

KELLY CHRISTINE LANDOLFI BETTIO

Uma Abordagem de Gerência Quantitativa de
Processos de Software no Apoio a Estimativas de
Retrabalho

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Informática da Pontifícia
Universidade Católica do Paraná para obtenção do
título de Mestre em Ciências.

Curitiba
2012

KELLY CHRISTINE LANDOLFI BETTIO

Uma Abordagem de Gerência Quantitativa de
Processos de Software no Apoio a Estimativas de
Retrabalho

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática da Pontifícia Universidade Católica do Paraná para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Área de concentração: Ciência da Computação

Orientadora: Prof. Dra Sheila Reinehr

Curitiba
2012

Dados da Catalogação na Publicação
Pontifícia Universidade Católica do Paraná
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/PUCPR
Biblioteca Central

B565a
2012 Bettio, Kelly Christine Landolfi
Uma abordagem de gerência quantitativa de processos de software no
apoio a estimativas de retrabalho / Kelly Christine Landolfi Bettio ; orientadora,
Sheila Reinehr. – 2012.
xix, 120 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná,
Curitiba, 2012
Bibliografia: f. 116-120

1. Software - Desenvolvimento - Estimativas. 2. Software - Controle de
custos. I. Reinehr, Sheila dos Santos. II. Pontifícia Universidade Católica do
Paraná. Programa de Pós-Graduação em Informática. III. Título.

CDD 20. ed. – 004

DEDICATÓRIAS

Dedico esse trabalho ao meu pai Flávio e minha mãe Sonia, que em nenhum momento deixaram de acreditar em mim.

E ao meu filho Guilherme, inspiração para tudo na minha vida.

AGRADECIMENTOS

Para a conclusão deste trabalho foi necessária a colaboração de diversas pessoas as quais agradeço imensamente.

Primeiramente a Deus, pois sem ele nada é possível.

Aos meus pais Flavio e Sonia, pelo constante incentivo e apoio em todos os momentos da minha vida.

Ao meu filho Guilherme pela sua inocência e compreensão nos momentos de ausência e ao seu pai Fabio, pelo apoio e auxílio na tentativa de minimizar a minha falta.

Às professoras Sheila Reinehr e Andreia Malucelli, pelas orientações, paciência, compreensão, ensinamentos e amizade que fizeram com que este trabalho se concretizasse.

À prof. Carla Lima Reis, pelo apoio nas pesquisas, disponibilização de materiais de apoio e pela sua amizade.

As empresas e as pessoas que contribuíram para a realização da pesquisa, que foi a alma desta dissertação.

Aos meus amigos e família que se fizeram presentes com mensagens de apoio e incentivo a finalização deste trabalho.

A todos aqueles que contribuíram de alguma forma para a realização deste desafio.

Muito Obrigada!

“Numa economia onde a única certeza é a incerteza, a única fonte de vantagem competitiva é o CONHECIMENTO.”

Ikujiro Nonaka

RESUMO

A comunidade de Engenharia de Software tem se preocupado em estimar melhor seus projetos, melhorando seu planejamento e minimizando seus custos. Um dos processos críticos para o desenvolvimento de software é o processo de controle de mudanças, pois quanto mais tarde a necessidade de efetuar uma mudança for identificada, maior será o custo desta alteração, contribuindo com um esforço maior de retrabalho. O uso de técnicas, como Controle Estatístico de Processos, ainda são recentes neste contexto, embora sejam muito usadas na manufatura. O estudo do comportamento do processo de retrabalho de uma empresa pode auxiliar a evitar que problemas já ocorridos venham a se repetir e ainda a preparar a empresa para tratar melhor esses problemas quando estes são comportamentos padrões de seus processos. Em virtude disto, esta pesquisa se propõe a estudar o retrabalho nos projetos de desenvolvimento de software, entendendo seu comportamento e propondo um processo que auxilie empresas a criar um modelo estatístico de desempenho baseado no seu contexto de desenvolvimento e que seja capaz de apoiar as estimativas de seus projetos de forma mais precisa. Foram utilizados os procedimentos metodológicos da Pesquisa-Ação, sendo composta pelas seguintes fases: (i) Fase Exploratória; (ii) Fase de Pesquisa; (iii) Fase de Avaliação. A Fase Exploratória foi realizada por meio de uma pesquisa de campo conduzida com empresas desenvolvedoras de software. Ao final desta fase foi possível delimitar o escopo da pesquisa. A Fase de Pesquisa foi caracterizada pelas etapas de definição do processo preliminar e construção do processo proposto. E, finalmente, a Fase de Avaliação foi composta pela aplicação do processo proposto em uma situação real de uma empresa de software e pela avaliação dos resultados. Foi possível ao final da pesquisa a proposição de um processo para ser aplicado no entendimento dos dados de retrabalho, resultando em um modelo de previsibilidade de retrabalho para organizações de software. Foi utilizada uma base de dados composta de registros de desenvolvimento de software, bem como de casos de retrabalho (reincidências). Parte da base foi usada para construir o modelo de previsibilidade e parte foi usada para testar o modelo. Os resultados foram bastante satisfatórios, apontando para um desvio médio de 27,5%, o que pode ser considerado bastante bom.

Esta pesquisa é relevante para as empresas de software, uma vez que fornece apoio para que ela possa gerar seus próprios modelos de desempenho, entender

sua realidade quanto ao comportamento do processo de retrabalho, além de possibilitar uma manutenção deste modelo periodicamente, permitindo que a precisão das estimativas geradas a partir da utilização do repositório de medidas organização seja cada vez maior.

Palavras-chave: Modelo de Previsão de Esforço de Retrabalho em Software, Controle Estatístico de Processos em Software, Gerência Quantitativa de Software

ABSTRACT

The community of software engineering has been focused on improving their projects estimation aiming at improving their planning abilities and at minimizing their costs. One of the most critical processes for software development is the change control process. If the change occurs in the late stages of the development process, the cost to perform the change becomes higher and it contributes to increase rework effort. The use of techniques such as Statistical Process Control applied to the software context is still new, although it is widely used in the manufacturing industry. The study of the behavior of the rework process can help in preventing the problems that have already occurred to happen again. It also helps to prepare the organization to better solve these problems when they have processes that behave in a standard way. This research aims at studying the rework in the software development processes, understanding e proposing a process that can help the organizations in creating a statistical performance model based on its own development context and that is capable of supporting the estimations more accurately. This work was developed using the research-action approach, and was composed by the following phases: (i) Exploratory Phase; (ii) Research Phase; (iii) Evaluation Phase. In the Exploratory Phase, a field research was conducted with software development organizations. At the end of this phase, the research scope was delimited. The Research Phase was developed through the activities of defining a preliminary process and building the proposed process. Finally, during the Evaluation Phase, the process was applied in a real situation of a software organization and the results were analyzed. The research proposed a process to be applied in understanding rework data, resulting in a rework effort prediction model to be used by software organizations. A real database, composed by software development records, as rework records, was used in the study. Part of such a database was used to build the prediction model and the other part was used to test the model. The results were good enough, with a standard deviation of 27,5%, considered as a very good result. Software measurement has becoming one of the main concerns of Software Engineering in the last two decades, once software organizations have a hard time when trying to estimate their projects. Software organizations also have recurring rework efforts which means an effort to rebuild what was not done right in the first time. This research is relevant to software

organizations once it provides support in generating their own performance models, in understanding their reality regarding to the behavior of their rework process and, it also enables them to maintain such models in regular basis, allowing them to improve the precision of their estimates.

