iniciou-se com a seleção das pessoas para as entrevistas nas empresas. O critério básico utilizado foi à experiência na área de ECM.

Para a escolha dos profissionais para a entrevista, foram adotadas as indicações e justificativas dos gerentes que autorizaram a realização dos estudos. Em cada empresa foram indicados profissionais que poderiam contribuir para este trabalho.

No caso da *Empresa A* foram entrevistados três profissionais envolvidos com o ECM, o coordenador, além de dois projetistas envolvidos no cotidiano do processo. Na *Empresa B* foram realizadas três entrevistas com os responsáveis pela gestão dos sistemas

de informação envolvidos e com o responsável pelo ECM. No caso da *Empresa C* foram entrevistados oito profissionais, sendo três funcionários da empresa envolvidos diretamente com o processo e sua gestão, além de outros cinco pertencentes a uma empresa de consultoria que atualmente presta serviços na empresa.

As entrevistas, conforme a abordagem da pesquisa, foram realizadas segundo um roteiro pré-estruturado, permitindo ao entrevistador abordar pontos não especificados, dependendo do andamento da entrevista. Isto propiciou uma maior flexibilidade e adaptação às pessoas e às circunstâncias no decorrer da entrevista.

Para a elaboração do roteiro foram observadas diversas considerações no sentido de evitar problemas de clareza, interpretação e objetivo. Como resultado, obteve-se um roteiro dividido em quatro seções. Na primeira seção, o entrevistador apresenta resumidamente as justificativas, o objetivo, o método e as etapas gerais do trabalho com o intuito de localizar o entrevistado diante do trabalho e da atual fase da pesquisa. Na seção seguinte, são coletados os dados do entrevistado, bem como um resumo de sua experiência na área. Na terceira seção, utiliza-se a tipologia proposta por ROZENFELD & AMARAL (1999) para a caracterização do processo de desenvolvimento de produto da empresa em questão. E na última seção, o tema ECM é abordado como maior profundidade. Esta seção final é dividida em 8 partes: questões gerais sobre ECM, Modelo e Atividades, Informação, Organização, Sistemas de Apoio ao ECM, Estratégia de Produto e Produção, Benefícios da Aplicação do ECM e, por fim, uma Abertura para comentários adicionais (vide Figura 20). As questões propostas no roteiro tiveram como objetivo caracterizar o processo de mudança de engenharia, em suas diversas dimensões. As entrevistas tiveram a duração média de 2 horas. O roteiro utilizado encontra-se no Anexo A.

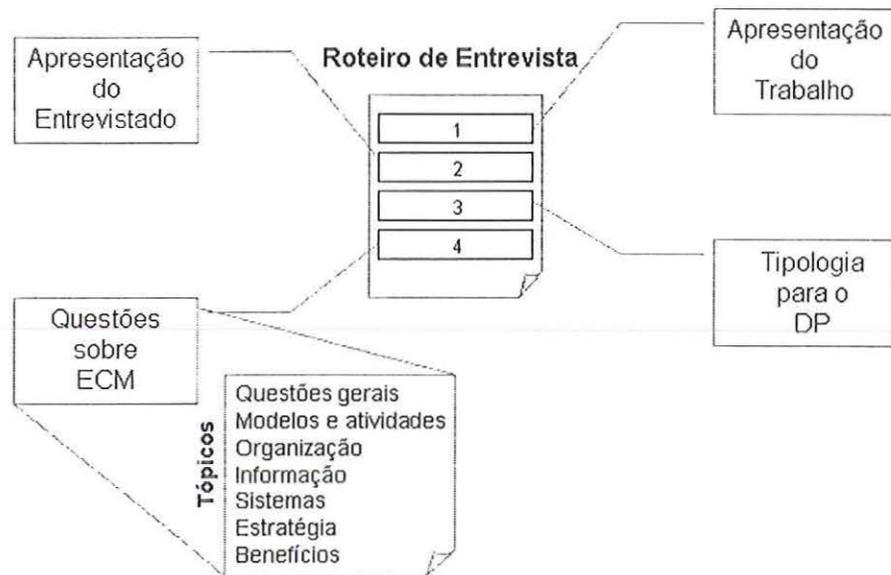


Figura 20 – Tópicos do Roteiro de Entrevista utilizado

Outra técnica utilizada para a coleta de dados foi à observação direta. Como todas as entrevistas foram realizadas nas empresas, foi possível a observação de práticas e sistemas utilizados. As observações foram realizadas anteriormente as entrevistas, através de visita as instalações, demonstração de sistemas e práticas, e também posteriormente, focando em pontos abertos durante a realização das entrevistas. Porém, a avaliação crítica do pesquisador tornou-se necessária para considerar contextos, incoerências e contradições com pontos discutidos durante as entrevistas.

A partir dos dados coletados, iniciou-se a etapa de Analisar Dados. Os resultados dessa análise encontram-se no item seguinte.

5.3. Análise dos Dados Coletados

Este item contém uma análise dos dados obtidos a partir das entrevistas realizadas nas três empresas selecionadas para o estudo. A apresentação e discussão dos resultados obtidos estão organizados em seções de acordo com a estrutura utilizada no roteiro da entrevista. Cada item seguinte discute uma única empresa.

5.3.1. Empresa A

Empresa multinacional, do setor de automação e controle. Possui desenvolvimento e manufatura de produtos. Em relação ao ECM, vivencia um processo de reestruturação habilitado por um novo sistema de informação.

Gestão das Mudanças de Engenharia e Gestão da Configuração

A *Empresa A* passa por um processo de implantação de um sistema para apoiar o ECM. Assim, os conceitos relativos ao processo de mudança de engenharia estão bastante difundidos na empresa. O entendimento sobre ECM é abordado de forma clara e segura pelos entrevistados. Uma compilação da definição de ECM na visão da *Empresa A* seria: “uma empresa que desenvolve e/ou manufatura produtos e precisa alterar dados que descrevem seu produto, o processo pelo qual essas informações são alteradas é denominado de Processo de Mudança de Engenharia”.

Apesar da definição acima supor a existência de um processo único, na *Empresa A*, as alterações de produtos em desenvolvimento e em produção são tratadas distintamente, sendo que para a produção o processo está sistematizado e no desenvolvimento ainda não. Ambos são conhecidos como ECM e o ponto de transição dos processos é definido pela liberação do componente/produto para produção.

O coordenador do ECM, responsável pela implantação do sistema, discorda da prática atual da empresa. Na sua visão, o processo deveria ser único para o desenvolvimento e produção do produto. Acrescenta ainda que as principais decisões são tomadas no início do desenvolvimento, e por consequência, as mudanças no início são mais importantes. Isto implica na necessidade do ECM ser efetivo desde o princípio do projeto. A gestão eficiente das mudanças implica em um menor ciclo de desenvolvimento.

A gestão de configuração de produto não é aplicada na *Empresa A*. Apenas a gestão da estrutura do produto, principalmente em relação a produtos variantes, além do processo de controle da configuração são utilizados.

De acordo com o coordenador do ECM, para produtos pouco complexos não existe diferença entre ECM e CM, visto que toda mudança implica em alteração da configuração. Acrescenta ainda que o mesmo não vale para produtos complexos.

Ressalta-se que, com exceção do coordenador de ECM, os outros entrevistados desconheciam o conceito de Gestão da Configuração.

Modelos e Atividades do Processo de Mudança de Engenharia

As alterações na *Empresa A* são tratadas formalmente apenas na produção. Para o desenvolvimento de produto não existem procedimentos para as atividades, e o controle é feito por cada projetista individualmente através de métodos próprios como sistemas de revisão, versão etc. Até mesmo para protótipos não existe um controle formal das mudanças.

Para os produtos em produção, todo o procedimento foi desenvolvido a princípio para atender à gestão da qualidade total, como parte integrante do manual da qualidade da empresa. Atualmente, diante da perspectiva da implantação de um sistema para apoiar o processo, um modelo gráfico foi desenvolvido com o objetivo de apoiar a implantação e facilitar o entendimento dos envolvidos. O conceito desse modelo é resultado da evolução do processo e experiência prática da *Empresa A* sobre o tema. A Figura 21 apresenta uma visão simplificada desse modelo.

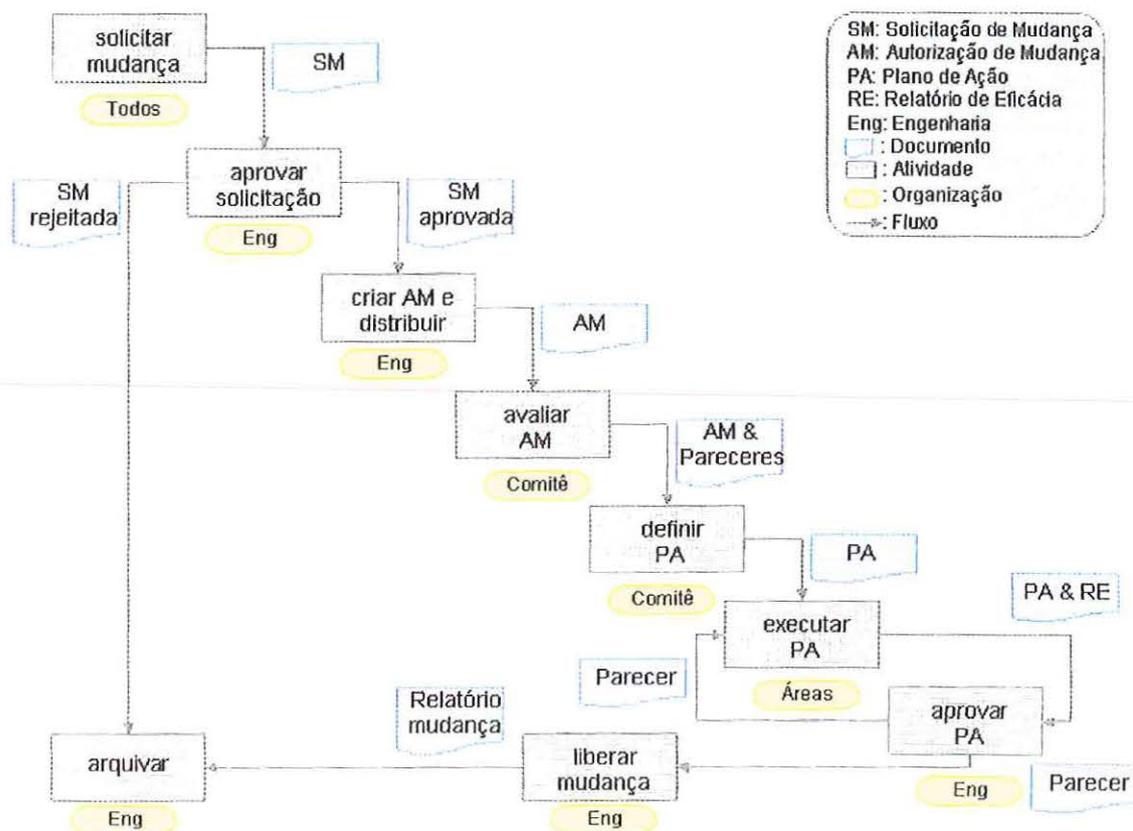


Figura 21 – Modelo para o Processo de Mudança de Engenharia da Empresa A

A partir de uma necessidade de mudanças, todos os envolvidos no processo podem criar um documento denominado Solicitação de Mudança (SM) que será encaminhado para a engenharia avaliar, podendo aprová-lo ou não. Quando aprovado, cria-se um documento de Autorização de Mudança (AM) que é então distribuído para todas as áreas envolvidas no Comitê de Mudança. Este avalia, em conjunto, a abrangência da mudança, a viabilidade técnica e econômica, definindo um Plano de Ação para cada área. Este plano é executado, e um Relatório de Eficácia é elaborado para acompanhar a execução. Ao final da execução, a engenharia aprova, ou não, o Plano de Ação e o Relatório de Eficácia. Se aprovado, a própria engenharia libera a mudança, de acordo com a efetividade definida, e um relatório de mudança contendo todas as informações do processo é arquivado.

O processo de mudança de engenharia para produtos em produção não apresenta o conceito de *Stage Gate*. Entretanto, a empresa aplica um *check list* para avaliar o grau de

extensão da mudança. Esse é formado por questões respondidas nas áreas responsáveis pelos componentes envolvidos com a alteração. Para cada identificação de necessidade de mudança é definido um plano de ação para a área.

A *Empresa A* não possui métricas para a medição da performance do processo. Considera apenas um índice de reclamação do cliente como um indicador da qualidade do processo de desenvolvimento, produção e mudança do produto. No entanto, o coordenador do ECM enfatizou a necessidade de definir indicadores no sentido de avaliar a performance do processo, bem como justificar investimentos em melhorias.

Informação para a Gestão das Mudanças de Engenharia

As solicitações para mudança de engenharia, na sua grande maioria, são provenientes do chão-de-fábrica, ou então dos clientes através do pós-venda. Este registra as sugestões e críticas que acabam se tornando uma solicitação de mudança. Segundo os entrevistados, cerca de 70% das mudanças são de melhoria, provenientes de um intensivo programa de redução de custos.

Uma crítica abordada pelo Coordenador de ECM refere-se ao procedimento de solicitação de mudança, onde uma solução preliminar é obrigatória. Os operadores do chão-de-fábrica encaminham um pedido de mudança juntamente com uma sugestão ou solução preliminar de como fazê-la. Isto possui um lado positivo de não sobrecarregar a engenharia, visto que evita solicitações incoerentes e ainda permite a análise de uma solução previamente proposta. Entretanto, esse procedimento pode estar escondendo muitos problemas que os operários do chão-de-fábrica não tem a capacidade de avaliar.

Os pedidos de mudanças, mesmo que identificados pelos operadores, devem ser encaminhados aos supervisores ou encarregados da área que efetivam o pedido formalmente. Esses acabam tornando-se um filtro para evitar solicitações desnecessárias.

Os documentos de engenharia que mais sofrem mudanças são os desenhos, representando quase a totalidade das solicitações. As mudanças na BOM não são feitas através do ECM. Como descrito por um dos entrevistados, mudanças na BOM são realizadas direto no sistema ERP, e a documentação para controle restringe-se a imprimir uma cópia da estrutura antes da mudança. O processo não é documentado ou controlado.

A efetivação das mudanças é controlada através de efetividade do tipo data. Para ações corretivas, a efetividade é definida a partir da data de fechamento da mudança. Para ações de melhoria, a data é definida por um comitê, dependendo do PCP e das peças em estoque.

As requisições de mudanças não são classificadas, o que segundo o Coordenador de ECM, seria interessante para identificar onde os recursos foram consumidos e poderia também auxiliar na definição de métricas para o processo.

Para a gestão do processo, existem dois documentos básicos:

- Solicitação de Mudança (SM); e,
- Autorização de Mudança (AM).

Ambos são identificados por um número seqüencial. A SM contém informações do problema/melhoria e sugestão. Este deve ser aprovado pelo superior imediato antes de iniciar o processo. O AM contém a aprovação, uma série de informações do problema/solução, além de uma série de questões que visam identificar a extensibilidade da mudança. As diversas áreas recebem uma cópia da AM, sendo que a original fica com a engenharia. Então, as áreas preenchem uma matriz com questões sobre os componentes envolvidos. Na identificação da necessidade de qualquer alteração, é criado um Plano de Ação para a mudança que no final deverá ser acompanhado por um Relatório de Eficácia, que comprovará a execução do plano e permitirá o fechamento da mudança. Assim, além da SM e da AM, o Plano de Ação e Relatório de Eficácia também apóiam a gestão do processo, como documentos complementares. Em relação à teoria, as informações contidas em uma ECR distribuem-se nos documentos SM e AM, e as contidas na ECO, apresentam-se na própria AM.

Essas considerações referem-se aos produtos em produção. Durante o desenvolvimento, não existe uma documentação de controle das mudanças.

Organização para a Gestão das Mudanças de Engenharia

A *Empresa A* não possui funções na organização específicas para o ECM. Os gerentes de cada departamento, os supervisores e técnicos de qualidade atuam no processo assumindo papéis na gestão do processo.

