

EDISON SPINA

**UM MÉTODO PARA A MELHORIA DA QUALIDADE DE
FORNECIMENTOS DA PEQUENA EMPRESA DE
ELETRÔNICA**

Tese apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para
obtenção do título de Doutor em
Engenharia

São Paulo

1998

EDISON SPINA

**UM MÉTODO PARA A MELHORIA DA QUALIDADE DE
FORNECIMENTOS DA PEQUENA EMPRESA DE
ELETRÔNICA**

Tese apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para
obtenção do título de Doutor em
Engenharia

Área de concentração:
Engenharia de Computação e Sistemas
Digitais

Orientador:
Prof. Dr. Moacyr Martucci Júnior

São Paulo

1998

Spina, Edison

Um método para a melhoria da qualidade de fornecimentos da pequena empresa de eletrônica. São Paulo, 1998

264p

Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Computação e Sistemas Digitais.

1. Sistemas da Qualidade 2. Pequenas empresas de eletrônica I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Computação e Sistemas Digitais II.t.

Dedico este trabalho à Eliana, Egle e Eduardo
Sem o apoio deles, nada disso teria sido possível

AGRADECIMENTOS

Ao amigo e orientador Prof. Dr. Moacyr Martucci Jr pela orientação e amizade, guiando-me através de tantas incertezas até a obtenção desse trabalho.

Aos colegas da Antares Eletrônica e da Escola Politécnica pela colaboração em todas as horas.

À Maria Tereza que arregaçou as mangas em outras atividades, novas para ela, que permitiram a conclusão desse trabalho

A todos os amigos que, na vida profissional ou fora dela, sempre me incentivaram nessa realização.

Aos amigos invisíveis, que através da rede de computadores colaboraram de alguma forma para a execução desse trabalho:

Ao **Dr. Peter Malpass**, “project leader” do “An Integrated Product Development Capability Maturity Model”, o “Pete”, pelo encorajamento, pela dedicação e pela sessão de direitos de uso das versões preliminares de estudo desse modelo. Ao Dr. Charles Bush, do DoD, SEI e EPIC, pelo apoio na troca de informações durante esse trabalho. Ao Dr. Karl Arunski da Raytheon - TI, e EIA pela disponibilidade oferecida e pelo envio de documentos para análise. Ao Dr. Claus Trebbien-Nielsen, da Delta, Dinamarca pela disponibilidade na troca de experiências.

Lista de Figuras

Figura 2.1	Hierarquia das necessidades - Maslow	12
Figura 2.2	Figura de Deming - 1950	15
Figura 2.3	Ciclo de Shewart (ou Ciclo de Deming)	18
Figura 2.4	Ciclo PDCA no sistema	19
Figura 2.5	Planejamento da Qualidade	24
Figura 2.6	“Market-in”	38
Figura 3.1	Método expandido de solução de problemas	45
Figura 3.2	Domínios no projeto axiomático	52
Figura 3.3	Truncamento da curva - produtos mais frágeis	58
Figura 5.1	Distribuição de metas x casos	160
Figura 5.2	Distribuição relativa de metas x casos	161
Figura 6.1	Relação entre os níveis e as áreas	202

Lista de Tabelas

Tabela 4.1	ISO 9000	84
Tabela 4.2	MBNA	89
Tabela 4.3	SW-CMM	95
Tabela 4.4	SE-CMM - Práticas genéricas	97
Tabela 4.5	SE-CMM - Práticas básicas	98
Tabela 4.6	IPD-CMM - Práticas básicas	106
Tabela 4.7	IPD-CMM - Práticas genéricas	113
Tabela 4.8	Comparação de modelos de sistemas de qualidade	118
Tabela 4.9	Modelo de metas resultante	133
Tabela 5.1	Casos estudados	139
Tabela 5.2	Metas x casos	143

Resumo

Esse trabalho apresenta uma contribuição ao pequeno empresário da área de eletrônica que deseja aumentar a qualidade de fornecimentos a seus clientes de maneira metodológica utilizando um modelo de sistema da qualidade baseado em modelos originalmente desenvolvidos para grandes empresas e projetos.

O modelo proposto é baseado nos conceitos da ISO 9001, Malcon Baldrige National Award, SW-CMM[®], SE-CMM[®], e no IPD-CMM[®]. Os vários modelos foram comparados item a item e o modelo proposto é o resultado da união de todos os itens abordados nos outros modelos.