Keywords: Software Rework Effort Prediction Model; Statistical Software Process Control; Quantitative Management in Software

SUMÁRIO

RESUMO.....	VII
ABSTRACT	IX
LISTA DE FIGURAS.....	XV
LISTA DE QUADROS	XVI
LISTA DE TABELAS.....	XVIII
LISTA DE EQUAÇÕES.....	XIX
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	1
1.1 MOTIVAÇÃO	3
1.2 OBJETIVOS	5
1.3 DELIMITAÇÃO DE ESCOPO	6
1.4 PROCESSO DE TRABALHO	7
1.5 ESTRUTURA DO DOCUMENTO.....	8
1.6 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO	9
CAPÍTULO 2 - REVISÃO DA LITERATURA.....	10
2.1 CONTROLE DA QUALIDADE.....	12
2.2 QUALIDADE DE SOFTWARE.....	12
2.2.1 CMMI – Capability Maturity Model Integration.....	14
2.2.2 MPS.BR – Melhoria do Processo de Software Brasileiro	18
2.3 CONTROLE DE MUDANÇAS.....	22
2.3.1 Controle de Mudanças nos Projetos de Software	22
2.3.2 Controle de Mudanças nos Modelos de Qualidade	23
2.4 RETRABALHO NO PROCESSO DE SOFTWARE.....	25
2.5 MEDIÇÃO DE RETRABALHO	28
2.6 CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS	30
2.6.1 Comportamento do Processo	31
2.6.2 Modelos de Desempenho Estatísticos.....	34
2.7 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO	40
CAPÍTULO 3 - ESTRUTURAÇÃO DA PESQUISA.....	42
3.1 CONCEITOS RELEVANTES SOBRE METODOLOGIA E MÉTODOS DE PESQUISA.....	42

3.2	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	45
3.3	ESTRATÉGIA DE PESQUISA	46
3.4	FASE EXPLORATÓRIA	47
3.4.1	Realizar Pesquisa Exploratória	47
3.4.2	Formular o Problema.....	48
3.5	FASE DE PESQUISA.....	48
3.5.1	Definir Processo Preliminar.....	49
3.5.2	Construir Processo Proposto.....	49
3.6	FASE DE AVALIAÇÃO.....	50
3.6.1	Aplicar Processo Proposto	50
3.6.2	Discutir Resultados.....	51
3.7	CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO	51
CAPÍTULO 4 - DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA		52
4.1	PESQUISA EXPLORATÓRIA	52
4.1.1	Organização da Pesquisa Exploratória.....	52
4.1.2	Resultados da Pesquisa Exploratória.....	54
4.1.3	Considerações a respeito da Pesquisa Exploratória	61
4.2	PROCESSO PROPOSTO	61
4.2.1	Processo Preliminar	62
4.2.2	Construção do Processo	64
4.2.3	Estrutura do Processo Proposto	65
4.2.4	Descrição do Processo Proposto.....	65
4.2.5	Considerações a respeito do Processo Proposto	82
4.3	CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO.....	83
CAPÍTULO 5 - APLICAÇÃO DO PROCESSO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS 84		
5.1	CONTEXTO DA EMPRESA ESTUDADA.....	84
5.2	ETAPAS DA APLICAÇÃO DO PROCESSO PROPOSTO	88
5.2.1	Atividade: 1. Conhecer a Base - Tarefa: Estudar a Base de Medidas.....	88
5.2.2	Atividade: 1. Conhecer a Base - Tarefa 2: Identificar Medidas Associadas 91	
5.2.3	Atividade: 2. Estabelecer Base - Tarefa 1: Estabelecer Processo de Medição de Retrabalho	94

5.2.4	Atividade: 2. Estabelecer Base - Tarefa 2: Iniciar Medição de Retrabalho	
		94
5.2.5	Atividade: 3. Tratar a Base - Tarefa 1: Eliminar Ruídos.....	94
5.2.6	Atividade: 3. Tratar a Base - Tarefa 2: Extrair Casos Válidos.....	95
5.2.7	Atividade: 3. Tratar a Base - Tarefa 3: Organizar a Base.....	95
5.2.8	Atividade: 4. Entender Contexto - Tarefa 1: Analisar Características da Origem	96
5.2.9	Atividade: 4. Entender Contexto - Tarefa 2: Identificar Tendência de Retrabalho.....	96
5.2.10	Atividade: 4. Entender Contexto - Tarefa 3: Realizar Seminários de Análise	97
5.2.11	Atividade: 5. Preparar Dados - Tarefa 1: Testar Normalidade da Base	97
5.2.12	Atividade: Atividade: 5. Preparar Dados - Tarefa 2: Normalizar Dados.	98
5.2.13	Atividade: 5. Preparar Dados - Tarefa 3: Dividir Base	98
5.2.14	Atividade: 6. Gerar Baseline de Processo - Tarefa 1: Gerar Gráficos de Controle	98
5.2.15	Atividade: 6. Gerar Baseline de Processo - Tarefa 2: Testar Estabilidade.....	99
5.2.16	Atividade: 6. Gerar Baseline de Processo - Tarefa 3: Estabilizar Processo.....	100
5.2.17	Atividade: 6. Gerar Baseline de Processo - Tarefa 4: Gerar Baseline de Processo.....	102
5.2.18	Atividade: 7. Gerar Modelo de Desempenho Estatístico - Tarefa 1: Determinar Variáveis Dependentes	102
5.2.19	Atividade: 7. Gerar Modelo de Desempenho Estatístico - Tarefa 2: Preparar Variáveis Categóricas.....	103
5.2.20	Atividade: 7. Gerar Modelo de Desempenho Estatístico - Tarefa 4: Gerar Modelo de Desempenho.....	103
5.2.21	Atividade: 7. Gerar Modelo de Desempenho Estatístico - Tarefa 5: Testar Modelo de Desempenho	108
5.2.22	Atividade: 7. Gerar Modelo de Desempenho Estatístico - Tarefa 6: Realizar Análise do Modelo.....	111
5.2.23	Atividade: 7. Gerar Modelo de Desempenho Estatístico - Tarefa 7: Refinar Modelo	112

5.3	CONSIDERAÇÕES A RESPEITO DA APLICAÇÃO DO PROCESSO.....	112
5.4	CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO.....	112
CAPÍTULO 6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....		113
6.1	RELEVÂNCIA DO ESTUDO.....	113
6.2	CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA.....	114
6.3	LIMITAÇÕES DA PESQUISA.....	114
6.4	TRABALHOS FUTUROS.....	115
6.5	MENSAGEM FINAL.....	115
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		116

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1: Processo de Trabalho.....	8
Figura 2-1. Estrutura do CMMI – Representação Contínua. Adaptado de (SEI, 2010).....	15
Figura 2-2: Evolução dos níveis de maturidade do CMMI. Adaptado de (SEI, 2010).	16
Figura 2-3. Componentes do Modelo MPS (SOFTEX, 2011a)	19
Figura 2-4. Níveis do modelo MPS, adaptado de (SOFTEX, 2011a).....	20
Figura 2-5. Mudanças na Gerência de Configuração. Adaptada de (SOFTEX, 2011a).....	24
Figura 2-6. Exemplo de Gráfico de Controle. Fonte: o Autor.....	33
Figura 2-7. Técnicas de Análise de Correlação. Adaptada de (FENTON; PFLEEGER, 1997).	36
Figura 3-1. Pesquisas conforme os procedimentos técnicos. Adaptado de (GIL, 2002).....	44
Figura 3-2. Metodologia de Pesquisa. Fonte: O Autor.....	47
Figura 4-1. Etapas da Pesquisa Exploratória. Adaptado de (GIL, 2002)	53
Figura 4-2. Existência de Retrabalho nas Empresas Entrevistadas. Fonte: O Autor.	55
Figura 4-3: Caracterização de Retrabalho. Fonte: o Autor.	56
Figura 4-4. Medição de Retrabalho. Fonte: o Autor.	58
Figura 4-5. Processo Preliminar para Análise de Retrabalho. Fonte: o Autor.....	62
Figura 4-6. Ciclo de Construção do Processo Proposto. Fonte: o Autor.	64
Figura 4-7. Processo Proposto. Fonte: O Autor.	67
Figura 5-1. Porcentagem de Reincidências por Tamanho. Fonte: O Autor.	88
Figura 5-2. Reincidências por Tamanho ao longo dos anos. Fonte: O Autor.	89
Figura 5-3. Causas de Reincidências. Fonte: O Autor.	90
Figura 5-4. Causas x Complexidade de Reincidência. Fonte: O Autor.....	91
Figura 5-5. Demandas Origem x Complexidade. Fonte: O Autor.	96
Figura 5-6. Gráfico de Controle do Esforço de Retrabalho. Fonte: O Autor.....	99
Figura 5-7. Variações excepcionais no processo de Retrabalho. Fonte. O Autor.....	100
Figura 5-8. Processo de retrabalho estabilizado. Fonte: O Autor.	101