Considerando os papéis abordados no questionário, identificou-se a presença do Originador do pedido de mudança, do Coordenador do Pedido e do Comitê de Controle. Entretanto, em nenhum dos papéis acima citados existe uma formalização de suas atribuições. O Comitê, por exemplo, é formado por representantes de todas as áreas, sendo as reuniões definidas segundo a demanda. De acordo com os entrevistados, essas reuniões seriam previstas para expor o problema e o plano de ação, mas elas não existem. A engenharia acaba tendo que intermediar as relações com todas as áreas envolvidas individualmente. A justificativa das áreas é a falta de tempo para reuniões.

Uma visão distinta sobre a existência de conflitos, no que tange ao comprometimento com o processo de mudança, é verificada entre os diferentes níveis organizacionais da *Empresa A*. Na visão do coordenador de ECM, as mudanças são vistas pelos envolvidos com “bons olhos”, sendo que a maioria representa novas formas de se fazer o produto, não existindo uma visão de re-trabalho. E quando as mudanças são corretivas, existe um maior empenho em realizá-las, demonstrando um comprometimento com toda a equipe.

Porém, os envolvidos diretamente com o processo, seja na execução das atividades de solicitação, solução, ou execução das mudanças, identificam problemas de comprometimento. Segundo eles, o “mudar de novo” causa desmotivação na equipe, agravado pela demora do processo. Para produtos na linha, as pessoas das áreas, com exceção da engenharia, não demonstram o menor interesse em participar, considerando pouco importante e fora de suas prioridades. Quando acontece uma mudança devido a um erro cometido pela engenharia, permanece um clima desagradável no trabalho.

Sistemas de Apoio a Gestão das Mudanças de Engenharia

A *Empresa A* está passando por um processo de implantação de um sistema de apoio ao ECM. Trata-se de uma solução Enovia (IBM), utilizada por toda a corporação, porém com customizações para atender a requisitos locais. Nesse sentido, foi desenvolvido um modelo que atenda aos requisitos específicos da filial no Brasil.

A Enovia trata-se de um PDM que proporciona uma solução completa para o desenvolvimento de produto, apoiando processos desde a concepção até a obsolescência,

com especial atenção para os processos de gestão. A solução é composta por diversos módulos, sendo um específico para o ECM.

No entanto, o módulo de ECM não foi disponibilizado para a filial brasileira. Assim, toda a automatização do ECM está sendo feita utilizando-se outros módulos, como os de gestão de projetos e de *workflow*. Essa automatização foi desenvolvida para apoiar as atividades descritas no modelo apresentado na Figura 22.

Para a gestão dos documentos de engenharia (CAD e Office) utiliza-se o AutoManager Workflow 5.0 com funcionalidades de um EDM. Outros sistemas também são utilizados nas atividades do processo de mudança, como Sistemas CAD (AutoCAD 2000, Mechanical Desktop, Inventor), Sistemas Técnicos, Gerenciador de Projeto (MS Project) e ERP (J.D. Edwards).

O sistema de ECM não está integrado com os outros. No caso do ERP, a engenharia é quem tem a atribuição de cadastrar os itens e a BOM no sistema. A empresa trabalha com uma estrutura de produto única, gerenciada pela engenharia, sendo que as outras áreas possuem visões customizadas.

Quando um componente está em processo de mudança existe um campo no cadastro do item em que é registrado um aviso de que está em modificação. Existem outros campos auxiliares, como quando um componente é substituído ou um número de identificação é alterado.

O usuário é responsável por garantir a integridade das informações entre os sistemas ECM e ERP, visto que não existe uma integração entre os sistemas.

Para as alterações na BOM não existe um procedimento formal. A produção, por exemplo, liga para a engenharia notificando problemas na BOM, e a engenharia faz a correção direta no sistema. Apenas para produtos configuráveis é necessária a autorização de um dos gerentes de engenharia, visto que o acesso ao sistema para esse tipo de ação é controlado.

A Figura 22 apresenta a configuração dos sistemas de informação utilizados pela *Empresa A* envolvidos no ECM.

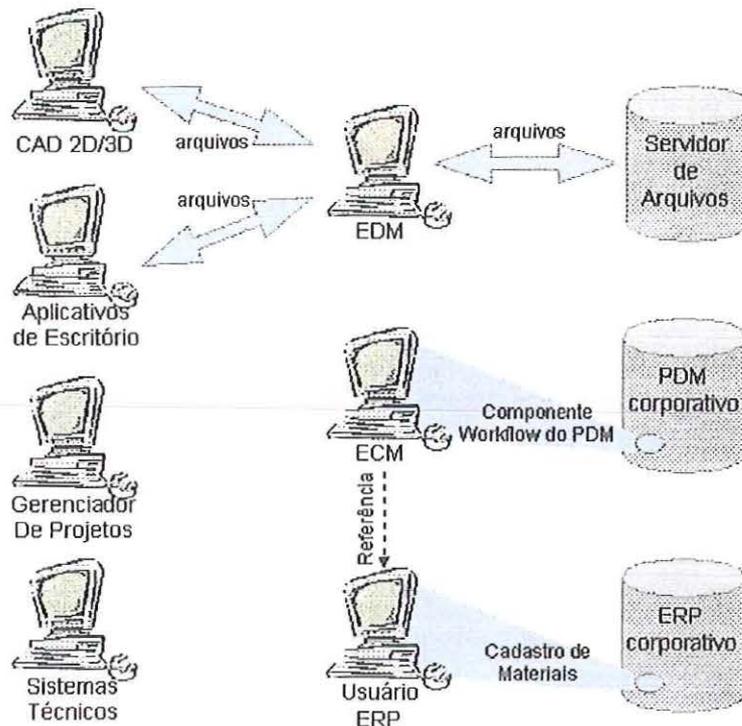


Figura 22 – Sistemas relacionados com o ECM na Empresa A

Para o coordenador do ECM, o uso de uma ferramenta para gerenciar o processo é muito importante, pois garante o envolvimento da organização no sentido que permite o controle invisível e expõe os problemas abertamente. Entretanto, deve ser encarada como parte de uma metodologia para comprometimento e envolvimento das pessoas.

Estratégias de Produto e Produção

A produção da *Empresa A* é tipicamente *Make-to-Order* (MTO). O Planejamento e Controle da Produção (PCP) não sofre muitos efeitos das mudanças de engenharia. Existe um envolvimento do PCP em consultas e tomadas de decisões sobre mudanças de produto em produção. Em alguns casos existe a necessidade de tornar obsoletos estoques devido à mudança de material, porém não é freqüente.

A viabilidade econômica de uma alteração de produto é avaliada segundo o critério de lucratividade da empresa e da análise do negócio, considerando o caso de clientes chave ou grandes volumes. No entanto, não existe um procedimento formal para sua execução e para a grande maioria das mudanças, por se tratar de pequenos valores, a

avaliação econômica é feita na própria engenharia, ou quando muito a área de custos é consultada para um esclarecimento maior.

Benefícios da Aplicação da Gestão das Mudanças de Engenharia

Os principais benefícios do efetivo exercício do ECM relatados pela *Empresa A* foram: rastreabilidade e acompanhamento de mudanças/melhorias; aumento do número de modificações e maior acuracidade da performance do produto; e, registro do conhecimento minimizando os problemas da alta rotatividade das pessoas.

No entanto, algumas barreiras foram citadas como a sobrecarga de trabalho para a engenharia, pois acaba respondendo ao desenvolvimento e a produção ao mesmo tempo. Além disso, a dificuldade de envolver os agentes para as reuniões do Comitê demonstra a falta de comprometimento de todas as áreas com o processo. Isto está muito relacionado com a cultura da empresa, focada na produção e não no desenvolvimento.

Uma crítica apontada ao processo foi à existência das AM simplificadas para pequenas modificações. Neste caso todas as decisões são tomadas pela engenharia com o intuito de agilizar o processo, e acaba com isso assumindo todo o risco de uma avaliação errada.

Atualmente a *Empresa A* está expandido sua área de desenvolvimento de produto, e já passa a desenvolver a maior parte de seu *portfolio* de produtos, o que propicia um maior controle sobre as mudanças.

5.3.2. Empresa B

Empresa multinacional, do setor mecânico, fornecedora de componentes para produção de bens de consumo duráveis. Possui desenvolvimento e manufatura de produtos. Em relação ao ECM, possui um processo sistematizado para as mudanças, apoiado por alguns sistemas de informação.

Gestão das Mudanças de Engenharia e Gestão da Configuração

A *Empresa B* passou por um projeto de reengenharia, onde todos os seus processos foram revistos. Um dos resultados desse árduo trabalho foi uma nova compreensão das mudanças de engenharia. Todas as modificações são realizadas de

acordo com um único processo, e nenhuma mudança é válida sem um número de controle associado. O chão-de-fábrica ou o desenvolvimento executam modificações somente através de solicitações formais. A empresa não realiza nenhuma alteração no produto fora do processo formal.

De acordo com a *Empresa B*, o conceito de ECM resume-se em gerenciar a introdução de modificações, permitir a rastreabilidade total das alterações em todo o ciclo de vida do produto, e garantir a comunicação entre todos os envolvidos no processo.

O produto da empresa possui uma série de características que implicam em um número grande de variações. Todos estão estruturados em famílias, sendo um total de 1500 variações possíveis, acrescidas ainda diversas possibilidades de combinações com acessórios. Toda essa diversidade requer um controle efetivo das configurações, sendo sua liberação executada via ECM.

Algumas práticas de Gestão de Configuração de Produtos podem ser encontradas na *Empresa B*. Entretanto, não existe uma visão sistemática sobre o assunto. De acordo com os entrevistados, o ECM possibilita a liberação de novas configurações do produto, relacionando a gestão das mudanças com a gestão da configuração.

Modelos e atividades do Processo de Mudança de Engenharia

As modificações de engenharia são tratadas segundo um processo formal na *Empresa B*. Existem modelos e procedimentos para a condução do processo baseados em normas auditáveis e manuais de referência.

O modelo do processo teve origem na reengenharia realizada na empresa, além da sistematização necessária para implantação de um sistema ERP. Assim, o modelo para o processo de mudanças foi desenvolvido para atender a diversos objetivos, como consolidar um processo condizente com as melhores práticas, possibilitar o entendimento e treinamento dos envolvidos, além de permitir a implantação de sistemas de informação.

O modelo está estruturado em quatro fases, sendo elas: Concepção, Planejamento, Execução e Homologação (vide Figura 23).

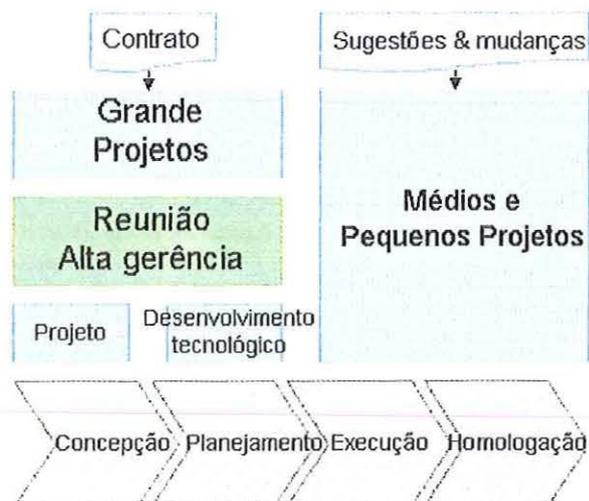


Figura 23 – Fases do Processo de Mudança de Engenharia da *Empresa B*

Para grandes projetos, como por exemplo, a modificação de uma planta, utiliza-se o mesmo processo com uma alteração no início, onde se analisa um contrato em uma reunião da alta gerência, classificando-o em projeto ou desenvolvimento tecnológico, e estabelecendo o planejamento macro para sua execução.

Para mudanças que resultem em pequenos e médios projetos, o cadastro da sugestão/mudança é feito em um sistema desenvolvido em Lótus Notes, disponível para todos na empresa. A Figura 24 apresenta uma ilustração simplificada do modelo do processo de mudança de engenharia da *Empresa B*.

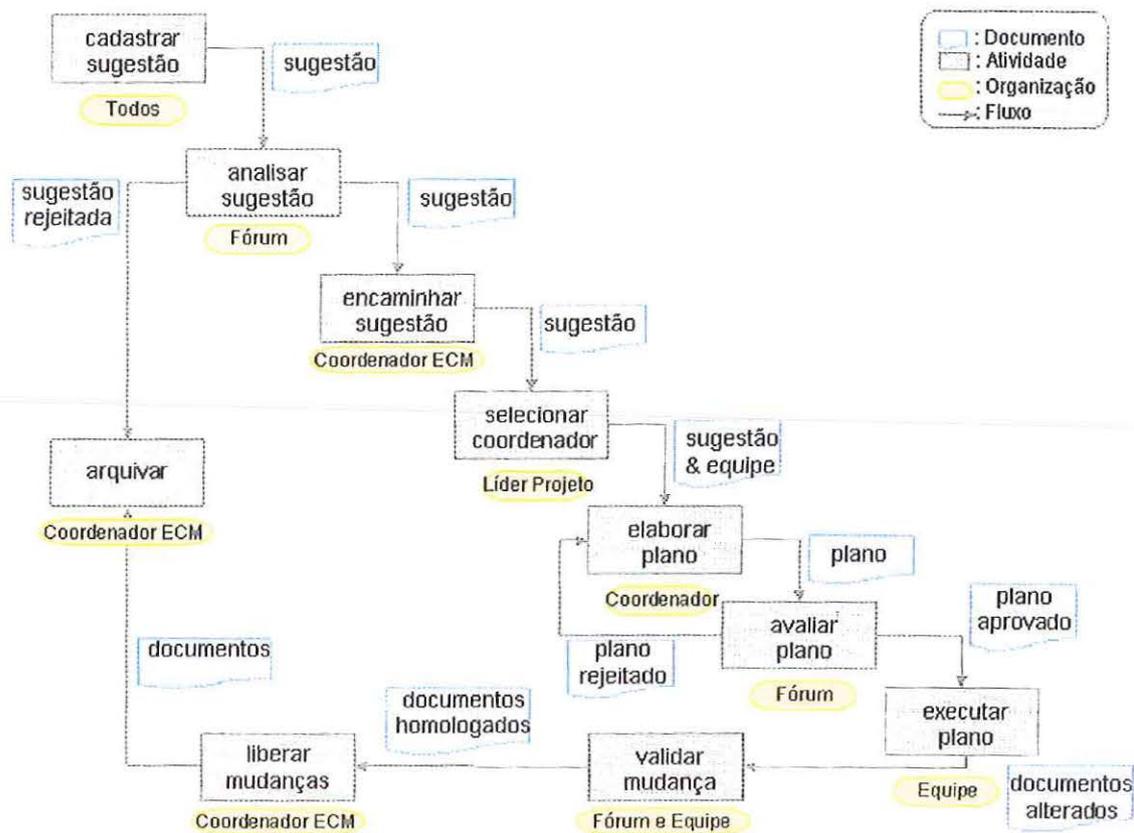


Figura 24 – Modelo para o Processo de Mudança de Engenharia da Empresa B

Existe um *check list* no sistema garantindo que todas as informações necessárias sejam registradas. A partir da entrada no sistema, todos os registros passam por uma atividade de avaliação realizada por um comitê composto por representantes de toda a empresa. Essas reuniões acontecem de acordo com o volume de sugestões. Existe um gerente do comitê que prioriza as necessidades, diferenciando pequenos e médios projetos. O comitê pode cancelar, requerer maiores esclarecimentos ao solicitante, ou então, aprovar a sugestão. Neste caso, ela é encaminhada para o líder do projeto relacionado que escolhe um coordenador de projeto, finalizando a fase de concepção.

A fase de planejamento inicia-se com o coordenador do projeto elaborando um plano de execução da mudança. Este deve ser avaliado por todas as áreas envolvidas que elaboram um parecer sobre a mudança, contendo prazos para a efetivação, recursos necessários, impactos e outras avaliações pertinentes. Finalizados os pareceres positivamente, inicia-se a fase de execução da mudança.

Nessa fase reside um grande volume de atividades de engenharia para a execução de todas as modificações necessárias. O coordenador do projeto atua diretamente nas atividades, no caso de pequenos projetos. Para os médios, ele ainda coordena todos os envolvidos na execução da mudança. Finalizada as mudanças inicia-se a fase de homologação, onde diversos testes e simulações são executados para validar as mudanças efetuadas. Ao final da fase de homologação, um novo número de modificação, aberto no sistema ERP, vincula e libera todas as modificações realizadas, válidas para produtos em desenvolvimento ou em produção.