Foram enquadrados num único padrão de apresentação 316 casos de problemas em fornecimentos ou atendimentos a clientes reais em uma pequena empresa levantados durante vários anos de pesquisa. Esses casos são cruzados com cada um dos itens do modelo proposto permitindo avaliação da importância relativa desses itens para essa empresa levando, ao final, à proposta de um método para a aplicação desse modelo.

Abstract

This work presents a contribution to little companies of the electronic area that must raise their quality in a methodologic manner using a quality system based on models primary developed to big companies and projects.

The proposed model is based in the concepts of the ISO9000, The Malcon Baldrige National Award, SW-CMM™, SE-CMM™ and on the IPD-CMM™.

About 316 real business problems collected on a small company are presented in a template and are analised against each item of the proposed model. The ralative importance of each item to the enterprise may be analised. These leads to a method for application of the resultant model.

SUMÁRIO

	Lista de figuras	
	Lista de tabelas	
	Resumo	
	<i>Abstract</i>	
1	Introdução.	2
1.1	Motivação	2
1.2	Apresentação do trabalho	4
2	Engenharia da Qualidade	7
2.1	TQM - Gerenciamento para a Qualidade Total	10
2.1.1	Custos da qualidade total	13
2.2	Ferramentas para a qualidade	14
2.2.1	A visão de Deming	14
2.2.1.1	Plano de ação de Deming	17
2.2.1.2	PDCA - Ciclo de Shewhart (ou ciclo de Deming)	18
2.2.2	A visão de Juran	21
2.2.2.1	Comparação Deming x Juran	23
2.2.3	As idéias de Crosby	25
2.2.3.1	Frases de Crosby	26
2.2.4	Idéias de Feigenbaum	26
2.2.5	Kaisen - Idéias de Masaaki Imai	27
2.2.5.1	Práticas de gerenciamento no Kaisen	27
2.2.6	Hoshin Kanri - Dr. Shigeru Mizuno	28
2.3	Produtividade x Qualidade	29
2.3.1	SPC - <i>Statistical Process Control</i>	29
2.3.2	Ferramentas para o controle da qualidade.	30
2.3.2.1	Ferramentas para ajuda à decisão	30
2.3.2.1.1	As ferramentas clássicas	30
2.3.2.2.2	Novas ferramentas de apoio à decisão	32
2.4	Melhoria da Qualidade	35
2.5	Qualidade dos Serviços e do Software	36
2.6	"Market-in"	37
2.7	Workflow	37
3	Aspectos gerais do projeto com qualidade	40
3.1	Métodos de projeto em engenharia	41
3.1.1	Método de Projeto Algorítmico	50
3.1.2	Método de Projeto Axiomático proposto por Suh	51
3.1.3	Método de Taguchi	53
3.1.4	Projeto Orientado à Tecnologia	55
	.	
3.2	Processo de projeto com qualidade	57
3.2.1	Ferramentas de apoio ao projeto	61
3.2.1.1	Controle das informações de projeto	62
3.2.2	Definição do produto	63
3.2.2.1	O QFD - <i>Quality Function Deployment</i>	65
3.2.2.2	Questionários	66
3.2.2.3	Engenharia de Requisitos	67
3.2.3	Interferência de Aspectos de Meio Ambiente:	68