LISTA DE QUADROS

Quadro 2-1. Enfoques de Qualidade. Adaptado de (GARVIN, 1992).....	11
Quadro 2-2. Níveis de Maturidade x Níveis de Capacidade. Adaptado de SEI (2010).	15
Quadro 2-3. Estrutura do CMMI – Representação por Estágios. Adaptado de (SEI, 2010). 17	
Quadro 2-4. Níveis do CMMI x Níveis do MPS. Adaptado de (REINEHR, 2008).	20
Quadro 2-5. Estrutura do MPS. Adaptado de (SOFTEX, 2011a).....	21
Quadro 2-6. Tipo de Solicitações de Mudança. Adaptado de (ROYCE,1998).....	22
Quadro 2-7. Mudanças no CMMI e MPS. Adaptado de (SEI, 2010) e (SOFTEX, 2011a). ...	23
Quadro 2-8. Conceitos de Retrabalho. Fonte: o Autor.	26
Quadro 2-9. Retrabalho x Solicitação de Mudança. Adaptado de (ROYCE,1998).	27
Quadro 2-10. Horas gastas por fase nas mudanças. Adaptado de (ROYCE,1998).	30
Quadro 2-11. Análise comparativa entre metodologias de construção de modelos de desempenho estatístico. Adaptado de (CAMPOS et al, 2007) e (MONTONI et al, 2007).	39
Quadro 3-1. Fontes de Informação. Fonte: o Autor.....	50
Quadro 4-1. Quantificação de retrabalho. Fonte: o Autor.....	59
Quadro 4-2. Sugestões para redução de retrabalho. Fonte: o Autor.....	60
Quadro 4-3. Estrutura do Processo Proposto. Fonte: Adaptado de (SOFTEX, 2011b).	65
Quadro 4-4. Atividades e Tarefas do Processo Proposto. Fonte: O Autor.....	66
Quadro 4-5. Tarefa Estudar Base de Medidas. Fonte: O Autor.....	68
Quadro 4-6. Tarefa Identificar Medidas Associadas. Fonte: O Autor.....	69
Quadro 4-7. Tarefa Estabelecer Processo de Medição de Retrabalho. Fonte: O Autor.....	69
Quadro 4-8. Iniciar Medição de Retrabalho. Fonte: O Autor.....	70
Quadro 4-9. Tarefa Eliminar Ruídos. Fonte: O Autor.	70
Quadro 4-10. Tarefa Organizar a Base. Fonte: O Autor.....	71
Quadro 4-11. Tarefa Extrair Casos Válidos. Fonte: O Autor.....	71
Quadro 4-12. Tarefa Analisar Características da Origem. Fonte: O Autor.....	72
Quadro 4-13. Tarefa Analisar Tendência de Retrabalho. Fonte: O Autor.	72
Quadro 4-14. Tarefa Realizar Seminário de Análise. Fonte: O Autor.	73
Quadro 4-15. Tarefa Testar Normalidade da Base. Fonte: O Autor.	74
Quadro 4-16. Tarefa Normalizar Dados. Fonte: O Autor.	74
Quadro 4-17. Tarefa Dividir Base. Fonte: O Autor.	75
Quadro 4-18. Tarefa Gerar Gráficos de Controle. Fonte: O Autor.....	75
Quadro 4-19. Tarefa Testar Estabilidade. Fonte: O Autor.	76
Quadro 4-20. Tarefa Estabilizar Processo. Fonte: O Autor.	76

Quadro 4-21. Tarefa Gerar Baseline de Processo. Fonte: O Autor.	77
Quadro 4-22. Tarefa Determinar Variáveis Dependentes. Fonte: O Autor.	78
Quadro 4-23. Tarefa Preparar Variáveis Categóricas. Fonte: O Autor.	78
Quadro 4-24. Tarefa Gerar Modelo de Desempenho. Fonte: O Autor.	80
Quadro 4-25. Tarefa Testar Modelo de Desempenho. Fonte: O Autor.	81
Quadro 4-26. Tarefa Realizar Análise do Modelo. Fonte: O Autor.	81
Quadro 4-27. Tarefa Refinar Modelo. Fonte: O Autor.	82
Quadro 5-1. Categorias de Complexidade. Fonte: o Autor.	85
Quadro 5-2. Medidas Derivadas. Fonte: O Autor.	93
Quadro 5-3. Definição da medida Esforço de Retrabalho. Fonte: O Autor.	94
Quadro 5-4. Resultado da aplicação dos testes de estabilidade. Fonte: (CARLETON; PAULK, 1997)	100
Quadro 5-5. Pontos eliminados para estabilização do processo. Fonte. O Autor.	101

LISTA DE TABELAS

Tabela 5-1. Esforço Planejado x Complexidade. Fonte: O Autor.	87
Tabela 5-2. Características da baseline do processo de retrabalho. Fonte: O Autor.	102
Tabela 5-3. Valores atribuídos para as variáveis categóricas. Fonte: O Autor.	103
Tabela 5-4. Resultados da análise de correlação – Rodada 1. Fonte: O Autor.	105
Tabela 5-5. Resultados da análise de correlação – Rodada 2. Fonte: O Autor.	105
Tabela 5-6. Resultados da análise de correlação – Rodada 3. Fonte: O Autor.	106
Tabela 5-7. Resultados da análise de correlação – Rodada 4. Fonte: O Autor.	106
Tabela 5-8. Teste de multicolinearidade entre variáveis do modelo. Fonte: O Autor.	107
Tabela 5-9. Resultados da primeira instância de teste do modelo. Fonte: O Autor.	110
Tabela 5-10. Resultados da segunda instância de teste do modelo. Fonte: O Autor.	111

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 2-1. Esforço de Retrabalho (ROYCE, 1998).....	29
Equação 2-2. Porcentagem de retrabalho (SARGUT; DEMIRORS, 2006).....	29
Equação 2-3. Formato da equação de correlação (COSTA; EPPRECHT; CARPINETTI, 2009).....	35
Equação 2-4. Formato do modelo multivariável (MAXWELL, 2002).....	40
Equação 5-1. Equação de correlação. Fonte: O Autor.....	107
Equação 5-2. Modelo de Desempenho Estatístico. Fonte: O Autor.....	107

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

“ ... a melhoria está intimamente ligada à obtenção de melhores níveis de qualidade. Um programa que funciona bem dificilmente deixará de trazer benefícios para a empresa”.
(PALADINI, 2004)

O mundo globalizado está fazendo as empresas visualizarem a necessidade de se manterem competitivas, ou seja, a necessidade de adaptação a novas exigências de seu mercado de atuação (AIDAR,1995).

No contexto de organizações desenvolvedoras de software, a manutenção da competitividade é de suma importância para sua sobrevivência, considerando o contexto de produção de software com prazos cada vez menores, custos reduzidos e atendendo aos requisitos do cliente com qualidade, que estas empresas estão submetidas (MONTONI, 2007).

O conceito clássico de qualidade é o “grau no qual um conjunto de características inerentes atende aos requisitos” (ABNT, 2000). Este é um conceito dinâmico e que nos últimos anos vem sendo ampliado e adaptado às características da atualidade (AIDAR,1995).