Em nenhuma transição de fase durante o processo é utilizado o conceito de *stage gate*. A empresa também não possui métricas definidas para o ECM.

Informação para a Gestão das Mudanças de Engenharia

A principal fonte solicitadora de mudança é o cliente. A *Empresa B* situa-se como intermediária na cadeia produtiva. A maioria absoluta das mudanças são de melhoria, com caráter adaptativo a uma nova linha de produtos dos clientes. Muito poucas alterações corretivas acontecem, o controle de qualidade trabalha com índices inferiores a 100 ppm (partes por milhão).

Todos na empresa podem ser originadores. No passado, segundo a empresa, existia um grande volume de sugestões motivadas por essa abertura do processo. No entanto, boa parte das sugestões não continha todas as informações necessárias para uma análise, e por conseqüência, era solicitado maiores esclarecimentos aos solicitantes. Esse processo acabou educando as pessoas, e atualmente, a grande maioria das sugestões são coerentes e com todas as informações necessárias.

A empresa estimula a participação dos funcionários através de círculos da qualidade, onde um grupo coordenado por um supervisor discute possibilidades de melhoria. Na identificação de uma sugestão, ela é encaminhada via ECM, e se aprovada, o círculo recebe um prêmio de gratificação.

O documento de engenharia alvo do maior número de mudanças é a BOM, devido às próprias características do produto que implicam em uma constante necessidade de alteração na configuração para atender a requisitos específicos de um cliente. Os

desenhos e as especificações técnicas também sofrem muitas alterações ao longo do ciclo de vida do produto.

A utilização de efetividade é definida utilizando-se o tipo data. Sua definição é realizada da fase de planejamento da mudança, onde todas as áreas envolvidas estabelecem uma data para sua efetivação.

A *Empresa B* dispõe de um sistema de classificação das mudanças. O principal critério é a classe de projeto, subdividindo-se em pequeno, médio, grande e inovação tecnológica. Os projetos médios ainda subdividem-se em simples, normais e complexos. Para cada tipo de projeto existe uma meta relacionada ao tempo despendido para sua conclusão. A Tabela 5 apresenta os valores meta e atuais para os tipos de mudanças classificados. Existem outros critérios também, como retorno, custo e de viabilidade técnica.

Tabela 5 – Metas e Monitoramento do Ciclo de Vida de uma Mudança

Tipo de Projeto	Atual	Meta
Pequenos	3 dias	5 dias
Médios simples	10 semanas	5 semanas
Médios normais	15 semanas	12 semanas
Médios complexos	30 semanas	25 semanas
Grandes	24 meses	18 meses

O ECM na *Empresa B* utiliza diversos documentos de projeto, todos vinculados a um documento denominado Idéia/Sugestão, com as mesmas características de uma ECR. Os documentos de projeto são cronogramas, análises de impacto, pareceres e relatórios do processo de alteração de documentos técnicos, documentos de homologação, relatórios de testes etc. Todos estes são reunidos sob um mesmo identificador, no caso o número da ECR, facilitando o registro e gestão da memória técnica.

Na consolidação da ECR, ou seja, quando finalizada a solução bem como todos os documentos do produto e projeto, uma ordem de implantação é acionada via uma ECO, sendo esta constituída de informações pertencentes a ECR consolidada.

Organização para a Gestão das Mudanças de Engenharia

A *Empresa B* possui uma organização para o processo de desenvolvimento de produto baseada em times. O ECM estrutura-se da mesma maneira.

Alguns papéis são característicos do ECM, como originadores, um fórum de avaliação estruturado como um comitê de controle, com representantes de várias áreas etc. Alguns termos utilizados na *Empresa B* diferem dos tratados na teoria.

As pessoas participantes do fórum podem ser variáveis, porém as áreas são todas representadas. As reuniões do fórum acontecem de acordo com a quantidade de solicitações (idéia/sugestão) cadastradas no sistema. O Fórum tem autonomia para aprovar uma mudança. Existe um gerente do Fórum que tem como atribuição planejar as atividades, bem como priorizar as solicitações para análise. Outros papéis também estão presentes, como coordenadores da mudança, ou mesmo o líder do projeto do produto referente à solicitação em questão.

Existem também dois coordenadores gerais do ECM, um responsável pelas pequenas mudanças e outro para os médios e grandes projetos, e desenvolvimento tecnológico. Eles têm como atribuição monitorar as ECR no sistema, ou seja, registrar e obter um número de controle para cada solicitação de mudança, notificar as áreas envolvidas, e liberar a mudança no sistema no final do processo.

Desde a reestruturação promovida pela reengenharia, a *Empresa B* possui uma organização para projetos baseada em times. O envolvimento das pessoas e a visão sobre a necessidade de mudança demonstram um claro comprometimento para a solução e execução da mudança corretiva.

Sistemas de Apoio a Gestão das Mudanças de Engenharia

A *Empresa B* possui um sistema desenvolvido a partir do Lotus Notes para a documentação de projetos de mudança. O sistema permite a gestão de documentos e certificações, além de um fluxo de atividades automatizado desde a solicitação até a aprovação da mudança.

Após a aprovação da mudança, é gerado um número para controle dentro do sistema ERP da empresa, no caso o SAP/R3 R4.6c, e todas as mudanças de documentação de produto ficam associadas. Esse registro é conhecido no sistema como *change master*.

Para a gestão do processo são utilizados dois sistemas, para os documentos de projeto o sistema em Lótus Notes, e para os documentos de produto e processo o sistema ERP.

A integração entre os sistemas SAP/R3 e Lótus Notes é feita através de referência cruzada do número de controle da mudança, feita manualmente pelos coordenadores gerais do ECM. A gestão dos documentos de produto é realizada por um componente do ERP, conhecido como *Document Management System* (DMS) o qual possui diversas funcionalidades características dos sistemas PDM. Os arquivos de desenhos são convertidos para um formato *post script* (pdf) e então são gerenciados pelo DMS. Os documentos de processo são desenvolvidos e gerenciados por um sistema CAPP, no entanto existe um relacionamento estreito entre os sistemas ERP e CAPP.

Através de uma integração desenvolvida pela fornecedora do sistema CAPP, os componentes cadastrados e gerenciados no sistema ERP são exportados para o CAPP, onde são desenvolvidos os planos de processo macro e detalhado, sendo que o plano macro retorna para o ERP para fins de planejamento e custo. Toda alteração realizada no plano de processo é registrada automaticamente no número de controle do projeto de mudança no sistema ERP.

Além desses, existem outros sistemas utilizados no ECM, como de gestão de projetos, sistemas para especificação técnica, catálogo de clientes, etc. A Figura 25 apresenta os sistemas de informação relacionados com o ECM na *Empresa B*.



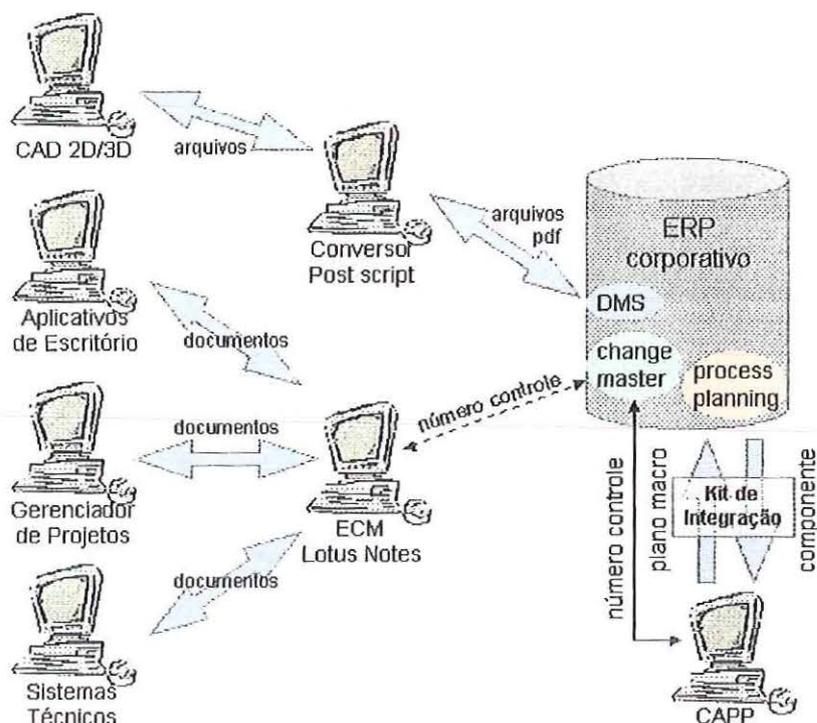


Figura 25 – Sistemas relacionados com o ECM na Empresa B

Estratégias de Produto e Produção

A estratégia de produção da *Empresa B* é basicamente *Make-to-Stock* (MTS), sendo que as mudanças de engenharia não possuem qualquer impacto na produção. Os agentes do PCP participam das decisões e avaliações das mudanças através do Fórum. No entanto, antes do processo de reengenharia, a empresa sofria com diversos problemas como perdas de materiais em estoque ou de reposição, por exemplo.

Para os grandes projetos de mudança existe uma análise de viabilidade econômica completa. No entanto, para os pequenos não existe nenhuma análise, apenas um *budget* controlado para esses casos. Esse fato é justificado pela baixa complexidade desse tipo de mudança e pela necessidade de agilidade. Para os projetos médios a análise depende da complexidade da modificação.

Boa parte das mudanças tem origem na política de redução de custos da empresa. Existe uma equipe de redução de custos bastante atuante que desenvolve o cálculo de custo e benefício das mudanças.

As melhorias no processo também são uma constante. Um coordenador de informática é responsável por propor melhorias nos sistemas utilizados no ECM. Para o

futuro próximo, eles esperam que o ECM seja integrado com o correio eletrônico com o intuito de permitir uma distribuição global das informações dos projetos de mudanças.

Benefícios da Gestão das Mudanças de Engenharia

Os principais benefícios destacados pelos entrevistados na *Empresa B* são referentes à qualidade no conteúdo das informações, à facilidade de comunicação entre todos os envolvidos no processo e o registro de todas as decisões, como um histórico para análise e recuperação futura.

A visão integrada dos documentos de projeto ou produto e processo, permitida pelos sistemas utilizados, também foi destacada. Além de a própria documentação ser toda eletrônica facilitando busca, recuperação, registro, enfim, a total rastreabilidade e controle dos documentos.

A rigidez do processo, segundo a *Empresa B*, depende do nível de informação necessária para o projeto de mudança. A exigência de detalhes pode em um primeiro momento amarrar o processo, mas depois permite um controle mais efetivo das informações e decisões tomadas.

Outro fator destacado foi a cultura da empresa. As pessoas são receptivas a mudanças e capacitadas nos processos. A alta gerência também demonstra um alto grau de comprometimento com o processo de mudança, analisado-o sempre estrategicamente e como uma oportunidade de melhoria global, visto que a maior parte da produção da *Empresa B* é voltada para exportação.

5.3.3. Empresa C

Empresa multinacional, do setor automotivo. Possui desenvolvimento e manufatura de produtos. Em relação ao ECM, utiliza práticas distintas, dependendo do produto e de seu estágio no ciclo de vida.

Gestão das Mudanças de Engenharia e Gestão da Configuração

A *Empresa C*, ao longo dos últimos três anos, vivencia um projeto de melhoria de processos e implantação de sistemas relacionados à gestão de dados de produto, denominado de *Engineering Data Management*.

O projeto abrange a aplicação de sistemas CAD, de gestão de informações geométricas do produto, de gestão global de documentos de engenharia, colaboração com fornecedores e parceiros, sistemas de cálculo e simulação, sistemas de *Digital Mock-Up* (DMU) e realidade virtual etc., aplicados a diversos processos ao longo do ciclo de vida do produto. Um dos processos considerados por esse projeto é o de mudança de engenharia.

Devido à longa duração do projeto, conceitos acerca do processo de mudança de engenharia estão bastante disseminados na empresa, bem como na consultoria que a assiste. Entretanto, o entendimento do processo demonstra uma estreita relação com o sistema empregado.

De acordo com a *Empresa C*, o ECM permite a gestão de um processo pelo qual a empresa identifica, analisa e implementa as alterações de seu produto. Deve abranger toda e qualquer atividade relacionada a uma mudança de um item qualquer, seja material, características, procedimentos, custos etc. Permite o acompanhamento do histórico do projeto das modificações do início ao final, levando-se em conta a responsabilidade, prazos, os motivos e informações distribuídas para todos os envolvidos. Os entrevistados relacionados com a produção, entendem o ECM como um meio de otimizar os produtos em série, através da correção dos eventuais problemas existentes.

A empresa apresenta práticas distintas para o tratamento de mudanças em desenvolvimento e em produção. Questionada quanto à possibilidade de um único processo para todo o ciclo de vida do produto, não houve consenso nas respostas. O responsável pelos sistemas de apoio ao ECM considera possível um único processo, dependendo do nível de abstração. As principais diferenças estariam relacionadas com a estrutura organizacional envolvida, principalmente se o desenvolvimento estiver organizado em times desvinculados das funções normais da fábrica. No caso de processos distintos, ele considera como critério para transição dos processos a mudança de responsabilidade organizacional sobre o produto. Entretanto, no caso de uma unidade organizacional responsável por todo o ciclo de vida do produto, um processo único torna-se viável. Outros entrevistados consideram que os processos são naturalmente distintos, possuem focos e dinâmicas diferentes.

O ponto de transição é definido como seis meses após o início da produção. Até esse momento o time de desenvolvimento de produto acompanha a produção. Toda a transição está formalizada em documentos. No entanto, esse critério é teórico sendo que na prática, o ponto de transição é relativo e depende da carga de projeto sobre o time de desenvolvimento. Acrescentam-se ainda problemas devido a pouca participação da produção no conceito do produto, o que acarreta em uma transição problemática, segundo os entrevistados.

Os conceitos acerca de Gestão da Configuração não são muito conhecidos pela *Empresa C*. Os dados do produto após liberação são tratados de maneira sistematizada e corporativa. Possui uma estrutura de produto genérica, o que permite um maior grau de customização e variabilidade. A centralização possibilita uma efetiva gestão das configurações dos produtos. Entretanto, no início do desenvolvimento a gestão é descentralizada, e considerada por alguns como caótica. Para os novos projetos, espera-se que o cadastro dos dados no sistema seja feito desde o início do projeto, centralizando as informações e uniformizando os procedimentos de trabalho.

A relação entre o ECM e o CM foi considerada muito estreita pelos entrevistados. Qualquer alteração na configuração do produto deve ser feita via ECM. Sem este, permaneceria a mesma configuração do produto, inerte a mudança e adaptações.

Modelos e Atividades do Processo de Mudança de Engenharia

A *Empresa C* trata as mudanças de engenharia de diversas maneiras, dependendo do produto e etapa de seu ciclo de vida. Existe um processo *ad hoc* para o desenvolvimento de um determinado produto de menor volume. Para o principal produto existe um conjunto de procedimentos formais, caracterizando um processo estruturado.

No decorrer deste trabalho, apenas as práticas contidas nos processos do principal produto serão consideradas, podendo ser classificadas em:

- ECM I: referente às mudanças dos componentes/produtos em desenvolvimento;
- ECM II: referente às mudanças dos componentes/produtos liberados; e,
- ECM III: referente às mudanças dos componentes em produção realizadas por uma área de *Acompanhamento da Série*.

Para o desenvolvimento de produto, o ECM I é adaptado para cada novo projeto de acordo com suas características. Essa adaptação também é realizada no sistema de apoio à gestão do processo, desenvolvido por uma empresa de consultoria que assiste a *Empresa C*.

O ECM II divide-se em duas vertentes: para componentes delegados e não-delegados. No primeiro toda a responsabilidade pertence a filial. No entanto, os componentes não-delegados precisam da autorização da matriz para a execução de qualquer alteração.

O ECM III possui características bastante distintas dos outros. A solicitação de mudança pode ser feita de diversas maneiras, como *email*, telefone, na própria linha de produção etc., não existindo um procedimento formal para sua execução. A solicitação é então registrada em uma pequena base de dados desenvolvida em MS Access, unicamente para fins de registro de algumas informações para futuras análises relacionadas com a gestão de metas estabelecidas para a área, denominada de *Acompanhamento da Série*, responsável pelas alterações. A necessidade de mudança é verificada por um membro dessa área, podendo para tal deslocar-se até o local de onde partiu a solicitação, chão-de-fábrica, ou mesmo fornecedores. Caso seja confirmada, o desenho referente à solicitação é alterado, adicionando-se um documento de controle das alterações. Todo conjunto de documentação, após execução de todas as mudanças e aprovação interna na própria área é encaminhada para outra área da empresa, denominada de DOC, responsável por atualizar as mudanças nos sistemas corporativos, disponibilizando para todas as plantas do mundo (A Figura 26 apresenta uma ilustração simplificada do modelo para o ECM III).