3.3	Métodos de Análises de projetos	70
3.3.1	Predição de confiabilidade	72
3.3.1.1	Limitações na predição de confiabilidade	73
3.3.2	Análise de carga-força (<i>load / strength</i>)	76
3.3.3	FMECA <i>Failure Mode Effects and Criticality Analysis</i>	77
3.3.4	Árvore de falhas	78
3.3.5	Análise da variação de parâmetros	79
4	Sistemas da qualidade	81
4.1	ISO 9000	84
4.2	<i>Malcon Baldrige National Quality Award</i>	85
4.3	SEI - SW - CMM®	90
4.3.1	O modelo CMM	91
4.3.1.1	Estrutura do modelo	93
4.4	SEI - SE-CMM®	95
4.4.1	Aspecto de capacitação	96
4.4.2	Aspecto de domínio	98
4.5	SEI - IPD-CMM®	103
4.5.1	O Modelo IPD-CMM®	103
4.5.2	Práticas para o nível 2	105
4.5.3	IPD-CMM - Metas e práticas por área	105
4.6	Outros sistemas de garantia da qualidade	114
4.7	Comparação entre os modelos dos Sistemas de Qualidade	115
4.7.1	Itens emergentes dos modelos anteriores	129
4.7.1.1	SE-CMM - Entenda as necessidades e expectativas do consumidor ..	129
4.7.1.2	MBNA: 1.1 Liderança do executivo sênior	129
4.7.1.3	SW-CMM: 2.2 Planejamento de projeto	129
4.7.1.4	SW-CMM: 2.3 acompanhamento de projeto	130
4.7.1.5	MBNA: 1.3 responsabilidade pública e cidadania da corporação	130
4.7.1.6	MBNA: 3.2 Desdobramento estratégico	130
4.7.1.7	MBNA: 4.4 Satisfação e bem estar dos empregados	130
4.7.1.8	MBNA: 6.1 Resultado de qualidade de produtos e serviços	130
4.7.1.9	MBNA: 6.2 Resultados operacionais e financeiros da companhia	131
4.7.1.10	MBNA: 6.3 Resultados de desempenho de fornecedores	131
4.7.1.11	MBNA: 7.5 Comparação da satisfação dos clientes	131
4.8	Modelo resultante	131
5	Estudo de caso	136
5.1	Análise dos resultados	159
6	Proposta de um modelo	162
6.1	Metas de cada nível	164
6.1.1	Nível 1	164
6.1.2	Nível 2: Processos repetíveis	164
6.1.3	Nível 3: Definindo e ajustando os processos	166
6.1.4	Nível 4: Técnicas quantitativas	166
6.1.5	Nível 5: Melhoria contínua e inovativa	168
6.2	Práticas genéricas.	169
6.2.1	Nível 2	170
6.2.1.1	Práticas que promovem o gerenciamento	170

6.2.1.1.1	Estabeleça e mantenha a política de executar o processo (GP 2.1) . . .	170
6.2.1.1.2	Obtenha recursos adequados para executar o processo(GP2.2)	171
6.2.1.1.3	Delegue responsabilidade e autoridade para desenvolver os subprodutos e/ou fornecer os serviços do processo (GP2.3)	171
6.2.1.1.4	Execute as atividades do processo de acordo com um processo repetível (GP2.4)	172
6.2.1.1.5	Garanta que os indivíduos que executam o processo estão treinados para executá-lo (GP2.5)	172
6.2.1.1.6	Estabeleça e mantenha um plano para executar o processo (GP2.6) . .	173
6.2.1.1.7	Mantenha os subprodutos do processo sob versão ou controle de partes ou gerencie a configuração (GP2.7)	173
6.2.1.1.8	Garanta a aderência do processo implementado ao processo repetível (padrão) (GP2.8)	174
6.2.1.1.9	Verifique a aderência dos subprodutos aos requisitos aplicáveis (GP2.9)	175
6.2.1.1.10	Meça o estado do processo implementado contra os planos (GP2.10) .	175
6.2.1.1.11	Inspecione o estado do processo com gerenciamento. (GP2.11)	176
6.2.1.1.12	Tome ações corretivas quando o estado variar significativamente do planejado (GP2.12)	176
6.2.1.2	Práticas que promovem integração	177
6.2.1.2.1	Coordene as interações e interfaces entre o processo e outros que contribuem para a saída do produto (GP2.13)	177
6.2.1.2.2	Comunique informação sobre a condução do processo com os responsáveis identificados (GP2.14)	177
6.2.1.2.3	Defina metas ou objetivos para o processo que possam ser utilizadas como bases para identificação e remoção de barreiras (GP2.15)	178
6.2.1.2.4	Defina o escopo das decisões permitidas para os colaboradores desse processo (GP2.16)	179
6.2.1.2.5	Providencie ferramentas que suportem comunicações no âmbito do projeto e suporte as decisões dos colaboradores desse processo (GP2.17)	179
6.2.1.2.6	Remova barreiras para o desempenho adequado do processo (GP2.18)	180
6.2.2	Nível 3	180
6.2.2.1	Práticas que promovem o gerenciamento	180
6.2.2.1.1	Documente um conjunto de processos para a organização (GP3.1) . .	180
6.2.2.1.2	Execute o processo de acordo com o processo definido (GP3.2)	181
6.2.2.1.3	Execute prevenção de defeitos nos subprodutos em pontos importantes dos processos (GP3.3)	181
6.2.2.2	Práticas que promovem a integração	181
6.2.2.2.1	Estabeleça e mantenha infra-estrutura organizacional que favoreça consistentemente o desdobramento das práticas de integração (GP3.4).	182
6.2.2.2.2	Integre ferramentas, tecnologias, instalações, materiais e outros elementos da estrutura de suporte para favorecer uma produção eficiente (GP3.5)	182
6.2.2.2.3	Desenvolva e use grupos apropriadamente para realizar esse processo (GP3.6)	183