Segundo Paladini (2004), a busca pela melhoria da qualidade se dá basicamente com a detecção e eliminação das causas de desperdício e na melhoria contínua dos produtos e serviços fornecidos, na ótica da satisfação dos clientes.

Um marco na evolução do conceito de qualidade foi a mudança do foco tradicional no produto para o foco em melhoria de processos, que se preocupa com a qualidade desde as primeiras etapas da confecção dos produtos. O foco no processo permite o acompanhamento da qualidade ao longo de todo o desenvolvimento do produto, minimizando a necessidade de retrabalho (CROSBY, 2000).

Retrabalho pode ser caracterizado como uma atividade considerada completa, mas que não satisfaz o cliente. Conseqüentemente, é requerido que seja

alterada para estar de acordo com os requisitos solicitados, incluindo defeitos e variações que podem ocorrer a qualquer momento e em qualquer processo (LOVE; IRANI; EDWARDS, 2004).

Muitas organizações produtoras de software são culturalmente focadas no produto, ou seja, não se preocupam com a qualidade do processo de desenvolvimento do software, mas sim se o produto final atende as necessidades do cliente (ZHRAN,1998). Em contrapartida, há organizações produtoras de software cuja visão está voltada para os problemas nos processos de desenvolvimento e que aceitam o processo como uma maneira de gerenciar o seu negócio (ZHRAN,1998).

Uma das questões que preocupa os estudiosos da área de desenvolvimento de software é o retrabalho originado por meio de correções de defeitos e o que fazer para reduzir o esforço empregado nesta atividade (KALINOWSKI; SPINOLA, 2008) .

Para que a mudança cultural nas organizações ocorra de uma forma controlada, alguns modelos voltados à melhoria da qualidade foram criados e continuam em constante evolução. A proposta destes modelos é identificar atitudes com as quais as organizações precisam se preocupar com o intuito de manter a sua competitividade, sem prejudicar a qualidade de seus produtos (DEMING,1990).

Entre os modelos de qualidade voltados aos processos das organizações produtoras de software destacam-se o MR-MPS, criado pelo programa MPS.BR - Melhoria do Processo de Software Brasileiro (SOFTEX, 2011a) e o CMMI – *Capability Maturity Model Integration*, criado pelo SEI - *Software Engineering Institute* (SEI, 2010).

Além da qualidade do produto, os benefícios proporcionados pela abordagem focada em processo estão diretamente relacionados à gestão de custos, riscos e recursos (VALLS, 2004).

O gerenciamento dos processos de software garante que os processos de desenvolvimento definidos nas organizações sejam executados como esperado e melhorias executadas nos processos propiciem um melhor atendimento aos objetivos de negócio (FLORAC; PARK; CARLETON, 1997).

Segundo Florac, Park e Carleton (1997), o controle de um processo de software se dá a partir do momento em que é possível fazer com que ele se comporte de forma previsível. Todo processo produz resultados, e esses resultados possuem atributos mensuráveis que, quando observados, podem identificar pontos de referência para introdução e validação de ajustes e melhorias nos processos.

O uso do Controle Estatístico de Processos (CEP) permite identificar mudanças no comportamento do processo, analisar as causas que provocaram tais mudanças, identificar oportunidades de melhorias e prever o comportamento do processo (WHEELER, 1999).

Wheeler (1999) diz ainda que, o Controle Estatístico de Processos é uma maneira de pensar utilizando-se algumas ferramentas associadas, ou seja, é um framework que auxilia no entendimento do processo focando nas informações relevantes fornecidas.

Como descrito em Barcellos (2009b), o Controle Estatístico de Processos, muito utilizado nas indústrias de manufatura, foi reconhecido pela comunidade de software como uma ferramenta que pode ser usada para resolver as questões pertinentes aos processos de desenvolvimento, embora ainda sejam recentes os estudos nesta área de atuação.

Com base nesta contextualização esta pesquisa se destina a estudar o comportamento do esforço de retrabalho e como sua previsibilidade, definida por meio da gerência quantitativa, pode auxiliar as empresas desenvolvedoras de software em suas estimativas.

Existem várias definições de retrabalho conforme apresentado no Capítulo 2 deste documento, mas uma definição associada ao contexto de software e que se encaixa com os objetivos deste trabalho foi escrita por Royce (1998), que apresenta retrabalho como, “o custo das alterações, que inclui o esforço de analisar, resolver e re-testar as mudanças aplicadas às baselines do software.”

1.1 Motivação

Considera-se que um dos processos críticos para garantir o sucesso e a qualidade de um projeto de software é o controle de suas mudanças (ROYCE, 1998).

O aumento da dificuldade do controle ocorre à medida que o projeto avança nas fases de seu ciclo de vida. Esta dificuldade se dá, pois, com o avanço das atividades do projeto, o seu tamanho aumenta, a quantidade de requisitos codificada é maior e o impacto da mudança pode ser refletido em vários pontos do sistema (AQUINO, 2008).

Segundo os autores, em SOFTEX (2011a), o processo formal de controle de mudanças visa analisar os impactos provenientes de alterações e notificar as partes afetadas, evitando assim gasto de esforço com retrabalho e possíveis efeitos colaterais que essas mudanças possam causar.

Para Kitchenham e Pflleeger (1996), retrabalho em software é “qualquer esforço adicional requerido para encontrar e consertar problemas após documentos e código estarem formalmente assinalados como parte da gerência de configuração. Incluindo esforço de desenvolvimento durante a integração e testes de sistema”.

De acordo com as definições de retrabalho encontradas na literatura e apresentadas no Quadro 2-8 deste documento, é possível identificar que o estudo do esforço de retrabalho está fortemente relacionado ao estudo do processo de controle de mudanças (ROYCE, 1998).

A análise do impacto das mudanças ao longo do ciclo de vida do projeto de software propicia subsídios para estimar o esforço, custo, prazo e demais atributos que possam ser necessários para que elas sejam realizadas (SOFTEX, 2011a).

Devido às organizações desenvolvedoras de software ainda estarem imaturas quando se trata de controle de orçamentos, prazos, qualidade, controle de mudanças entre outros fatores críticos deste ramo de atuação, a medição pode apoiar o gerenciamento de seus projetos e processos (BARCELLOS, 2009b).

De acordo com Montoni et al (2007), o Controle Estatístico de Processos aplicado a empresas de software tem sido eficiente no que se refere ao entendimento e controle dos processos de desenvolvimento.

Wheeler (1999) descreve que o Controle Estatístico de Processos “é um método para detectar mudanças e identificar causas que afetam o desempenho dos processos, considerado eficiente”.

O desempenho de um processo é definido pelos resultados atingidos com a sua execução, podendo ser caracterizado por medidas de processo e produto, sendo estas utilizadas para gerenciar os projetos quantitativamente (SEI, 2010).

A gerência quantitativa usada de forma efetiva demonstra maturidade organizacional, ou seja, que a organização se preocupa em desenvolver software de qualidade e toma ações em busca da melhoria contínua de seus processos (SOFTEX, 2011a).

Com base nestes conceitos, a principal motivação deste trabalho se dá pela possibilidade de estudar o comportamento do processo de desenvolvimento de

software, identificando a influência do esforço de retrabalho no esforço total do projeto, de forma a possibilitar a melhoria nas estimativas iniciais em futuros projetos, com base na previsibilidade determinada pela gerência quantitativa.

Como o processo de controle de mudanças é considerado um processo crítico para a indústria de software (AQUINO, 2008) e segundo a SOFTEX (2011a), o processo de controle de mudanças quando controlado formalmente diminui o esforço de retrabalho e efeitos colaterais indesejáveis, esta pesquisa utilizará como base a definição de retrabalho de Walker Royce (ROYCE,1998): “retrabalho é o custo das alterações, que inclui o esforço de analisar, resolver e re-testar as mudanças aplicadas às baselines do software”.