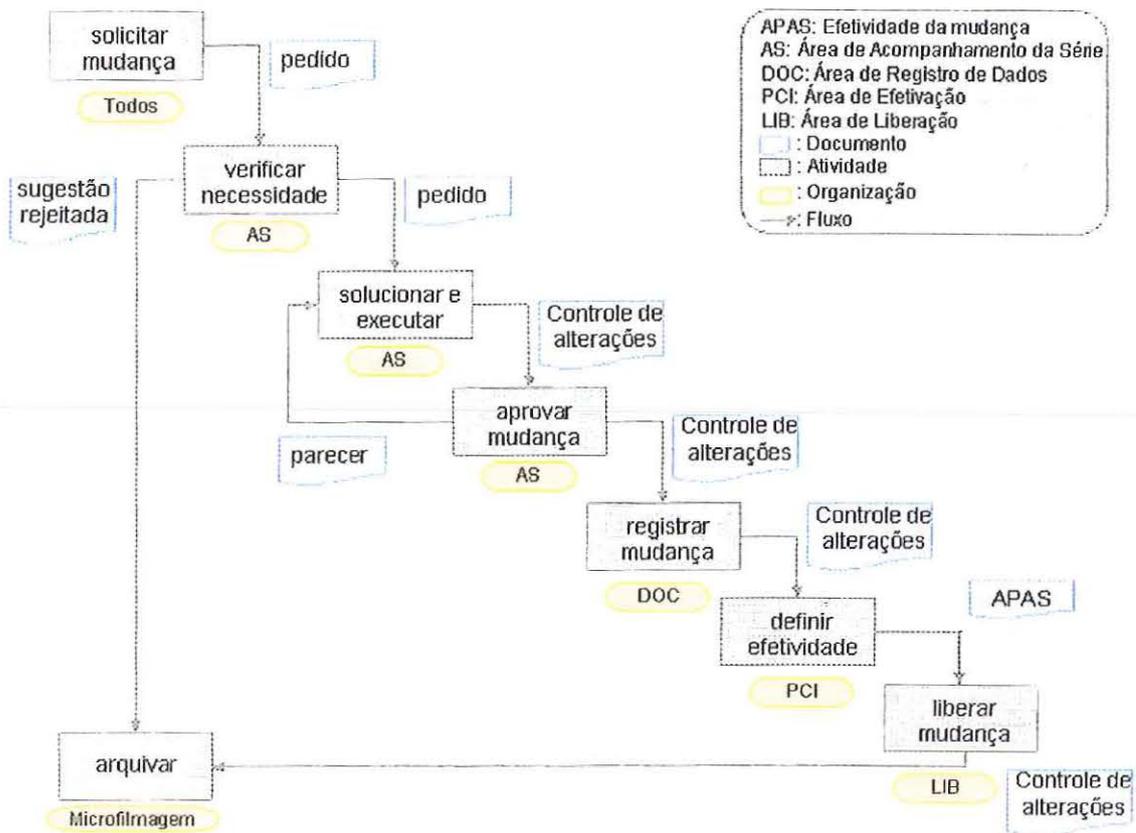


Figura 26 – Modelo para o ECM III da Empresa C

A partir desse momento, uma terceira área envolve-se no processo. Conhecida como PCI, que possui a incumbência de notificar todos os envolvidos com a mudança, seja produção, suprimentos, compras, marketing etc., e definir em conjunto a melhor data para efetivação da mudança na linha. A área de *Acompanhamento da Série*, formada por engenheiros de produto e processo, não se envolve com a definição da efetividade, ficando apenas responsável por avaliar, propor e executar uma solução para uma mudança necessária. Também pode sugerir tecnicamente o que fazer com os componentes em estoque, como sucata-los ou não. Definida a efetividade, acontece a liberação para a produção, e posterior microfilmagem de todos os desenhos alterados.

Para mudanças críticas existe o desvio temporário, ou seja, uma solução temporária é liberada para produção até uma solução final, ou mesmo até a documentação ser registrada no sistema. Neste caso, o *Acompanhamento da Série* tem autonomia para decidir aprovar ou não o desvio.

O processo apoiado pelo ECM I também não está estruturado em fases. A Figura 27 apresenta um modelo simplificado para o ECM I da *Empresa C*.

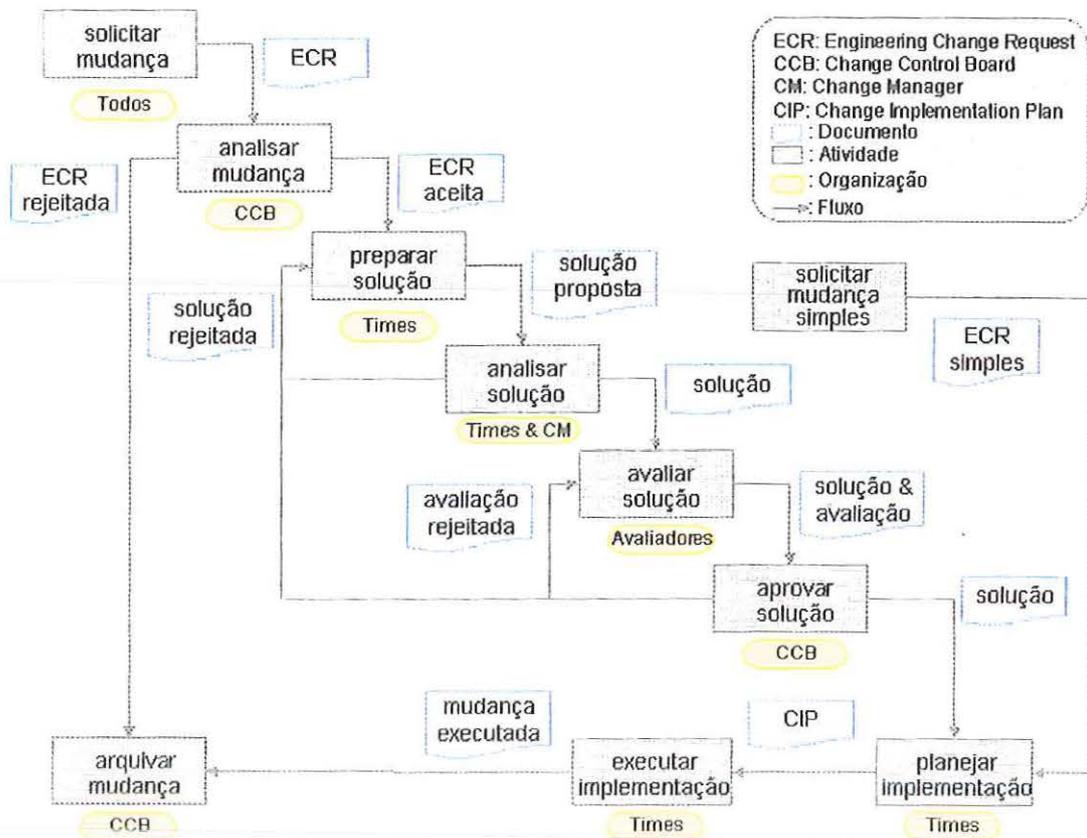


Figura 27 – Modelo para o ECM I da *Empresa C*

A partir de uma necessidade de alteração, todos os envolvidos no processo podem criar um documento denominado de ECR. Este é encaminhado para uma reunião envolvendo representantes do gerenciamento do projeto e representantes dos grupos do time de desenvolvimento, compondo o *Change Control Board* (CCB), com a atribuição de aprovar ou não a proposta. Se aceita, ela é encaminhada para uma equipe dentro do time de desenvolvimento de produto responsável por preparar uma solução. Finalizada uma solução, ela é avaliada por todos os envolvidos na mudança, juntamente com um *Change Manager* (CM), onde se busca fechar uma solução viável, utilizando para auxiliar a tomada da decisão uma análise de DMU. Se reprovada, retorna a equipe para nova tentativa. Aprovada, a solução é fechada e encaminhada para um grupo de avaliadores, representantes de diversas áreas da empresa, que desenvolvem seus pareceres sobre a solução proposta. Realizada a avaliação, todo o conjunto de

informações desenvolvidas até o momento é encaminhado para o CCB, responsável por aprovar, ou não, a solução discutida até então. Aprovando-a, são delegadas as tarefas para implementação das modificações advindas da solução, as equipes dos grupos envolvidos executam as tarefas e quando finalizadas, retornam um relatório de conclusão para o CCB arquivar a ECR. Para o caso de mudanças rotineiras e sem maior complexidade, o CCB envolve-se apenas no final do processo.

O ECM II assiste as mudanças de componentes liberados nos sistemas da *Empresa C*, sejam eles delegados ou não⁷. Na prática, apenas os componentes não delegados são apoiados pelo ECM II. Entretanto, no futuro, espera-se que ele substitua completamente o ECM III. A Figura 28 apresenta uma representação simplificada do processo descrito para o ECM II.

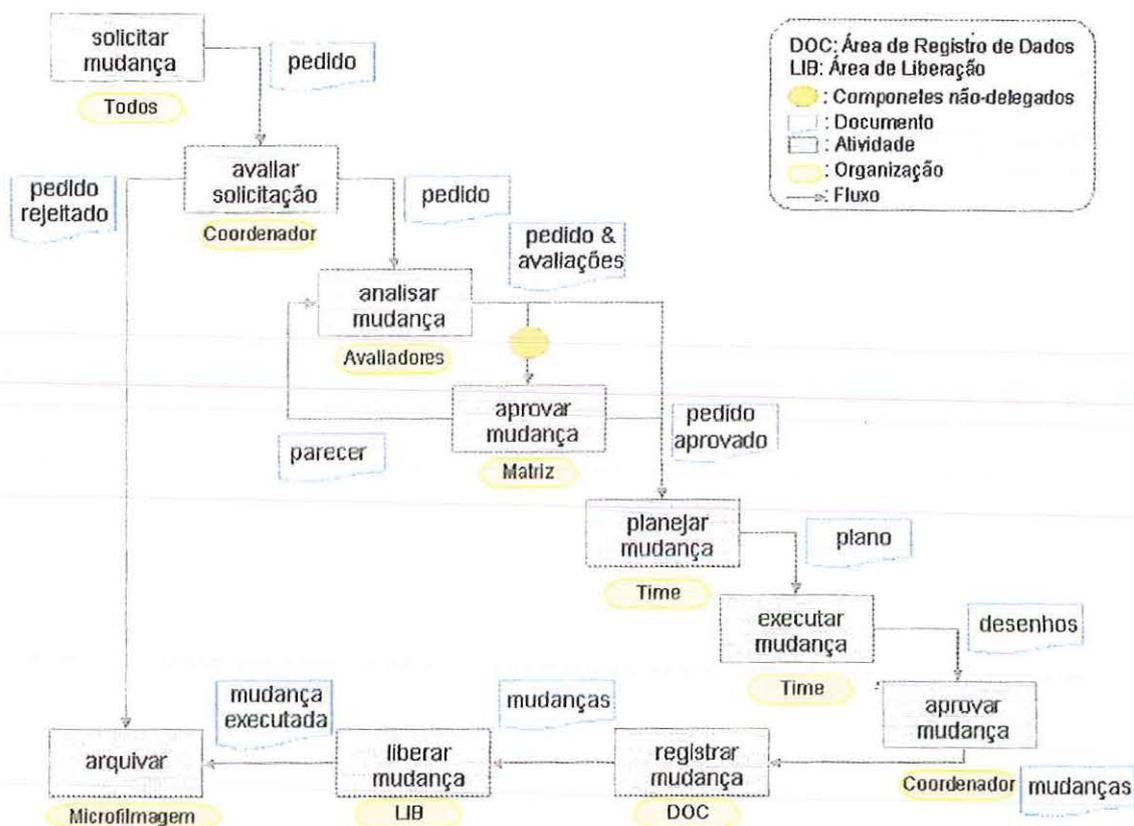


Figura 28 – Modelo para o ECM II da *Empresa C*

⁷ Componentes não-delegados são os desenvolvidos na matriz da Empresa C, e utilizados tanto em produtos comercializados na matriz como nas filiais. Assim, modificações nesse tipo de componente requerem autorização formal da matriz.

As atividades iniciam-se com a preparação da solicitação de alteração, realizada por um membro de uma área funcional. A solicitação segue para a coordenação da área que inicia seu processamento. Uma série de avaliadores, de diversas áreas como engenharia, produção, cálculo, vendas etc., elabora um parecer sobre a mudança. No caso de peças não delegadas, a solicitação é encaminhada à matriz que avalia a mudança, autorizando-a, ou não. Esse período de análise externa à filial da empresa costuma ser lento e muito criticado pelos envolvidos, insinuando uma falta de comprometimento dos avaliadores externos para com a solicitação.

Autorizada a mudança, a solicitação segue para as áreas envolvidas, e um plano para sua execução é elaborado. Em seguida, as atividades planejadas são executadas e os resultados são submetidos à aprovação dos coordenadores das áreas envolvidas. As mudanças são registradas nos sistemas como *em projeto*, no momento da solução, e depois *em execução*, quando em implementação. A DOC registra as mudanças no sistema e a LIB libera as mudanças para a produção.

Em nenhum dos processos existe a aplicação do método de revisão de fase. No entanto, em todas as revisões formalizadas no modelo do processo de desenvolvimento de produto da *Empresa C*, existem critérios que avaliam diretamente o processo de mudança, no sentido de garantir uma documentação eficiente para o produto.

A consultoria que assiste a Empresa C no projeto *Engineering Documentation Management*, e por conseqüência, nos processos de mudança de engenharia, possui uma preocupação em estabelecer métricas para avaliação dos processos. No entanto, ainda não existe uma formalização oficial de indicadores de melhoria para os processos. Algumas métricas informais utilizadas no momento são, por exemplo, o tempo de ciclo de vida da mudança, o tempo parado em elementos funcionais, custo médio da mudança. Estas métricas são utilizadas para os ECM I e II.

Em relação ao ciclo de vida da mudança, alguns valores médios foram comentados. Para o ECM I são 25 dias úteis, para o ECM II e III são 120 dias úteis, sendo que o caso do ECM II possui um desvio padrão muito grande diretamente relacionado com o tempo de resposta da matriz, para componentes não delegados.

Informação para a Gestão das Mudanças de Engenharia

Para os produtos em desenvolvimento na *Empresa C*, a principal fonte de mudança é a própria equipe de desenvolvimento, com destaque para os times de preparação de produção e ferramental. Existe também um grande número de mudanças logo no princípio da produção, ainda sob a supervisão do desenvolvimento. A falta de experiência do montador na linha acarreta muitos problemas. A grande diferença entre a montagem de um protótipo realizada por especialista e um produto em linha que deve ser montado por operadores em minutos, acarreta na necessidade de mudanças no plano de montagem ou re-planejamento da produção. Os fornecedores e parceiros também promovem muitas mudanças durante o desenvolvimento.

Para os produtos em linha, o retorno do cliente é o principal argumento para mudanças. Melhorias no processo de fabricação e montagem também acarretam em alterações nos produtos em série.

A solicitação de mudanças é aberta a todos os envolvidos nos processos. Para os produtos em série, existem plantonistas alocados nas linhas de montagem com o intuito de sanar pequenos problemas no local, como por exemplo, interpretação incorreta de operadores. No caso de problemas de solução não imediata, os plantonistas encaminham uma solicitação formal de mudança. Não existe um procedimento para pré-análise da necessidade de alteração, a empresa se vale do bom senso do solicitante.

O documento mais alterado ao longo do ciclo de vida do produto são os desenhos, ou melhor, geometrias, visto que todos os componentes nos novos projetos são modelados nos sistemas CAD 3D. Muitas das mudanças na geometria são decorrentes de novos requisitos de marketing inseridos no decorrer do projeto.

Apesar dos modelos digitais, para fins de registro e liberação, as autorizações somente acontecem através de documento físico, ou seja, é necessária uma cópia em papel do desenho do componente.