6.2.3	Nível 4	183
6.2.3.1	Práticas que promovem o gerenciamento	183
6.2.3.1.1	Determine quantitativamente a capacidade do processo devidamente ajustado (GP4.1)	183
6.2.3.1.2	Utilize a capacidade quantitativa do processo para gerenciar o processo definido (GP4.2)	184
6.2.3.1.3	Estabeleça objetivos de qualidade mensuráveis para os subprodutos dos processo normais da organização e suas adaptações (GP4.3)	184
6.2.3.2	Práticas que promovem a integração	184
6.2.3.2.1	Dê força aos grupos consistentemente alinhando as conseqüências das tomadas de decisão, informações e capacitação com as metas a serem atingidas (GP4.4)	185
6.2.3.2.2	Garanta que os elementos da infra-estrutura da organização apoiem as necessidades dos profissionais dos processos (GP4.5)	185
6.2.3.2.3	Integre operações da cadeia do consumidor ao fornecedor (GP 4.6) ..	185
6.2.4	Nível 5	186
6.2.4.1	Práticas que promovem o gerenciamento	186
6.2.4.1.1	Melhore continuamente os processos organizacionais e os processos ajustados a partir deles alterando-os para aumentar sua eficácia (GP5.1)	186
6.2.4.1.2	Previna as fontes de variações comuns no conjunto de processos normais da organização (GP5.2)	186
6.2.4.1.3	Utilize o profundo conhecimento que a organização tem de seus produtos, processos, experiências e tecnologia para responder rapidamente e de maneira flexível às alterações das condições internas ou externas (GP5.3)	187
6.3	Práticas nas PA's- Áreas de processo	188
6.3.1	Nível 2	189
6.3.1.1	PA's Ciclo de vida do produto	189
6.3.1.1.1	PA01 (Seleção do produto) e PA02 (Definição do ciclo de vida do produto)	189
6.3.1.1.2	PA03 (Evolução dos requisitos do produto)	191
6.3.1.1.3	PA04 (Projeto da Solução); PA05 (Construção, verificação e teste do produto) e PA06 (Suporte do produto e descarte)	192
6.3.1.2	PA's para Gerenciamento de operações locais	193
6.3.1.2.1	PA07 (Planejamento de processo)	194
6.3.1.2.2	PA08 (Gerenciamento de configuração)	194
6.3.1.2.3	PA09 (Garantindo qualidade)	195
6.3.1.2.4	PA10 (Monitoração e controle de processo)	196
6.3.1.2.5	PA11 (Liderança de projeto) e PA12 (Mecanismos de liderança) ..	200
6.3.2	Nível 3	201
6.3.2.1	PA13 (Programa Organizacional de treinamento)	202
6.3.2.2	PA14 (Ambiente de trabalho); PA15 (Definição do processo organizacional); PA16 (Focalização no processo organizacional); PA17 (Ambiente cooperativo (<i>team enviroment</i>)); PA18 (Visão compartilhada); PA19 (Liderança organizacional)	203
6.3.3	Nível 4	204
6.3.3.1	PA20 (Técnicas quantitativas)	204

6.3.3.2	PA21 (Evolução da linha de produtos)	204
6.3.4	Nível 5	205
6.3.4.1	PA22 (Gerenciamento da alteração dos processos); PA23 (Adaptação do ambiente organizacional)	205
6.3.5	Áreas vindas de outros modelos	205
6.3.5.1	PA Administrativa	205
6.4	Resultados	206
6.4.1	Estudar os casos de problemas de qualidade entre a empresa e seus clientes	206
6.4.2	Estudar os problemas internos da empresa	206
6.4.3	Avaliação periódica dos dados	206
6.4.4	Verificação da eficácia do processo	207
7	Considerações finais	208
7.1	Considerações sobre este trabalho	211
7.2	Continuidade do trabalho	212
	Anexo A - Casos estudados.	215
	Anexo B - Questionário	254
	Referências bibliográficas	257