A motivação pela utilização do Controle Estatístico de Processo ocorre pelo fato de que as pesquisas utilizando técnicas estatísticas na área de software ainda são recentes (BARCELLOS, 2009a) e que a análise de desempenho de processos pode apoiar organizações produtoras de software em suas estimativas (MONTONI et al, 2007).

1.2 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é: Desenvolver um processo para apoiar as estimativas de esforço de retrabalho em projetos de desenvolvimento de software baseado em sua previsibilidade determinada por meio do controle estatístico de processos.

Como objetivos específicos para atingir este objetivo geral têm-se:

- (i) Especificar as atividades de um processo a ser aplicado em empresas com o objetivo de apoiar as estimativas de retrabalho.
- (ii) Avaliar o processo proposto quanto à sua utilização em empresas desenvolvedoras de software.

O alcance dos objetivos deste trabalho deverá responder à questão de pesquisa:

É possível prever o esforço de retrabalho em empresas desenvolvedoras de software observando o comportamento do seu processo de forma a apoiar suas estimativas de custo e prazo?

1.3 Delimitação de escopo

Para delimitar o escopo deste trabalho, optou-se pelo apoio de uma Pesquisa Exploratória sobre “Retrabalho em Organizações Desenvolvedoras de Software”, apresentada nos capítulos 4 e 5 deste documento. Esta pesquisa mostrou que a aplicação de métodos estatísticos em empresas com medições iniciantes e sem uma base de dados consistente é uma tarefa complexa e que necessita de um esforço grande de preparação.

Devido à esta percepção através da pesquisa, optou-se por abranger empresas desenvolvedoras de software que possuam mecanismos para medição implantados e institucionalizados, possibilitando a incorporação de novas medidas, sem a necessidade de definição de um processo completo de medição.

Em se tratando do tipo de projeto a ser analisado, serão considerados os projetos que seguem ou seguirem os processos organizacionais. Não serão analisados projetos que estão fora dos padrões estabelecidos pelos processos definidos, pois para aplicação do Controle Estatístico de Processos, é necessário que o processo seguido nos projetos seja o mesmo, assim o comportamento do processo pode ser analisado.

O foco do trabalho está nos projetos que sejam relevantes para a empresa em termos econômicos para que, com a melhoria das suas estimativas de esforço de retrabalho, esta empresa consiga minimizar o impacto econômico que estes esforços adicionais acarretam.

Com base nas delimitações apresentadas nessa seção caracteriza-se como escopo deste trabalho:

- (i) empresas desenvolvedoras de software, que possuam foco de seu desenvolvimento em um ou mais **Produtos de Software**, onde o cliente normalmente é um especialista no negócio em que o produto atua;
- (ii) empresas desenvolvedoras de software que, possuam foco em desenvolvimento **Sob Encomenda**, desenvolvendo produtos que atendem as necessidades de negócio de clientes específicos;
- (iii) empresas desenvolvedoras de software que possuam processos de software definidos e institucionalizados, de modo que seja possível repetir o seu comportamento de forma padronizada; e,

- (iv) empresas desenvolvedoras de software que possuam mecanismos de medição, nos quais seja possível conduzir a análise do repositório organizacional de medidas ou a introdução de coleta sistêmica de indicadores relacionados ao esforço com retrabalho.

1.4 Processo de trabalho

Com o objetivo de estruturação do trabalho, foi definido um processo a ser seguido como apoio à execução dos objetivos desta dissertação. Este processo apresenta as fases para condução deste trabalho, as atividades principais e os resultados esperados em cada uma destas fases.

Fase 1 - Preparação do Trabalho: nesta fase serão realizados estudos sobre Retrabalho e Controle Estatístico de Processos, coleta e análise de referências bibliográficas com o objetivo de determinar o foco do trabalho e os objetivos a serem atingidos. Uma revisão da literatura sobre retrabalho e controle estatístico de processos será realizada, com objetivo de contextualização no estado da arte sobre o uso de Controle Estatístico de Processos em pesquisas sobre Esforço de Retrabalho em Software.

Fase 2 – Estruturação do Trabalho: Nesta fase será definido o método de pesquisa, ou seja, as etapas a serem seguidas no desenvolvimento da pesquisa, bem como o plano de pesquisa contendo os procedimentos de campo adotados durante a condução dos experimentos.

Fase 3 – Execução do Trabalho: nesta fase será conduzida a pesquisa científica, com coleta de dados em campo conforme definido no plano de pesquisa, compreendendo procedimentos de campo e análise dos dados. Além da avaliação do processo proposto com base nos estudos realizados em nova instância deste processo.

Fase 4 – Finalização do Trabalho: nesta fase serão discutidos os resultados obtidos na pesquisa, descrevendo as considerações finais e extraíndo as limitações da pesquisa, conclusões e trabalhos futuros.

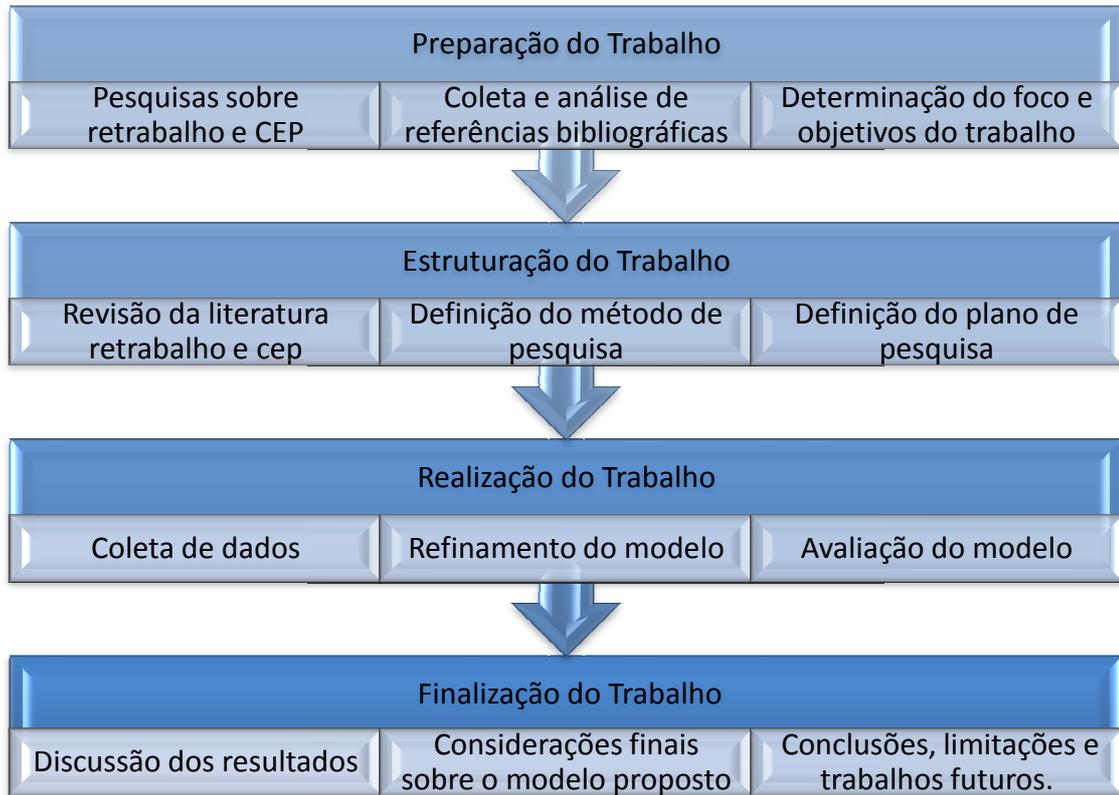


Figura 1-1: Processo de Trabalho

1.5 Estrutura do documento

Este documento está estruturado de forma a facilitar a leitura e compreensão deste trabalho.