A BOM também sofre alteração, no entanto essas mudanças são geridas diretamente pelas áreas DOC e LIB, responsáveis pelo registro e liberação dos dados nos sistemas corporativos.

O controle dos documentos de engenharia utiliza dois métodos distintos para controle da efetividade. Para os produtos em produção, utiliza-se tanto data quanto o número de série. Isto permite, segundo a *Empresa C*, uma melhor rastreabilidade no caso

de problemas nos clientes, permitindo saber, por exemplo, a identificação da configuração do cliente em relação à correção de problemas já sanados. Existe uma área na empresa, denominada PCI, responsável por determinar a efetividade, realizada através de consulta a todos os envolvidos com a mudança.

O desenvolvimento utiliza uma efetividade de componente relacionada com protótipo. Assim, uma mudança em um componente será efetivada em um dos protótipos planejados ao longo do processo de desenvolvimento de produto. Dependendo das características da alteração, como a necessidade de um determinado teste, por exemplo, determina-se em qual protótipo o componente alterado será montado.

A *Empresa C* não apresenta um sistema de classificação para as requisições de mudança. Na produção, as prioridades são definidas pela experiência do projetista. No desenvolvimento o comitê prioriza as solicitações de mudanças.

Os documentos utilizados são distintos para cada modelo de ECM discutido. O ECM I adota a ECR, onde outros documentos são agregados ao longo do processo, e um plano de implementação da mudança (*Change Implementation Plan – CIP*) contendo as datas, recursos, além de documentos de avaliação e notificações. Para o ECM II, existe um documento de pedido de mudança utilizado durante todo o processo, onde são agregados desenhos, planos, pareceres, soluções, relatórios etc. E, por fim, para o ECM III, existe o pedido de mudança, que se aprovado transforma-se no documento de controle das alterações, contendo os desenhos e planos. Existe ainda o APAS, documento que contém as definições de efetividade para as mudanças executadas.

Organização para a Gestão das Mudanças de Engenharia

A organização para o desenvolvimento de produto da *Empresa C* utiliza a estrutura matricial com gerente peso leve para a maioria dos novos projetos. Outros ainda utilizam estruturas funcionais, e em um projeto estratégico para a empresa em finalização, utilizou-se uma forma mista entre Time de Desenvolvimento de Produto (PDT) e funcional.

Para o processo de mudança de engenharia, considerando os produtos em produção, ou seja, o ECM III, existe uma área denominada *Acompanhamento de Série*, organizada em pequenos grupos de especialistas de partes do produto, que têm como

atribuição atender a todas as mudanças dos produtos de série. Essa área possui um orçamento para subtrair os custos das alterações. As pessoas alocadas foram retiradas das áreas funcionais da empresa, e existe uma rotatividade periódica entre os membros para fins de reciclagem. Alguns pequenos projetos, como produtos especiais encomendados, ou projetos denominados de *lifting*, também são executados pelo *Acompanhamento de Série*. Envolvem-se também no ECM III, as áreas DOC, PCI e LIB.

As mudanças de produto em desenvolvimento, ou seja, ECM I, são realizadas pelos próprios envolvidos com o desenvolvimento, assumindo papéis para o ECM. Um dos papéis é o *Change Control Board* (CCB).

O CCB é formado por pessoas-chave no gerenciamento das diversas áreas da empresa, e inclusive parceiros. As modificações somente são alvo de uma análise do CCB quando influenciam o conceito do produto. Todas as demais são solucionadas pelos envolvidos com o desenvolvimento, responsáveis pela elaboração e execução de soluções para pequenas mudanças.

Todas as atividades do processo são monitoradas pelo *Change Manager*, ou Gerente das Mudanças, cujas atribuições incluem agendar as reuniões de CCB, a verificar a coerência das informações contidas nas ECRs e priorizá-las para as avaliações, facilitar a comunicação entre os envolvidos etc.

Outro papel organizacional para o ECM I são os avaliadores cuja incumbência é avaliar a solução desenvolvida aprovando-a ou não. No primeiro caso, é dado o aval para o CCB aprovar a solução. Os avaliadores são pessoas envolvidas com o desenvolvimento e com a empresa, incluindo planejamento, compras, suprimentos, marketing, custos, estilo, ferramental, testes etc.

Para o ECM II existe o envolvimento do coordenador do time de onde partir a necessidade de mudança, de um grupo de avaliadores formados por especialistas de diversas áreas, do próprio time que terá a responsabilidade de processar a solicitação, ou seja, desenvolvê-la. Ainda nos casos de componentes não delegados, deve-se incluir o responsável pelo componente da matriz que tem como atribuição decidir entre autorizar a mudança ou não. A DOC e a LIB também participam do ECM II.

As mudanças, de maneira geral, são bem vistas pelos envolvidos no processo. Alguns relatos, no entanto, confere um grau não totalitário a essa afirmação. Para os

ECM I e II, quando uma mudança requer alterações em componentes com responsáveis distintos, surgem conflitos sobre quem executará a mudança. No caso do ECM III, depois de ter sido criada uma área voltada para as mudanças de engenharia, os problemas pessoais diminuíram. Entretanto, o processo de mudança possui um caráter menos criativo que o de desenvolvimento. Assim, existe uma diferenciação de tratamento entre os envolvidos com o conceito do produto e os envolvidos com as mudanças do produto em produção.

Alguns entendem o número de modificações no produto em produção como reflexo da qualidade do processo de desenvolvimento de produto e da gestão do projeto executado. Assim, a área de *Acompanhamento da Série* é vista como “dedo-duro”, pois atua diretamente nos erros de projeto. Segundo os entrevistados dessa área, somente as mudanças realizadas a partir de uma constatação em campo são consideradas relevantes pela equipe que projetou o produto, visto que somente essas são tidas como neutras.

Como as abordagens são distintas para produto em desenvolvimento e em produção, existe um ponto teórico onde as responsabilidades são passadas de um time para outro. Esse ponto é definido como seis meses depois do primeiro produto ser produzido. No entanto, como cada componente possui um ciclo de vida próprio, o seu grau de maturidade promove a existência de diferentes abordagens para mudanças em um mesmo projeto de produto. Outro caso é o de componentes utilizados em produto já desenvolvido e que será utilizado em um novo projeto. Assim, ele será apoiado pelo ECM II, enquanto que os em desenvolvimento pelo ECM I, mesmo sendo todos pertencentes a um mesmo produto em fase de desenvolvimento.

Sistemas de Apoio a Gestão das Mudanças de Engenharia

A *Empresa C* utiliza diversos sistemas de informação para apoiar a gestão das mudanças. Para o ECM I, utiliza um sistema desenvolvido em Lótus Notes, o qual gerencia os documentos envolvidos com a gestão das mudanças através da automatização de um fluxo de trabalho definido para o processo. As geometrias ou desenhos dos componentes do produto são gerenciados por um sistema PDM, no caso o Metaphase da SDRC. Este sistema possui funcionalidades de ECM, porém a empresa optou por utilizá-lo apenas para apoiar a gestão das geométricas. Acrescenta-se ainda um sistema

desenvolvido a partir de uma base de dados Oracle para o gerenciamento da estrutura de produto dos protótipos durante o desenvolvimento do produto, denominado de SAS+.

Os sistemas para gestão de estrutura de protótipo e de geometria integram-se a partir da exportação dos componentes da estrutura presente no segundo para o primeiro, onde se torna possível acrescentar algumas informações essenciais para a gestão, como por exemplo, as efetividades dos componentes dos protótipos. O sistema ECM não possui qualquer integração com os outros.

Para o ECM II, a empresa utiliza outro sistema também desenvolvido em Lótus Notes. Trata-se de um sistema corporativo, sendo que no princípio suportava apenas mudanças para componentes não delegados, entretanto está em expansão para os delegados também.

O sistema integra-se com outro de plataforma *mainframe* corporativo (EDS), responsável pela gestão das geometrias em desenvolvimento por todas as engenharias da empresa, que, por sua vez, integra-se com um sistema *mainframe* corporativo (PDS) onde acontece a liberação dos componentes para a produção. Estes sistemas fazem parte de um conjunto agregado contendo funcionalidades análogas à de um ERP.

O ECM III utiliza uma base de dados desenvolvida em MS Access para fins de registro de histórico para análises futuras. Para a gestão do processo não é utilizado nenhum sistema de apoio, sendo todas as informações veiculadas através de cópia física. Apenas ao final, utilizam-se os mesmos sistemas do ECM II, *mainframes* responsáveis pelo registro de documentos de engenharia e liberação para produção.

Em todos os casos, as geometrias são desenvolvidas utilizando-se sistemas CAD 3D de última geração. Os arquivos gerados são gerenciados por sistemas de documentação de produto, seja um PDM ou então um *mainframe* corporativo (GIS). Entretanto, para validade das informações liberadas para produção, ainda existe à necessidade de uma cópia física da geometria, ou seja, de um desenho que depois é microfilmado e arquivado.

Outra ferramenta muito utilizada é o Digital Mock-Up (DMU). Este permite simulações virtuais de montagens, cinemáticas, operações e acessibilidade, propiciando a identificações de problemas antes da construção do protótipo físico. No ECM I, a atividade de analisar solução é desenvolvida a partir de uma análise de DMU. A Figura

29 apresenta o relacionamento entre os sistemas envolvidos na gestão de mudanças da *Empresa C*.

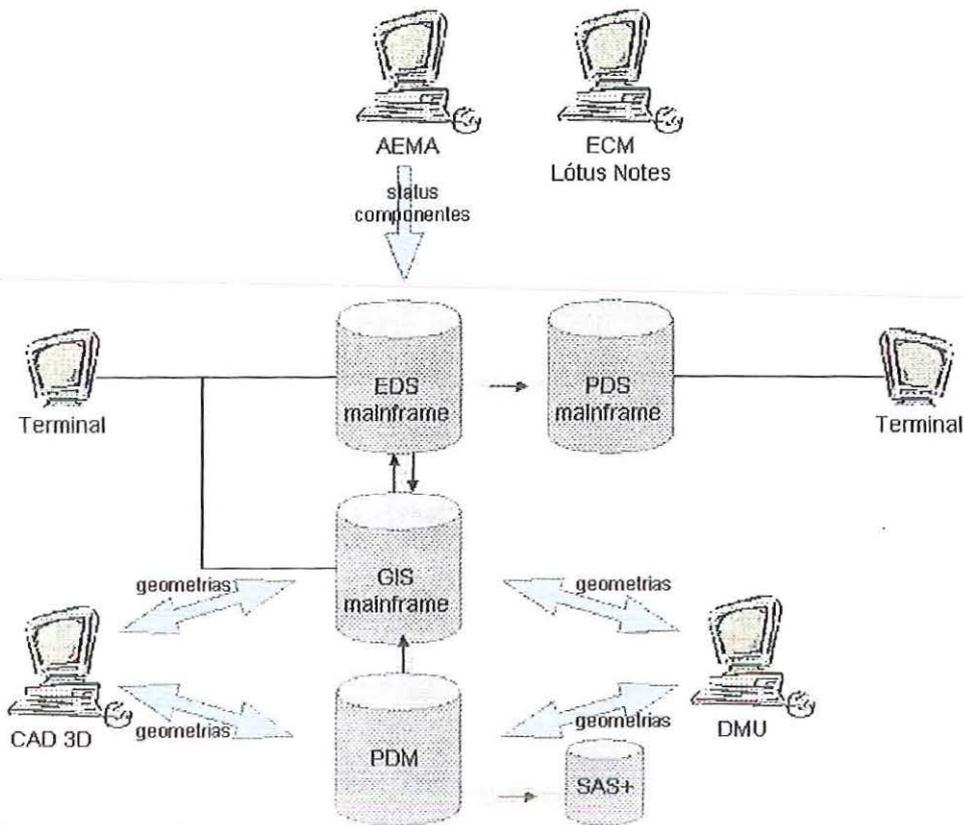


Figura 29 – Sistemas de informação para o ECM da *Empresa C*

Estratégias de Produto e Produção

A estratégia de produção da *Empresa C* é basicamente MTO. A influência do processo de mudança no PCP foi citada por diversos entrevistados. Frequentemente mudanças promovem o sucateamento, redirecionamento de componentes para reposição ou para montagem de outros produtos.

Em relação à visão de custos ou benefícios econômicos com a gestão das mudanças de engenharia, a *Empresa C* assume que os valores utilizados hoje são muito aproximados e a busca por dados mais próximos da realidade é um dos desafios para a atual gestão.

Entretanto, algumas estimativas demonstram a dimensão dos valores promovidos pelo ECM, como por exemplo, uma economia de cerca de US\$4 milhões somente com ferramental, proporcionada pela gestão de cerca de 300 ECRs pelo ECM I. Os cálculos

econômicos são realizados pelo CCB e Avaliadores, sendo na maioria simples, devido a necessidade de rápida resolução para andamento do projeto.

O ECM II possui como principal fator de decisão o custo relacionado com a mudança. Existe um procedimento formal para o desenvolvimento dos cálculos e acaba sendo um dos fatores para a lentidão da autorização da mudança, no caso das peças não delegadas.

Para o ECM III, a área de *Acompanhamento da Série* possui um orçamento próprio, utilizado para as pequenas modificações. Os próprios engenheiros, utilizando somente a experiência, estimam os custos das mudanças. Raramente são envolvidas pessoas de custos para elaborar as estimativas.

Devido à dimensão da *Empresa C*, acrescido de fatores advindos de sua forte relação com a matriz, torna-se notável a grande resistência a melhorias em processos a partir de mudanças de procedimentos ou sistemas. Os entrevistados comentaram que existe um comprometimento da alta gerência com o ECM, no entanto nem todos os envolvidos nos processos estão dispostos a mudar sua rotina de trabalho. Acrescenta-se ainda o rateamento dos custos referentes a melhorias de processos e sistemas. Cada área é responsável por subtrair de seu orçamento os gastos com sistemas de informação, sendo que muitas protelam o investimento acarretando em problemas de implementação e comprometendo os projetos de melhoria.

Benefícios da Aplicação da Gestão das Mudanças de Engenharia

Os principais benefícios advindos da efetiva gestão das mudança, segundo a visão dos entrevistados na *Empresa C*, são a redução do ciclo de vida de uma modificação, o registro de todo um histórico de projeto, a colaboração e troca de informações entre todos os envolvidos no processo melhorando a comunicação entre as áreas, a possibilidade de avaliação prévia de custos e prazos, a possibilidade de priorizar as mudanças, o controle dos prazos, a redução de re-trabalho principalmente referente ao projeto de ferramental.

Entretanto, diversas barreiras foram levantadas. Muitas caracteristicamente culturais, como problemas no uso de sistemas. Durante o treinamento, todos demonstram compreender o funcionamento do sistema e do modelo do processo. No entanto, quando

são exigidos na prática, durante o trabalho, demonstram insegurança e acabam por utilizar meios informais para dar prosseguimento as mudanças.

A falta de investimento em treinamento de alguns grupos também compromete os projetos. Alguns responsáveis por contratar treinamento não acreditam que o novo modelo estará implementado no curto prazo e acabam esperando outros grupos participarem, criando um círculo vicioso. Alguns entrevistados comentaram a necessidade de uma pessoa da alta gerência assumir uma posição clara de patrocinador para o ECM. Outros citaram o temor em assumir os problemas, pois um aumento de mudanças corretivas na montagem expõe os projetistas que participaram do projeto.

O uso de sistemas também é mal visto por alguns, pois registra as informações do andamento do processo, possibilitando uma avaliação da qualidade técnica do projetista.

A organização da *Empresa C* foi outro fator considerado. Estruturada teoricamente matricial, no entanto muito funcional na prática, com áreas de domínio de grupos bem determinadas, promovendo conflitos de interesse.

5.4. Comparação dos Casos Estudados

As empresas utilizadas para o estudo de caso neste trabalho apresentam características em comum, considerando as classificações apresentadas nas Tabelas 2, 3 e 4. Entretanto, as práticas de ECM encontradas em cada caso ilustram diferentes possibilidades de entendimento do processo e gestão das mudanças. A seguir, apresenta-se uma síntese comparativa dos casos analisados, considerando cada tópico discutido.