Os capítulos estão apresentados conforme descrição a seguir:

- O Capítulo 1 apresenta uma visão geral do trabalho, contextualizando quanto à motivação para o seu desenvolvimento, objetivos geral e específicos, como também, a estruturação do trabalho com o objetivo de facilitar o seu entendimento.
- O Capítulo 2 apresenta o referencial teórico que visa aprofundar principalmente os conceitos a respeito de Qualidade de Software, Retrabalho e Controle Estatístico de Processo, que embasam este trabalho.
- O Capítulo 3 apresenta a caracterização metodológica da pesquisa norteadora deste trabalho, a estruturação de suas etapas e o protocolo de pesquisa.

- O Capítulo 4 descreve o desenvolvimento da pesquisa, apresentando uma pesquisa exploratória sobre retrabalho em empresas de software, bem como, o processo proposto, suas atividades e os produtos de trabalho esperados.
- O Capítulo 5 apresenta a aplicação do processo proposto no Capítulo 4, descrevendo como as etapas foram realizadas.
- O Capítulo 6 discute os resultados obtidos com a execução da pesquisa e considerações a seu respeito. Aborda a conclusão deste trabalho e suas considerações finais, além da apresentação das limitações desta pesquisa e as sugestões de trabalhos futuros.

1.6 Considerações sobre o capítulo

Neste capítulo foi apresentada a contextualização da importância da análise de retrabalho no cenário de empresas de software e possibilidade de unir pesquisas sobre retrabalho e Controle Estatístico de Processos. Além disto, apresentou a motivação pelo desenvolvimento deste trabalho, destacando seu objetivo geral e objetivos específicos.

Foi apresentada a delimitação do escopo e o processo de trabalho utilizado para o desenvolvimento da dissertação, com suas fases e atividades a serem executadas, além da estruturação deste documento.

O próximo capítulo focará principalmente a revisão da literatura dos temas relacionados à pesquisa realizada.

CAPÍTULO 2 - REVISÃO DA LITERATURA

“ A dificuldade em definir qualidade está na convenção das necessidades futuras do usuário em características mensuráveis, de forma que o produto possa ser projetado e modificado para dar satisfação por um preço que o usuário pague.”- Walter A. Shewhart.

O conceito de qualidade esteve presente na humanidade desde os tempos mais remotos. De acordo com Alvarez (2001), os homens pré-históricos construíam objetos simples como cuias para água, abrigos para se proteger de chuvas e lanças para realizar a caça, já pensando que estes objetos deveriam atender à finalidade para o qual se destinavam. Mesmo sem saber, o homem já construía os princípios de qualidade.

Em 1920, surgiram as primeiras ações no sentido do desenvolvimento da qualidade, originárias nos Estados Unidos, centrando-se principalmente na inspeção industrial. As duas grandes guerras mundiais demandaram um esforço de reconstituição dos países envolvidos e um foco na produção em massa (ALVAREZ, 2001).

Em 1947, foi fundada a *International Organization for Standardization* (ISO), grupo internacional de normalização, com objetivo de criar normas que atendessem aos seus países associados (ANTONIONI; ROSA, 1995). A ISO desenvolveu uma série de padrões de qualidade, que focam na documentação formal dos procedimentos e atividades das organizações (MONTGOMERY, 2004). Neste período o conceito de qualidade estava diretamente ligado à padronização, controle estatístico e inspeção da produção industrial (ALVAREZ, 2001), estando associado à definição de conformidade às especificações (AIDAR, 1995).

Nas décadas de 1950 e 1960, a exigência do consumidor pelos seus direitos aumentou, passando então a pesquisa de mercado, a ser uma ferramenta importante para a avaliação da qualidade. Intensificaram-se então as publicações

sobre controle da qualidade consagrando em seguida os grandes autores da qualidade como Juran, Deming, Feigenbaum e Ishikawa (POLI; MACHADO, 2003).

Posteriormente, o conceito de qualidade evoluiu para a visão de satisfação do cliente, quando se percebeu que a satisfação do cliente depende de fatores além da conformidade com as especificações técnicas, como, por exemplo prazo de entrega, condições de pagamento, atendimento pré e pós-venda, flexibilidade etc.

Paralelamente a esta evolução do conceito de qualidade, as empresas começaram a perceber que este posicionamento era estratégico para sua competitividade e sobrevivência no mercado (AIDAR, 1995).

Ainda tratando de aspectos de qualidade, Garvin (1992) avalia qualidade conforme representado no Quadro 2-1, comparando algumas abordagens.

ABORDAGEM	CARACTERÍSTICAS
Abordagem Transcendental	Qualidade como sinônimo de "excelência nata". Reconhecimento sem análise prévia. Qualidade sem necessidade de descrição, apenas observação. A qualidade é uma constatação prática, proveniente da experiência.
Abordagem Baseada no Produto	Qualidade sendo passível de medição e até mesmo de precisão. Qualidade como sinônimo de maior número de melhores características em um produto. A qualidade é determinada por um padrão definido de medidas que integram uma escala contínua e bem definida.
Abordagem Baseada no Usuário	A qualidade está nos "olhos do observador". Os bens que melhor satisfazem as preferências dos consumidores são considerados como tendo uma alta qualidade.
Abordagem Baseada na Produção	Qualidade ligada às técnicas de engenharia e fabricação. Defeitos são vistos como número de desvios em relação aos projetos e especificações. Melhorias na qualidade levam a custos menores. É melhor prevenir a ocorrência de defeitos do que ter o retrabalho para corrigi-los.
Abordagem Baseada no Valor	Qualidade em termos de custos e preços. Produto de qualidade é aquele que apresenta um desempenho e uma confiabilidade a um preço e custo aceitáveis.

Quadro 2-1. Enfoques de Qualidade. Adaptado de (GARVIN, 1992).

Segundo Garvin (1992), o conceito de qualidade muda conforme o contexto de quem avalia, mas quase todas as definições se encaixam em alguma das abordagens listadas no Quadro 2-1.

2.1 Controle da Qualidade

Segundo Aidar (1995), as atividades regulares de qualidade dentro das empresas se originaram a partir das inspeções, principalmente com o surgimento da produção seriada. A inspeção consistia em um ato de contagem e classificação, cujo objetivo era identificar os “bons” e “maus” produtos. Mesmo sendo considerada uma técnica primitiva, era uma forma de executar o controle da qualidade (AIDAR,1995).

Para Crosby (2000), um dos grandes momentos da evolução do conceito de qualidade se deu na mudança do foco no produto, onde a preocupação era com a qualidade do produto final, para o foco no processo. O foco no processo garante que a qualidade seja acompanhada ao longo do tempo, diminuindo a necessidade de refazer o trabalho todo, a todo momento, prezando pela qualidade logo na primeira vez (CROSBY, 2000).

Para Paladini (2004), um processo é caracterizado por uma sequência de operações realizadas por um grande número de pessoas. Administrar esse processo indica que o trabalho a ser executado precisa ser planejado para que seja possível comparar os resultados obtidos com esses planos e identificar oportunidades de aprimoramento do planejamento original.

A melhoria da qualidade está diretamente ligada à redução do desperdício através da eliminação de suas causas, bem como, no aprimoramento contínuo dos produtos e serviços oferecidos, visando à satisfação dos clientes (PALADINI, 2004).

Essa melhoria contínua está relacionada com toda a linha de produção, desde as entradas do processo até o usuário final, incluindo a revisão dos produtos finais (DEMING,1990).

Paladini (2004) diz que, em qualquer processo, existem pontos de desperdício crônico. O controle da qualidade auxilia a identificação das causas dos problemas, além de contribuir para a sua eliminação, proporcionando para as empresas, ganho de competitividade.

2.2 Qualidade de Software

Analisando o contexto do software, segundo Zahran (1998), muitas organizações produtoras de software são culturalmente focalizadas no produto, ou

seja, se preocupam com a qualidade do produto final, deixando o processo executado para gerar este produto sem um controle adequado.