Processo de Mudança de Engenharia e Gestão de Configuração

As três empresas analisadas apresentam práticas sistematizadas para a gestão das mudanças. A *Empresa B* possui um processo único que apóia as mudanças ao longo de todo o ciclo de vida do produto. Entretanto, as *Empresas A* e *C* tratam distintamente mudança nos produtos em desenvolvimento e em produção, sendo que a primeira não possui uma sistemática definida para as mudanças durante o desenvolvimento. No caso da *Empresa C*, existem ainda outras diferenciações, relacionadas com o tipo de produto e status de liberação nos sistemas de apoio.

Algumas práticas da gestão de configuração são utilizadas pelas empresas estudadas, entretanto ainda não sistematicamente. A relação entre CM e ECM foi considerada estreita em todos os casos pela maioria dos entrevistados.

Modelos e Atividades

Os casos analisados apresentaram um tratamento formal para os processos de mudança, com exceção da *Empresa A* para a etapa de desenvolvimento de produto e a *Empresa C* para o desenvolvimento de um determinado produto de menor volume, ambos ainda *ad hoc*.

Todos os processos estão ilustrados em modelos de referência. Na *Empresa A*, um modelo gráfico foi desenvolvido para auxiliar a implantação de um novo sistema de apoio ao ECM. Na *Empresa B*, existem manuais de referência e normas auditáveis contendo todos os procedimentos e práticas necessárias para o processo. Na *Empresa C*, para o ECM I e II existem modelos de referência, muito relacionados com os sistemas de informação utilizados. Porém, o ECM III não possui qualquer representação formal.

Apenas o modelo do caso *B* está estruturado em fases, sendo elas Concepção, Planejamento, Execução e Homologação. Em todos os modelos discutidos, uma seqüência de objetivos expressos nas atividades caracteriza o processo unicamente, como a necessidade da mudança, o requerimento, a avaliação, a solução, a execução, a aprovação final e a liberação da mudança já executada.

A ferramenta de *quality gate* não é utilizada para o processo de mudança de engenharia em nenhum dos casos. Entretanto todas utilizam procedimentos para a aprovação e autorização de mudanças.

As *Empresas A* e *B* não possuem métricas para o processo de mudança. No caso *C*, também não existem métricas formais. Entretanto, a consultoria que assiste a empresa possui um conjunto de indicadores que auxiliam a gestão como, por exemplo, o tempo de ciclo de vida da mudança, o tempo parado em elementos funcionais, custo médio da mudança. As *Empresas A* e *C* destacaram a necessidade de métricas bem definidas para acompanhar o desempenho do processo.

Informação para a Gestão das Mudanças de Engenharia

Ao longo do ciclo de vida do produto, os casos estudados apresentaram diferentes fontes solicitadoras de mudança. Na *Empresa A*, a maioria dos pedidos de mudanças é proveniente do chão-de-fábrica, para produtos em produção. Na *Empresa B*, a principal fonte solicitadora de alterações é o cliente. E no caso da *Empresa C*, tem-se a equipe de desenvolvimento de produto e o cliente, respectivamente, para produtos em desenvolvimento e em produção.

Em todos os casos, qualquer um envolvido com o processo pode solicitar uma mudança de engenharia. Para a *Empresa A*, a solicitação deve obrigatoriamente constar uma proposta de solução. Os casos *B* e *C* utilizam sistemas que obrigam o registro de algumas informações básicas para cadastro do pedido.

Os desenhos ou geometrias de componentes são os documentos de maior número de modificações para as *Empresas A* e *C*. Para o caso *B*, tem-se a estrutura de produto.

O conceito de efetividade é utilizado para todos os casos. As *Empresas A* e *B* utilizam datas para efetivação da mudança. Para a empresa *C*, os protótipos são o critério para a efetividade durante o desenvolvimento. E na produção, utiliza-se tanto data quanto número de série, conjuntamente.

Os casos *A* e *C* não utilizam um sistema para classificação das mudanças. A *Empresa B* faz uso de um sistema baseado em critérios relacionados com o tipo do projeto resultante do pedido.

Os documentos utilizados na *Empresa A* são a Solicitação de Mudança e a Autorização de Mudança. A *Empresa B* utiliza um único para todo o processo, denominado de Idéia/sugestão. Os documentos do caso *C* formam três conjuntos, um para cada gestão definida: ECR e CIP (ECM I); Pedido de Mudança (ECM II); e Pedido de mudança, Controle de Mudança e APAS (ECM III).

Organização para a Gestão das Mudanças de Engenharia

Dos casos estudados, apenas o *C* possui uma área cujas atribuições são todas relacionadas com mudanças de engenharia, denominada de *Acompanhamento de Série*.

Todos apresentam uma estrutura baseada em papéis assumidos para a gestão das mudanças. Desses, destaca-se a presença do comitê (CCB), do gerente de mudanças ou do comitê, e de grupos ou times para desenvolvimento, ou execução da mudança.

Nas *Empresas A* e *C*, foram levantados pelos entrevistados alguns aspectos negativos relacionados com as mudanças, considerando os envolvidos com o processo. Os entrevistados do caso *B* ressaltaram o total comprometimento da equipe.

Sistemas de Apoio a Gestão das Mudanças de Engenharia

Todos os casos estudados utilizam sistemas para apoiar a gestão das mudanças de engenharia. O caso *A* está implantando um sistema para automatizar o fluxo de atividades definidas para as mudanças, utilizando o componente *Workflow* de um sistema PDM corporativo. A *Empresa B* utiliza um sistema para automatizar as atividades e gerenciar os documentos relacionados com a gestão do processo, desenvolvido a partir de um sistema *Workflow*. A *Empresa C* também utiliza sistemas desenvolvidos a partir de *Workflow*. Tanto a *Empresa B* como *C* utiliza sistemas baseados em Lotus Notes.

Sistemas PDM ou EDM são utilizados em todos os casos para a gestão dos documentos de engenharia. Entretanto, em nenhum dos casos existe uma integração desenvolvida entre eles e os sistemas ECM.

Estratégias de Produto e Produção

As *Empresas A* e *C* possui uma produção MTO, enquanto que a *B* é MTS. A *Empresa A* sofre poucos efeitos das mudanças de engenharia sobre o planejamento da produção. O caso *B*, devido ao grande envolvimento de todas as áreas da empresa, nenhum efeito negativo é identificado no PCP. Para o caso *C*, a influência das mudanças no planejamento foi citada diversas vezes, principalmente referindo-se ao sucateamento de peças em estoque.

A viabilidade econômica de uma mudança é avaliada em casos especiais para todas as empresas estudadas. Na maioria dos casos, a própria engenharia faz uma avaliação macro dos valores, fazendo uso apenas da experiência.

Benefícios da Aplicação da Gestão das Mudanças de Engenharia

Os principais benefícios do efetivo ECM relatados estão relacionados com a melhoria da comunicação entre os envolvidos com o processo, o registro de um histórico de projeto, a rastreabilidade das mudanças, e uma melhor qualidade das informações utilizadas.

Em relação às barreiras, o destaque refere-se as questões em torno dos fatores culturais, como rejeição às alterações de procedimentos ou processos de trabalho, mesmo quando objetivam uma melhoria nas práticas de ECM.

5.5. Síntese das práticas de ECM

A partir da pesquisa bibliográfica e da análise dos casos estudados em campo, optou-se por desenvolver uma síntese na forma de um modelo teórico para o processo de mudança de engenharia, contendo algumas das práticas identificadas neste trabalho, objetivando atender as perguntas formuladas. Esse modelo teórico não deve ser entendido como uma proposta, visto o escopo desta pesquisa, mas sim como uma maneira de elucidar conceitos e práticas identificadas na academia e indústria. No entanto, nada impede que no futuro seja tratado como diretrizes para uma pesquisa de implementação prática.

O modelo foi desenvolvido considerando as informações levantadas durante a revisão e pesquisa em campo deste trabalho. O resultado encontra-se na Figura 30, seguido de uma breve descrição de cada atividade macro ilustrada no modelo.

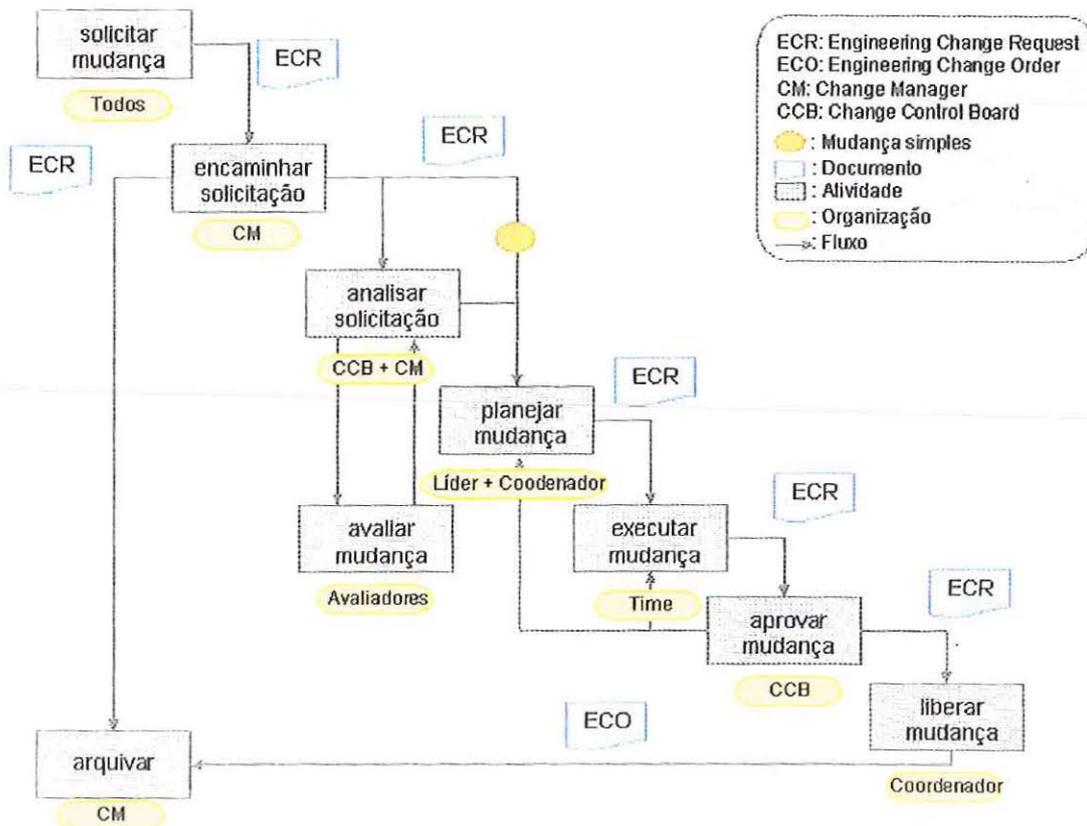


Figura 30 – Síntese de práticas e conceitos de ECM.

Solicitar Mudança

A partir da necessidade de uma mudança que promova alterações em documentos que descrevam componentes/produtos, um pedido é cadastrado no sistema através da criação de uma ECR. Esta contém informações referentes ao problema identificado ou melhoria proposta, incluindo os motivos, componentes e produtos relacionados, impactos, solução preliminar etc. Todos os envolvidos com o produto ao longo de seu ciclo de vida podem criar uma ECR. O *status* é definido como *criada*.

Encaminhar Solicitação

O *Change Manager* monitora as ECR criadas no sistema, avaliando a viabilidade de cada uma. Cada ECR pode seguir por três caminhos: rejeição e arquivamento; encaminhamento para uma reunião do CCB; ou encaminhamento para o líder do projeto relacionado com a mudança.

A ECR pode ser rejeitada quando a análise do *Change Manager* concluir na inviabilidade técnica, irrelevância ou duplicidade. Caso seja coerente, a ECR é classificada e priorizada. Na classificação define-se qual caminho seguirá, direto para um líder de projeto no caso de mudanças simples, ou para a análise do CCB. A priorização determina quando a ECR será encaminhada para o CCB, considerando um número viável de ECR para serem analisadas em cada reunião. Essas novas informações são adicionadas pelo *Change Manager* no próprio registro da ECR. O *status* pode ser definido como *rejeitada*, *em análise* ou *em planejamento*.

Analisar Solicitação

Em cada reunião ordinária do CCB, o *Change Manager* apresenta as ECR prioritárias. O CCB, composto por representantes de todas as áreas envolvidas com o produto, analisa a viabilidade da mudança, podendo requerer maiores estudos aos especialistas que compõem o grupo de avaliadores.

A ECR pode ser rejeitada, ou então aprovada. Neste caso, define-se uma data preliminar para a efetividade da mudança, e o *Change Manager* a encaminha para o líder do projeto relacionado com a mudança. O *status* pode ser definido como *rejeitada*, *em avaliação* ou *em planejamento*.

Avaliar Mudança

O CCB pode encaminhar a mudança para a avaliação de especialistas. Estes compõem o grupo de Avaliadores, basicamente formado por pessoas relacionadas com produto, processo, produção, custos, vendas, marketing, compras etc.

Cada avaliador solicitado elabora um parecer para a mudança, avaliando a solução proposta, caso a ECR contenha uma, ou mesmo propõe uma solução viável. Os pareceres são anexados na ECR e encaminhados, via sistema, ao CCB para análise na próxima reunião.

Planejar Mudança

O líder de projeto recebe, via sistema, a ECR analisada pelo CCB ou encaminhada diretamente pelo *Change Manager*, e define um coordenador para o projeto de mudança.

Em conjunto, eles definem um plano para solução e execução da mudança. O plano é anexado a ECR no sistema. O *status* é definido como *em planejamento*.

Executar Mudança

O coordenador da mudança delega as atividades contidas no plano definido, e monitora o seu andamento. Todos os documentos criados ou alterados são referenciados à ECR. O *status* é definido como *em execução* no início das atividades, e ao final como *em aprovação*.

Aprovar Mudança

Em uma reunião ordinária do CCB, o coordenador da mudança apresenta os resultados alcançados e os submete para a aprovação do CCB. Este analisa os relatórios e a execução do plano definido, podendo requerer alterações no plano, ou somente na execução da mudança. No primeiro caso o status é definido como *em planejamento*, e no segundo como *em execução*. Pode também, em casos extremos, rejeitar a mudança definitivamente (*status rejeitada*).

Caso aprovada, a efetividade preliminarmente definida é validada, a mudança é encaminhada para a liberação e seu *status* definido como *aprovada*.

Liberar Mudança

Para a liberação da mudança, o *Change Manager* converte a ECR para uma ECO, e a encaminha para todos os envolvidos. A ECO contém as informações sobre os documentos alterados, bem como a efetividade da mudança. O *status* é definido como *liberada*.

Arquivar

O *Change Manager* fecha e arquiva a ECR para fins de histórico de projeto. O *status* é definido como *arquivada*.

A organização do ECM pode ser sintetizada através de alguns papéis, descritos a seguir:

Change Manager

Um membro do time de desenvolvimento assume o papel de *Change Manager*, ficando responsável pelas mudanças ao longo de todo o ciclo de vida do produto. Assim, torna-se possível a existência de vários *Change Managers* ao mesmo tempo.

Este papel tem como atribuições monitorar as ECRs durante todo o seu ciclo de vida, ou seja, da criação até seu arquivamento. Deve também filtrar as incoerentes, priorizar, classificar, notificar e encaminhar para os responsáveis, definir as reuniões e apresentar as ECRs ao CCB, e arquivar as concluídas ou rejeitadas.

O *Change Manager* também deve monitorar a performance do processo através das métricas definidas, com o intuito de identificar possibilidade de melhoria.

Change Control Board (CCB)

O CCB é um comitê formado por representantes de todas as áreas da empresa envolvidas com o produto ao longo de seu ciclo de vida. Reuniões são agendadas conforme a demanda, e o CCB tem como atribuições autorizar, ou não, uma mudança e aprovar, ou não, o resultado da execução da mudança proposta, liberando-a.

Avaliadores

Os avaliadores são um grupo formado por especialistas de diversas áreas requeridas pelo CCB para analisar uma solicitação de mudança, elaborando um parecer contendo suas considerações.

Líder de Projeto e Coordenador da Mudança

O líder de projeto é o coordenador do produto relacionado com a mudança. Tem como atribuição definir o Coordenador da Mudança, e posteriormente, elaborar conjuntamente um plano para a solução e execução da mudança. O Coordenador da Mudança distribui as tarefas entre os alocados para o projeto da mudança, e acompanha o andamento dos trabalhos. Para pequenas mudanças, o próprio coordenador atua diretamente nos trabalhos.

Os principais documentos para auxiliar a gestão das mudanças de engenharia são o *Engineering Change Request* (ECR), contendo o registro de todas as informações no decorrer do projeto de mudança, e o *Engineering Change Order* (ECO) com as informações dos documentos alterados, a efetividade e a liberação.

Outros documentos também são utilizados no decorrer de um projeto de mudança, como os pareceres dos avaliadores, o plano para a mudança, relatórios de acompanhamento e notificações de *status*.

Definiram-se algumas métricas para o ECM, como tempo de ciclo de vida das mudanças, tempo de cada *status* da mudança, custo das mudanças, fontes solicitadoras de mudanças, componentes envolvidos com a mudança, e etc. Todos utilizados para identificar possibilidades de melhoria no processo.

Em relação aos sistemas de informação, considerou-se a estrutura disponível no laboratório onde se desenvolveu a pesquisa, contendo basicamente um sistema *Workflow*, no caso o AutoManager Workflow 4.0.

Todo o fluxo de atividades obtidas a partir do modelo apresentado na Figura 30 está automatizado no sistema *Workflow*. Cada papel envolvido no ECM possui uma visão específica no sistema, considerando suas atribuições. Os documentos do ECM são gerenciados pelo sistema, sendo que a ECR torna-se um índice para os demais documentos utilizados, e a ECO permite a notificação da liberação nos demais sistemas. Dentre eles, o sistema ERP, no caso o SAP, responsável pelo cadastro e gestão dos componentes e configurações do produto, e dos desenhos, geometrias e demais documentos que descrevem o produto. Todas as notificações são realizadas a partir de um correio eletrônico interno, integrado automaticamente ao sistema *workflow* customizado para o ECM.

Todas as considerações deste item comportam-se como uma síntese de auxílio as questões proposta na pesquisa, ou considerações para futuros trabalhos do grupo de pesquisa.

Uma discussão sobre as perguntas desta pesquisa, bem como conclusões obtidas no decorrer deste trabalho são apresentadas a seguir.

6. Conclusão

Neste capítulo são apresentados alguns dos resultados deste trabalho, mais especificamente as conclusões obtidas a partir das análises desenvolvidas. No primeiro item, apresentam-se as conclusões obtidas, elucidando as perguntas definidas para a pesquisa. E, por fim, algumas considerações finais relevantes para este ou para trabalhos futuros.

6.1. Considerações sobre as Perguntas de Pesquisa

Durante todo o curso deste trabalho, tendo em vista o delineamento da pesquisa através das etapas planejadas, o objetivo da pesquisa e seu desdobramento nas perguntas constituíram o alvo das reflexões e questionamentos do pesquisador.

Este trabalho buscou caracterizar o processo de mudança de engenharia na indústria de manufatura, levantando os aspectos relevantes para sua gestão. O desdobramento do objetivo nas perguntas da pesquisa facilita a compreensão, além de delimitar o escopo do trabalho.

As perguntas definidas para esta pesquisa foram: Como se caracteriza o processo e a gestão das mudanças de engenharia (ECM) na indústria? Quais são os modelos do processo de mudança de engenharia utilizados pela indústria? Qual a relação entre o processo de mudança de engenharia e o processo de desenvolvimento de produto? Qual a relação entre o processo de mudança de engenharia e o processo de produção? Quais e como os sistemas de informação apóiam a gestão do processo de mudança de engenharia na indústria?

A resposta para a primeira pergunta foi desenvolvida através da pesquisa bibliográfica e da revisão resultante, além da compilação dos dados coletados nos casos estudados e na elaboração da síntese. A revisão possibilitou identificar os principais conceitos teóricos propostos e discutidos sobre o tema pelos principais acadêmicos da área. Muitos dos trabalhos identificados analisam casos em indústrias, o que confere um valor prático a esta pesquisa aplicada. Os casos estudados neste trabalho proporcionaram uma visão e caracterização do processo de mudança de engenharia, em especial para as indústrias instaladas no Brasil, propiciando um esboço do panorama local. A síntese propiciou uma compilação de práticas de ECM e uma formalização do entendimento do

pesquisador. As práticas de gestão identificadas e discutidas neste trabalho, tanto na revisão, descrição dos casos quanto na síntese, contribuem para a obtenção de uma resposta significativa para a primeira pergunta formulada.

A segunda pergunta procura identificar os modelos utilizados para o processo. Trata-se de uma questão extremamente ampla, cuja resposta completa necessitaria de um levantamento completo em todas as indústrias de manufatura. Entretanto, este trabalho apresentou dois modelos teóricos discutidos na revisão e outros cinco modelos descritos nos estudos de caso. Compilando-se os modelos encontrados, pode-se identificar uma grande semelhança entre as entidades representadas, proporcionalmente ao grau de abstração utilizado. Os modelos discutidos neste trabalho, mesmo considerando suas especificidades inerentes às características próprias de cada ambiente, proporcionam uma visão do entendimento do processo e sua formalização na síntese elaborada. Acrescenta-se que a partir dessa mesma visão de síntese foi possível desenvolver um modelo teórico, apresentado práticas de ECM. Assim, considera-se que a resposta para essa pergunta também pôde ser elucidada a contento por este trabalho.

A terceira e quarta perguntas buscam um mesmo objetivo, localizar o processo de mudança de engenharia em relação a outros dois processos, de desenvolvimento e produção de produto. Como discutido na revisão, existem autores que colocam o ECM dentro do processo de desenvolvimento, outros no processo de produção. Entretanto, é sabido que mudanças acontecem ao longo de todo o ciclo de vida do produto, e por conseqüência, a gestão das mudanças deve ocorrer desde a definição do conceito do produto até sua obsolescência e retirada do mercado. Observando o conceito de desenvolvimento de produto estendido, o qual considera todo o ciclo de vida do produto, pode-se intuir que o processo de mudança de engenharia, por ter como foco básico manter a coerência dos dados do produto, comporta-se como um sub-processo do desenvolvimento de produto estendido, visto que as atividades relacionadas entre o processo de mudança e de produção são cobertas pelo conceito de desenvolvimento estendido. A discussão destas perguntas pode ocupar maiores detalhes, no entanto entende-se que as respostas são atendidas com esta análise e com o trabalho como um todo.

A última pergunta procura identificar quais sistemas possuem funcionalidades de ECM e como são utilizados, corroborando com o caráter aplicado desta pesquisa. Na revisão bibliográfica identificou a diversidade de sistemas que apóiam a gestão das mudanças, como sistemas PDM, ERP, *Workflow* etc. Nos estudos de caso, identificaram-se alguns utilizados na prática. As características de cada processo, acrescidos do grande número de opções disponíveis no mercado, dificultam o entendimento de como esses sistemas gerenciam as mudanças. Pode-se optar por uma solução completa fornecida por um sistema PDM ou ERP. Ou então desenvolver uma solução baseada em sistemas com focos determinados, um para gestão dos documentos que descrevem o produto, e outro para a gestão do processo de mudança, através da automatização de um fluxo de trabalho. O caso B, por exemplo, apesar de possuir um sistema ERP que possui uma solução ECM, optou por desenvolver e utilizar outro. Todos os casos estudados optaram por desenvolver um sistema ECM baseado em *Workflow* para automatizar atividades e apoiar a gestão dos projetos de mudança. Para a tomada de decisão sobre uma solução ECM, devem-se analisar diversos critérios, técnicos e estratégicos, cabendo a cada caso refletir sobre sua situação, podendo valer-se das descrições e discussões desenvolvidas neste trabalho.

Além das perguntas da pesquisa, outros pontos tornaram-se notáveis no decorrer do trabalho, como por exemplo, a relação entre a gestão de configuração e a gestão de mudanças de engenharia. O Controle de Configuração, um dos processos sistematizados na Gestão da Configuração, e o ECM são ações para um mesmo problema raiz: gerenciar mudanças no produto. As origens dos conceitos são distintas, entretanto fundem-se nos objetivos. Assim, este trabalho considerou os conceitos de ECM e Controle da Configuração análogos. A escolha da melhor denominação cabe a empresa e a seu contexto de atuação.

Um dos grandes problemas do ECM, identificado durante a pesquisa, é que seus resultados não se refletem no próprio ECM, mas sim em outros processos da empresa. Este fato torna justificativas para a valorização, ou melhoria do processo, vagas e desconsideráveis.

O uso de indicadores ou métricas de desempenho é uma tentativa de demonstrar os resultados diretos da efetiva gestão das mudanças de engenharia. As empresas deveriam atentar para esse fato.

Outro ponto identificado na revisão e destacado em alguns dos casos estudados é a relação entre a necessidade da mudança e os envolvidos com o processo. O caráter menos criativo reconhecido na atividade de corrigir em relação à de criar promove uma série de conflitos. Isto é acentuado quando grupos distintos respondem por essas atividades. O *status* de um membro da equipe de conceito é tido como maior do que um da equipe de mudança. Entretanto, o ato de mudar corretivamente é causado por um erro, que pode ter origem na criação. Assim, existe ainda a visão de que os envolvidos com as mudanças delatam e averigam o trabalho da conceituação.

O ato de mudar deve ser visto como uma oportunidade de melhoria, e todos os envolvidos como seus agentes. É impossível projetar um produto não suscetível a modificações ao longo de seu ciclo de vida, considerando um mercado cada vez mais exigente, competidores mais vorazes, as constantes inovações tecnológicas, e, obviamente, a possibilidade de falha, inerente ao trabalho humano.

A barreira cultural foi ressaltada na literatura e nos casos. Mudar procedimentos de trabalho, controlar efetivamente as informações e gerir todo um processo, mesmo com a intenção de buscar uma melhoria encontra resistência por parte de muitos envolvidos, que se sentem ameaçados com as mudanças propostas.

Um atuante patrocinador para o processo de mudança, com “voz-ativa” nos diversos escalões da empresa, que transparea segurança diante das modificações necessárias para a gestão do processo, e aborde todos os pontos e suas causas a todos os envolvidos, pode ajudar a eliminar as barreiras criadas para o efetivo controle das mudanças de engenharia.

Ainda assim, diante da dificuldade de se estabelecer uma efetiva gestão das mudanças, os benefícios atingidos no seu cumprimento proporcionam um retorno mais que satisfatório. A comunicação entre todos os envolvidos, a qualidade das informações, a análise preliminar de impactos, o planejamento da efetivação da mudança, justificam o desafio de buscar uma gestão efetiva do processo de mudança de engenharia.

6.2. Considerações Finais e Trabalhos Futuros

Este trabalho teve como objetivo maior caracterizar o processo de mudança de engenharia, identificando as práticas e sistemas que apóiam sua gestão. A justificativa baseou-se no atual conhecimento sobre o tema, reconhecido como lacunoso por alguns autores (HUANG *et al.*, 2001), além de sua importância para a competitividade das empresas. Esta pesquisa sistematiza o conhecimento disperso sobre ECM.

Todo o delineamento da pesquisa, considerando sua classificação e objetivos, formalizados nas etapas da pesquisa mostrou-se satisfatório, visto que os objetivos pretendidos no início da pesquisa foram alcançados.

A pesquisa bibliográfica foi fundamental para o embasamento teórico necessário para o desenvolvimento do trabalho em campo, como para a posterior análise dos resultados, permitindo ainda a localização deste trabalho diante dos outros publicados sobre o tema.

O procedimento baseado no estudo de casos mostrou-se satisfatório considerando o escopo e objetivos desta pesquisa. As técnicas de coleta de dados utilizadas – entrevistas semi-estruturadas e observação direta – permitiram ao pesquisador obter as informações relevantes para a descrição e análise dos casos.

Não obstante ser baseado em uma revisão bibliográfica, e enriquecido pelo estudo de alguns casos práticos, este trabalho propõe-se a ser uma sistematização de referências, conhecimentos e práticas dispersas, ocupando um espaço na academia e servindo como primeiro passo para futuros trabalhos do Grupo de Engenharia Integrada.

A síntese elaborada para as práticas de ECM pode ser utilizada como fundamento para o desenvolvimento de hipóteses a serem testadas em trabalhos futuros. Ou mesmo como diretriz para a implementação de sistemas dentro de um caráter mais prático de pesquisa.

Alguns temas pesquisados demandam um estudo mais detalhado, como a gestão de configuração de produtos, e como suas práticas estão sendo utilizadas pelas empresas. Pontos do próprio ECM mostraram-se merecedores da atenção da academia, como a análise da viabilidade econômica, procurando identificar os custos e benefícios de uma mudança. O estudo de um conjunto de métricas e uma metodologia de aplicação que permita monitorar o desempenho do ECM, contribuindo para o entendimento e melhoria

do processo. Podem-se ainda estudar os requisitos para a gestão das mudanças e compará-los com as soluções comerciais disponíveis, propondo critérios para a seleção de sistemas de informação.

7. Anexos

Anexo A – Roteiro de Entrevista utilizado nos Estudos de Caso

Duração prevista: 1:30 horas

Data: _____

Local: _____

Horário início: _____

Horário término: _____

1. Introdução

Apresentar resumidamente as justificativas, o objetivo, o método e as etapas gerais do trabalho. Localizar a entrevista nas etapas do trabalho.

2. Dados do Entrevistado

Empresa: _____

Nome: _____

Cargo: _____

Resumo da experiência na área:

3. Caracterização do Desenvolvimento de Produto da Empresa

1. Caracterizar o desenvolvimento de produtos da empresa de acordo com a tipologia proposta por ROZENFELD & AMARAL (1999).

NÍVEL	FATOR		TIPOS
Mercado	Setor		Automobilístico, aeronáutico, petroquímico, máquinas-ferramenta, eletrodomésticos, linha branca, indústria de base
	Concorrência		Monopólio, oligopólio competitivo, oligopólio diferenciado, concorrência perfeita
	Alvo	Geográfico	Local, regional, mundial
Posição na cadeia de produção		Contato com cliente final, intermediário na cadeia de suprimentos	
Corporação	Inserção		Unidade independente, matriz, filial
	Interação com unidades	Responsabilidade	Coordenador de desenvolvimento, participante de co-desenvolvimento
		Equipe	Local, regional, mundial

Empresa	Responsabilidade técnica		Centro de adaptação tecnológico, aquisição e adaptação de tecnologia, centro de desenvolvimento de produto, centro de desenvolvimento tecnológico de manufatura, centro de manufatura
	Estratégia	Competitiva	Custo, qualidade, tempo, misto
		Interprojetos	Novo, simultâneo, seqüencial, posterior
	Informações iniciais		Idéia, requisitos de desempenho, parte do projeto do produto, parte do projeto do produto e protótipos, produto em produção
Complexidade do produto	Tecnologia principal	Mecânica, elétrica, eletrônica, mecatrônica, opto-eletrônica, química	
	Interna	Número de componentes, números de linhas de softwares, número de insumos e etapas	
	Interface com o usuário	Alta complexidade, baixa complexidade	
Grau de inovação		Pesquisa e desenvolvimento avançados, <i>breakthrough</i> ou radical, plataformas ou nova geração e derivados	

4. Caracterização do processo de alteração de engenharia da empresa.

Engineering Change Management e Configuration Management – Questões Gerais

1. O que você entende por *Engineering Change Management* (ECM)?
2. Você considera distintos os processos envolvendo alteração de um produto em desenvolvimento e em produção? Existe um processo para cada tipo? Qual o critério para a transição dos processos? Ambos são conhecidos como ECM?
3. Você utiliza a Gestão de Configuração de Produto (CM)? De que maneira (técnicas, sistemas, métodos etc.)?
4. Você reconhece alguma relação entre ECM e CM?

Modelo e atividades

5. As alterações de engenharia são realizadas segundo um processo formal ou *ad hoc*?
6. Existe algum modelo de referência para o processo?

7. Como o modelo foi desenvolvido? Com qual objetivo (treinamento, implantação de sistemas etc.)?
8. O modelo/processo está estruturado em fases? Quais são as fases?
9. Quais são os objetivos de cada fase? Quais as principais atividades de cada fase?
10. Algum método de revisão de fase (*stage gate*) é aplicado no modelo/processo? Quais são os critérios de transição de cada fase?
11. Existem métricas determinadas para o processo? Quais? Como é avaliada a melhoria do processo?
12. Qual o tempo médio de um projeto de mudança?