Em virtude desta pouca atenção despendida às etapas de projeto e desenvolvimento do software, observam-se que mais de 50% do tempo e custos de um projeto de software são gastos com atividades de teste e manutenção (ANTONIONI; ROSA, 1995).

O efetivo gerenciamento dos processos é crítico para o sucesso dos negócios, nestas organizações desenvolvedoras de produtos e serviços de software (SEI, 2010).

O foco no processo providencia uma infraestrutura que permite às empresas maximizar a produtividade das pessoas e o uso de tecnologias tornando-se mais competitiva em um mundo de constantes mudanças (SEI, 2010).

Na década de 80, Watts S. Humphrey adaptou os princípios de qualidade definidos por Walter Shewhart e refinados por W. Edwards Deming, Phillip Crosby e Joseph Juran, para a realidade do desenvolvimento de software (FLORAC; CARLETON, 1999). Humphrey criou um “framework” de níveis de maturidade de processos de software, com o objetivo de obter processos de software controlados e medidos como uma base para melhoria contínua (FLORAC; CARLETON, 1999).

No mercado atual, existem modelos de maturidade, padrões, metodologias e guias que podem ajudar as organizações a melhorar os seus processos. Muitos destes modelos são baseados nos princípios básicos e conceitos definidos por Humphrey (SEI, 2010).

De acordo com SEI (2010), os modelos de maturidade têm o foco na melhoria dos processos de uma organização. Estes modelos são compostos por elementos que permitem que os processos sejam efetivos e descrevem a evolução do caminho de melhoria desde um processo imaturo e caótico até um processo que seja maduro e eficaz.

Segundo Reinehr (2008), a mudança cultural que envolve a adoção de modelos de maturidade nem sempre é fácil de ser administrada, pois apesar de se tratar de assunto comum em outras áreas da engenharia, para software ainda é assunto não trivial.

2.2.1 CMMI – Capability Maturity Model Integration

Com o objetivo de ajudar o Departamento de Defesa dos EUA a avaliar a qualidade de seus fornecedores de software, o SEI – *Software Engineering Institute*, situado na Universidade de Carnegie Mellon em Pittsburgh nos EUA, criou o SW-CMM (*Capability Maturity Model para Software*) (PFLEEGER, 2001). O SW-CMM foi a primeira versão do que hoje é conhecido como CMMI – *Capability Maturity Model Integration* (SEI, 2010). O CMMI é um modelo de maturidade de processos que agrupa as melhores práticas para atividades de desenvolvimento e manutenção de software. Este modelo objetiva o sucesso das iniciativas de melhoria de processos nas organizações (SEI, 2010). O modelo CMMI está estruturado em níveis que são usados para descrever a evolução das organizações que querem melhorar seus processos. Existem duas formas de evoluir nos níveis do CMMI, que são chamadas de representações.

A representação chamada Contínua apresenta o conceito de níveis de capacidade; e a representação por Estágios, apresenta o conceito de níveis de maturidade (SEI, 2010), a saber:

- Nível de capacidade: É caracterizado pela melhoria que uma área de processo individual pode alcançar para atingir seus objetivos de negócio. Existem 6 níveis de capacidade numerados de 0 a 5 (SEI, 2010).
- Nível de maturidade: É caracterizado pela melhoria alcançada através de um grupo de áreas de processos em que todos atingem seus objetivos. Existem 5 níveis de maturidade numerados de 1 a 5 (SEI, 2010) (SOFTEX, 2011a).

O Quadro 2-2 apresenta a comparação dos níveis de maturidade e níveis de capacidade do modelo CMMI.

NÍVEL	REPRESENTAÇÃO CONTÍNUA (Níveis de Capacidade)	REPRESENTAÇÃO POR ESTÁGIOS (Níveis de Maturidade)
Nível 0	Incompleto	NA
Nível 1	Executado	Inicial
Nível 2	Gerenciado	Gerenciado
Nível 3	Definido	Definido
Nível 4	Gerenciado Quantitativamente	Gerenciado Quantitativamente
Nível 5	Otimizado	Otimizado

Quadro 2-2. Níveis de Maturidade x Níveis de Capacidade. Adaptado de SEI (2010).

A Figura 2-1, apresenta uma estrutura das áreas de processo do CMMi, agrupadas nas quatro categorias.

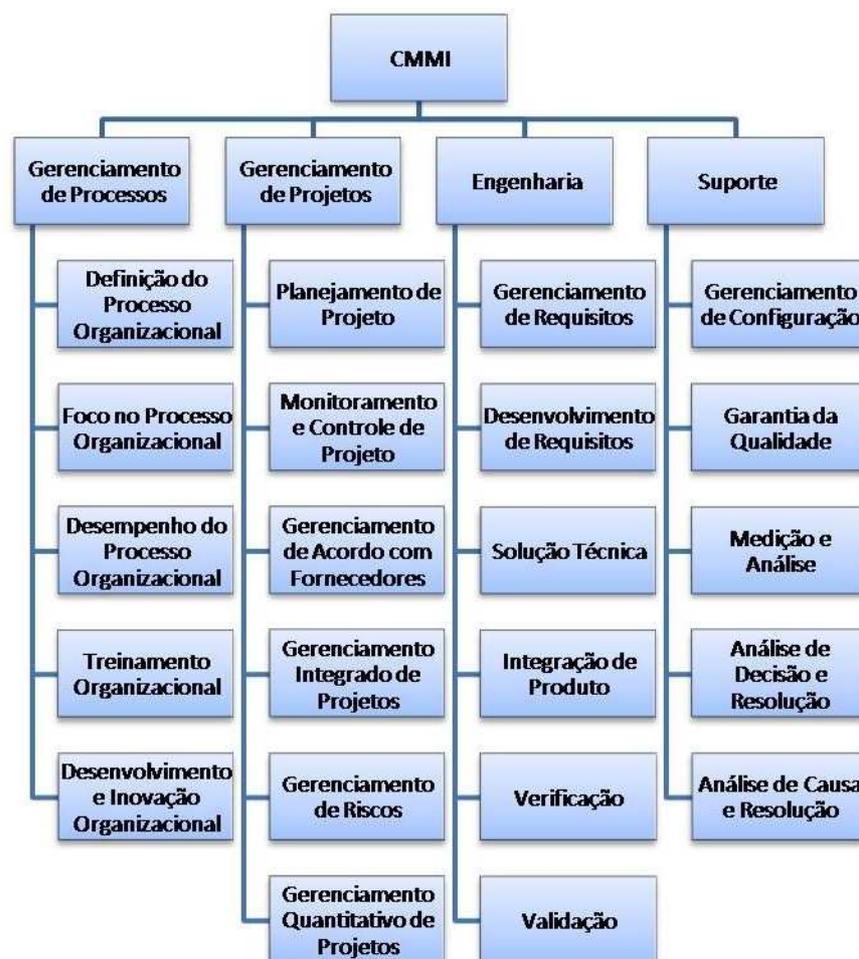


Figura 2-1. Estrutura do CMMi – Representação Contínua. Adaptado de (SEI, 2010).

Para suportar a representação por estágios, o modelo CMMi agrupa as áreas de processo em 5 níveis de maturidade (SEI, 2010):

- Nível 1 – Inicial: Neste nível, os processos são desorganizados e caóticos, geralmente as organizações produzem seus produtos e serviços, mas seu orçamento e prazos excedem o planejado. Não existem áreas de processo associadas a esse nível.
- Nível 2 – Gerenciado: Neste nível, os projetos da organização são o foco. A execução e o gerenciamento dos projetos são feitos de acordo com o seu planejamento.
- Nível 3 – Definido: Neste nível, o foco passa a ser a organização e seu conjunto de processos. A definição e a melhoria dos processos ao longo do tempo possibilitam um entendimento da relação entre as atividades dos processos, além da medição das áreas de processo mostrando uma organização mais madura do que a de nível 2.
- Nível 4 - Gerenciado Quantitativamente: Neste nível, o entendimento dos processos é baseado em análise estatística conforme as necessidades da organização e causas especiais de variação no comportamento dos processos são identificadas e corrigidas para prevenir problemas futuros.
- Nível 5 – Otimizando: Neste nível, o foco da organização é na melhoria contínua onde os objetivos quantitativos são periodicamente revisados para suportar as mudanças nos objetivos de negócio com impacto minimizado.