Informação

13. Quais as principais fontes originadoras das mudanças de engenharia?
 - a. Internas: time de desenvolvimento, chão de fábrica, sistemas automático, adequação a uma nova estratégia etc.
 - b. Externas: clientes, fornecedores, parceiros, concorrentes, inovação tecnológica etc.
14. Quais são os originadores das requisições de mudança? Existe algum procedimento para uma pré-avaliação da necessidade de alteração?
15. Quais os tipos de documentos que descrevem o produto (ex. desenho, especificações, BOM etc) sofrem maior número de modificações ao longo do ciclo de vida do produto?
16. A empresa utiliza efetividade de componente/produto? Qual tipo: serial, data, outra? Como ela é definida?
17. A empresa utiliza algum sistema de classificação para as ECRs? Qual o objetivo? Quais são os critérios utilizados?

18. Quais os documentos utilizados na gestão do processo (ex. ECR, ECN, ECO, etc)? Qual a finalidade de cada um?

Organização

19. Como esta estruturada a organização para o desenvolvimento de produto? E produção (funcional)?
20. Como está estruturada a organização para o ECM? Discutir o uso e atribuições de cada um dos papéis descritos logo abaixo:
- a. Comitê de Controle de Alteração de Engenharia (Change Control Board – CCB);
 - b. O Gerente de Alteração (Change Manager);
 - c. Coordenador do Pedido (ECR Owner);
 - d. Originador; e Outros;
21. As atividades do processo de alteração de engenharia são realizadas por times multifuncionais? Como são formados esses times?
22. Como as mudanças são vistas pelos envolvidos no processo?
23. No caso de abordagens distintas para desenvolvimento e produção, como o Time participa da transição?
24. Na produção, quem executa as mudanças? Existe interface com a equipe de projeto?

Sistemas de apoio ao ECM

25. A empresa utiliza algum sistema de informação para apoiar o ECM? Qual?
26. Qual o nível de integração com os outros sistemas da empresa (exemplo, ERP, MRP, PDM, CAD etc.)?

27. Favor listar as relações entre os sistemas da empresa, considerando a informação trocada, o servidor da informação, e como foi desenvolvida a integração?

Estratégia de Produto e Produção

28. Qual a estratégia de produção de sua empresa (MTO, ATO, MTS ou ETO)?

29. Qual a influência das mudanças de engenharia no planejamento e controle da produção de sua empresa?

30. A empresa possui uma visão dos custos relacionados com mudanças de engenharia? E dos benefícios financeiros?

31. Existe uma análise de viabilidade econômica de uma mudança de engenharia? Como ela é desenvolvida?

32. Como são justificados projetos para melhoria no processo de ECM?

33. Como a alta gerência avalia o ECM?

Benefícios da aplicação do ECM

34. Quais os principais benefícios obtidos do exercício do ECM? Os resultados são visíveis? Mensuráveis?

35. Quais as principais barreiras para a gestão efetiva do ECM?

Abertura para comentários adicionais

8. Referências bibliográficas

- AGUIAR, A.F.S; ROZENFELD,H & ZANCUL, E.S. Capacitação de Pessoal para o processo de Desenvolvimento de Produtos. In: XIV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA MECÂNICA. Anais. Bauru, 1997.
- ALTING, L.; LEGARTH, J. B. (1995). *Life cycle engineering and design*. Annals of CIRP, v. 44, n. 2.
- AMARAL, D.C.; ZANCUL, E.S.; ROZENFELD, H. (1999). *Cenário de engenharia integrada: ampliando e avaliando uma aplicação em educação*. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 19., Rio de Janeiro, 1999. Anais.
- AMR (2001). *SAP Gets a Life – Product Lifecycle That is – With a New MySAP.com Wrapper*. <http://www.amrresearch.com/preview/000224sapstory1.asp> (19 jan).
- BALAKRISHNAN, N.; CHAKRAVARTY, A.K. (1996). *Managing engineering change market opportunities and manufacturing costs*. Production and Operation Management, v.5, n. 4, p. 335-356.
- BALCERAK, K. J.; DALE, B. G. (1992). *Engineering change administration: the key issues*. Computer Integrated Manufacturing Systems, v. 5, n. 2, p. 125-132.
- BENEDETTO, H.; TRABASSO, L.G. (1997). *Proposal of a framework for efficient management of the engineering change (EC) process*. XIV Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica – COBEM, Bauru, SP, Brasil.
- BOURKE, R (2000). *Unified product lifecycle management*. A QUAD White-paper.
- CARTER D.E.; BAKER, B.S. (1992). *Concurrent Engineering: the product development environment for the 1990s*. Reading, Addison-Wesley.
- CARVALHO, S. (1999). *Engineering change management in the product development phase,an industrial case study*. In Proceeding of European Concurrent Engineering Conference, Erlangen-Nuremberg, Germany.
- CLARK, K.B.; WHEELWRIGTH, S.C. (1992). *Revolutionizing product development: quantum leaps in speed, efficiency and quality*, New York, The Free Press.
- CIMDATA (1998). *Product data management: the definition, an introduction to concepts, benefits, and terminology*.
- CIMDATA (2001). *2001 CIMData Conference*. Palm Springs/CA – USA. Presentations.

- CHALMET, L.C.; BODT, M.; WASSENHOVES, L. (1985). *The effect of engineering changes and demand uncertainty on MRP lot sizing: a case study*. International Journal of Production Research, v. 23, n. 2, p.233-251.
- CHIZZOTI, A. (1998). *Pesquisas em ciências humanas e sociais*. São Paulo, Cortez Editora.
- CLARK, K.B.; FUJIMOTO, T. (1991). *Product development performance: strategy, organization and management in the world auto industry*. Boston-Mass., Harvard Business School Press.
- CLAUSING, D. (1994). *Total quality development: A step-by-step guide to world-class concurrent engineering*. 2.ed. New York, ASME Press. p.1-172.
- COOPER, R.G. (1994). Third-Generation New Product Process. *Journal of Product Innovation Management*, v.11, p.3-14.
- CRUZ, T. (1998). *Workflow: a tecnologia que vai revolucionar processos*. São Paulo, Editora Atlas.
- DANE, F.C. (1990). *Research Methods*. Belmont, California, Brooks/Cole.
- DAVENPORT, T. H. (1994). *Reengenharia de Processos*. Rio de Janeiro, Campus.
- DICKERSON, T. H. (1996). *Product Data Management: an overview*. Computer and Automated Systems Association/Society of Manufacturing Engineers (CASA/SME).
- DIPRIMA, M. (1982). *Engineering change control and implementation considerations*. Production and Inventory Management, first quarter.
- EISENHARDT, K. M. (1989). *Building theories from case study research*. Academy of Management Review, v. 14, n. 4, p. 532-550.
- GARVIN, D.A. (1995). Leveraging Processes for Strategic Advantage. *Harvard Business Review*, p. 77-90, Sept./Oct.
- GIL, A. C. (1991). *Como elaborar projetos de pesquisa*. 3ed. Atlas, São Paulo.
- GIL, A. C. (1999). *Métodos e técnicas da pesquisa social*. Atlas, São Paulo.
- HAUPTMAN, O.; HIRJI, K. (1996). *The influence of process concurrency on project outcomes in product development: an empirical study of cross-functional teams*. IEEE Transactions on Engineering Management, v. 43, n. 2, p. 153-164.
- HEGDE, G.G.; KEKRE, S.; KEKRE, S. (1992). *Engineering changes and time delays: a field investigation*. International Journal of Production Economics, v. 28, p. 341-352.
- HO, C.J. (1994). *Evaluating the impact of frequent engineering changes on MRP system performance*. International Journal of Production Research, v. 32, n. 3, p. 619-641.

- HO, C.J. (1997). *Progressive engineering changes in multi-level product structures*. International Journal of Management Science, v. 25, n. 5, p. 585-594.
- HORTA, L.; ROZENFELD, H. (2001). *Desenvolvimento de um cenário de aplicação de sistemas PLM no processo de desenvolvimento de produto*. III Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto, Florianópolis – SC. Set.
- HUANG, G. Q.; MAK, K. L. (1998). *Computer aids for engineering change control*. Journal of Materials Processing Technology, v.76, p.187-191.
- HUANG, G. Q.; YEE, W.Y.; MAK, K. L. (2001). *Development of a web-based system for engineering change management*. Robotics and Computer Integrated Manufacturing, v.17, p.255-267.
- IBC (1997). International Benchmarking Clearinghouse <http://www.apqc.org> .
- KELLER, G.; TEUFEL, T. (1998). *SAP R/3 Process Oriented Implementation*. Harlow, Addison-Wesley.
- KOULOPOULOS, T. M. (1997). *Creating the knowing Enterprise: the evolution of knowledge management*. USA, KMWorld /White Paper/
- KRISHNAN, V. (1996). *Managing the simultaneous execution of coupled phases in concurrent product development*. IEEE Transactions on Engineering Management, v. 43, n. 2, p. 210-217.
- KRISHNAMURTHY, K.; LAW, K. H. (1995). *A data management model for design change control*. Concurrent Engineering: Research and Applications, v.3, n.4: p.329-343.
- LOCH, C.H.; TERWIESCH, C. (1999). *Accelerating the process of engineering change orders: capacity and congestion effects*. Journal of Production Innovation Management, v. 16, p. 145-159.
- LYON, D. D. (2000). *Practical CM: best configuration management practices*. Butterworth-Heinemann, Oxford.
- MALMSTRÖM, J.; PIKOSZ, P.; MALQVIST, J. (1999). *Complementary roles of IDEF0 and DSM for the modeling of information management processes*. Concurrent Engineering: Research and Applications, v.7, n.2, p. 95-103.
- MARTEL, R. (1985). *Reduction in lead time does make the difference in profitable operations*. Industrial Engineering, October.
- MARTINS, G. A. (1994). *Epistemologia da pesquisa em administração*. São Paulo, Tese (Livre-Docência) – Departamento de Administração, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo.

- MAULL, R.; HUGHES, D.; BENNETT, J. (1992). *The role of the bill-of-materials as a CAD/CAPM interface and the key importance of engineering change control*. Computing and Control Engineering Journal, mar, p. 63-70.
- MAYER, R. C. (1998). Quem usa os softwares de gestão empresarial. *Developers Magazine*. p.32-33, abr.
- MIL-HDBK-61 (1996). *Configuration management guidance*. /Military Handbook/ Department of Defense, USA.
- MIL-STD-2549 (1997). *Configuration management: data interface*. /Military Standard/ Department of Defense, USA.
- OLIVEIRA, C. (1999). *Estruturação, identificação e classificação de produtos em ambientes integrados de manufatura*. São Carlos, Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Mecânica, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- OMOKAWA, R. (1999). *Utilização de sistemas PDM em ambientes de engenharia simultânea: o caso de uma implantação em uma montadora de veículos pesados*. São Carlos, Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Mecânica, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- PÁDUA, E.M.M. (1997). *Metodologia de pesquisa: abordagem teórico-prática*. Campinas, Papyrus. (Coleção Magistério: Formação e Trabalho Pedagógico).
- PENG, T.K.; TRAPPEY, J.C. (1998). *A step toward STEP-compatible engineering data management: the data models of product structure and engineering changes*. Robotics and Computer Integrated Manufacturing, v. 14, p. 89-109.
- PIKOSZ, P.; MALMQVIST, J. (1998). *A comparative study of engineering change management in three Swedish engineering companies*. Anais do DETC 98, ASME Design Engineering Technical Conference. Atlanta, set.
- PINE II, B. J.; VICTOR, B.; BOYNTON, A.C. (1993). *Making Mass Customization Work*. Harvard Business Review, sep-oct, p.108-117.
- PRASAD, B. (1996). *Concurrent engineering fundamentals: integrated product and process organization*. New Jersey, Prentice Hall.
- PUGH, S. (1978). Total Design.
- REIDELBACH, M. A. (1991). *Engineering change management for long-lead-time production environments*. Production and Inventory Management Journal, second quarter, p. 84-88.
- REMENYI, D.; WILLIAMS, B. (1995). *Some aspects of methodology for research in information systems*. Journal of Information Technology, v. 10, p. 191-201.

- ROSENTHAL, S.R. (1992). *Effective product design and development: how to cut lead time and increase customer satisfaction*. Irwin Professional Publishing. New York.
- ROZENFELD, H. (1996). Reflexões sobre a manufatura integrada por computador. *Manufatura de Classe Mundial: mitos & realidade*, São Paulo.
- ROZENFELD, H. (1997). Modelo de referência para o desenvolvimento integrado de produtos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 17., Gramado, RS, 1997. Anais. Porto Alegre, UFRGS, CD-ROM.
- ROZENFELD, H.; AGUIAR, A.S.; OLIVEIRA, C.; OMOKAWA, R. (1998). *Development of a concurrent engineering scenario for education purposes*. In: SOCIETY OF MANUFACTURING ENGINEERS: Manufacturing Education for the 21st Century. Dearbon, 1998. v.5, p.145-150. Proceedings of the 2nd International Conference on Education and Manufacturing.
- ROZENFELD, H.; AMARAL, D.C. (1999). Proposta de uma Tipologia de Processos de Desenvolvimento de Produto Visando a Construção de Modelos de Referência. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS, 1., Belo Horizonte, 1999. *Anais*.
- ROZENFELD, H.; GUERRERO, V. (1999). Proposta de classificação de sistemas PDM. In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA, 1., Águas de Lindóia, 1999.
- SAMARAS, T.; CZERWINSKI, S. (1971). *Fundamentals of configuration management*. Prendice-Hall.
- SAP (1998). *Engineering change management*. /white paper/.
- SAP (1999). *SAP product life-cycle management: collaboration throughout the entire lifecycle*. /white paper/.
- SCHEER, A.W. (1998). *Business Process Engineering: reference models for industrial enterprises*, Heidelberg, Springer-Verlag.
- SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. (2000). Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, Florianópolis.
- SMITH, R.P.; EPPINGER, S.D. (1997). *Identifying controlling features of engineering design iteration*. Management Science, v. 43, n. 3, p. 276-293.
- STALK, G. (1998). *Time – the next source of competitive advantage*. Harvard Business Review, jul-aug, p. 41-51.
- SWANTON, B. (1997). *Are PDM/EDM systems really controlling product data?.* The Report on Manufacture, Advanced Manufacturing Research.

- SYAN, C.S.; MENON (1994). *Concurrent engineering: concepts, implementation and practice*. London, England, Chapman & Hall.
- TERWIESCH, C.; LOCH, C.H. (1999). *Managing the process of engineering change orders: the case of the climate control system in automobile development*. Journal of Production Innovation Management, v. 16, p. 160-172.
- THIOLLENT, M. (1998). *Metodologia da Pesquisa-Ação*. São Paulo, Cortez Editora.
- THIVES, J. J. (2000). *Workflow – uma metodologia para transformação do conhecimento nas organizações*. 1 ed. Editora Insular.
- TIBERTI, A. J. (1996). *Desenvolvimento de um sistema gerenciador de fluxo de trabalho para um ambiente de suporte a atividades de engenharia*. São Carlos, Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Mecânica, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- TITONE, R. (1996). *Configuration management: what is it and how does it promote customer flexibility?* Conference Proceeding, APICS.
- VERNADAT, F., B. (1996). *Enterprise modeling and integration: principles and applicaions*, 1ed., Editora Chapman & Hall, Inglaterra.
- VROOM, R.W. (1996). *A general example model for automotive suppliers of the development process and its related information*. Computers in Industry, v.31, p.255-280.
- WATTS. F. B. (1982). *Engineering changes: a case study*. Production and Inventory Management, fourth quarter.
- WATTS, F. B. (2000). *Engineering documentation control handbook*. 2nd, Noyes Publications, New Jersey.
- WHEELWRIGHT, S.C.; CLARCK, K.B. (1992). *Revolutionizing Product Development: quantum leaps in speed, efficiency, and quality*. New York, The Free Press.
- WRIGHT, I.C. (1997). *A review of research into engineering change management: implications for product design*. Design Studies, v. 18, p. 33-42.
- YIN, R. K. (1994). *Case study research: design and methods*. 2ed., Sage Publications, USA.
- ZANCUL, E.; AMARAL, D.; AGUIAR, A.F.S.; ROZENFELD, H. (1998). *Aplicações de uma nova abordagem de ensino do processo de desenvolvimento de produtos*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, XXVI. Osasco, 1998. Anais. (CD-ROM).

ZANCUL, E. (2000). *Análise da aplicabilidade de um sistema ERP no processo de desenvolvimento de produto*. São Carlos, Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Mecânica, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.