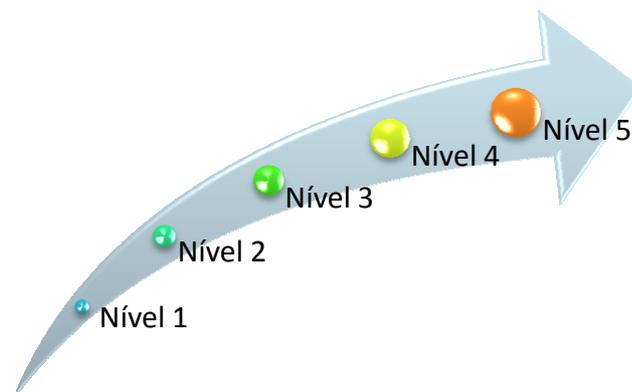


Figura 2-2: Evolução dos níveis de maturidade do CMMI. Adaptado de (SEI, 2010).

No modelo CMMI, o controle é central para alcançar os objetivos de negócios e os objetivos de trazer sucesso para a organização de software. Neste sentido

pode-se dizer que o modelo CMMI se assemelha muito à Norma ISO 9000 (FLORAC; PARK; CARLETON, 1997).

NÍVEL DE MATURIDADE	ÁREAS DE PROCESSO
2	<ul style="list-style-type: none"> • Gerenciamento de Requisitos • Planejamento de Projeto • Monitoramento e Controle de Projeto • Gerenciamento de Acordo com Fornecedores • Gerenciamento de Configuração • Garantia da Qualidade • Medição e Análise
3	<ul style="list-style-type: none"> • Definição do Processo Organizacional • Foco no Processo Organizacional • Treinamento Organizacional • Gerenciamento Integrado de Projetos • Gerenciamento de Riscos • Desenvolvimento de Requisitos • Solução Técnica • Integração de Produto • Verificação • Validação • Análise de Decisão e Resolução
4	<ul style="list-style-type: none"> • Desempenho do Processo Organizacional • Gerenciamento Quantitativo de Projetos
5	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvimento e Inovação Organizacional • Análise de Causa e Resolução

Quadro 2-3. Estrutura do CMMI – Representação por Estágios. Adaptado de (SEI, 2010).

Além do modelo CMMI, outro modelo bastante representativo é o modelo MPS.BR, que se apresentou na próxima seção.

2.2.2 MPS.BR – Melhoria do Processo de Software Brasileiro

Ainda no contexto de modelos de maturidade de processos de software, foi criado em 2003, o programa MPS.BR, sigla para Melhoria do Processo de Software Brasileiro, cujo objetivo era maximizar a excelência do software no território nacional, focando principalmente as pequenas e médias empresas (SOFTEX, 2011a).

O MPS.BR é apoiado por 3 frentes de trabalho, sendo elas: Indústria, Governo e Academia, o que torna esse programa, um candidato potencial ao alcance de sucesso no longo prazo.

Vinculado ao programa MPS.BR está o modelo MR-MPS, um arcabouço de boas práticas de Engenharia de Software, constituído por guias de referência que orientam a disseminação deste modelo (SOFTEX, 2011a).

De acordo com a SOFTEX (2011a), o modelo MR-MPS está baseado fundamentalmente na Norma Internacional ISO/IEC 12207:2008 (ISO/IEC, 2008) , na Norma Internacional ISO/IEC 15504 (ISO/IEC, 2003) e no modelo CMMI-DEV (*Capability Maturity Model Integration for Development*) (SEI, 2010).

A Figura 2-3, apresenta os componentes do modelo MR-MPS, que se encontram divididos em 3 partes, sendo elas, de acordo com SOFTEX (2011a):

- Modelo de Referência (MR-MPS): O modelo de referência contém todas as informações necessárias para orientar as empresas que desejam atingir um nível de maturidade, incluindo o Guia Geral, que apresenta os níveis de maturidade e resultados esperados para os processos, e atributos de processo, os Guias de Implementação, que norteiam a implementação de cada resultado esperado e atributos de processos nos diferentes níveis de maturidade e o Guia de Aquisição que contém boas práticas a serem seguidas pelas empresas que desejam adquirir software e serviços correlatos (SANTOS; WEBER; ROCHA, 2009).
- Método de Avaliação (MA-MPS): O Guia de Avaliação é caracterizado por um documento que contém o processo de avaliação e o método de avaliação MA-MPS, a ser seguido por todos os avaliadores líderes e adjuntos credenciados para realizarem avaliações MPS, além dos

requisitos necessários para os avaliadores e Instituições Avaliadoras (IA) (SANTOS; WEBER; ROCHA, 2009).

- Modelo de Negócio (MN-MPS): O modelo de negócio contém informações sobre as regras de negócio a serem seguidas pelas Instituições Implementadoras (II), Instituições Organizadoras de Grupos de Empresas (IOGE), Consultores de Aquisição (CA), avaliações seguindo o MA-MPS, além de cursos e treinamentos promovidos para o aperfeiçoamento dos profissionais envolvidos com o modelo MPS e comunidade. O modelo de negócio se apresenta como um dos grandes diferenciais do modelo MPS, pois uma de suas características é constituir um “modelo de negócio cooperado”, ou seja, empresas que se agrupam em cooperativas e dividem os custos com implementação, avaliação, atividades de treinamento entre outras (SANTOS; WEBER; ROCHA, 2009).

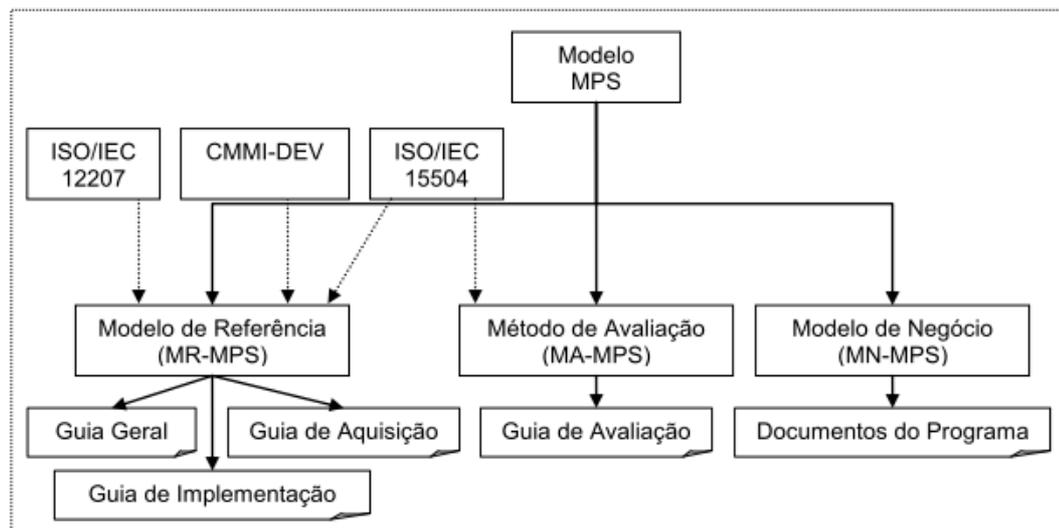


Figura 2-3. Componentes do Modelo MPS (SOFTEX, 2011a)

Assim como modelo CMMI, o MPS está dividido em níveis de maturidade que contém processos a serem seguidos pelas organizações em busca de melhoria no seu desenvolvimento de software. O MPS está dividido em 7 níveis de maturidade que agrupam os processos com seus respectivos resultados esperados.

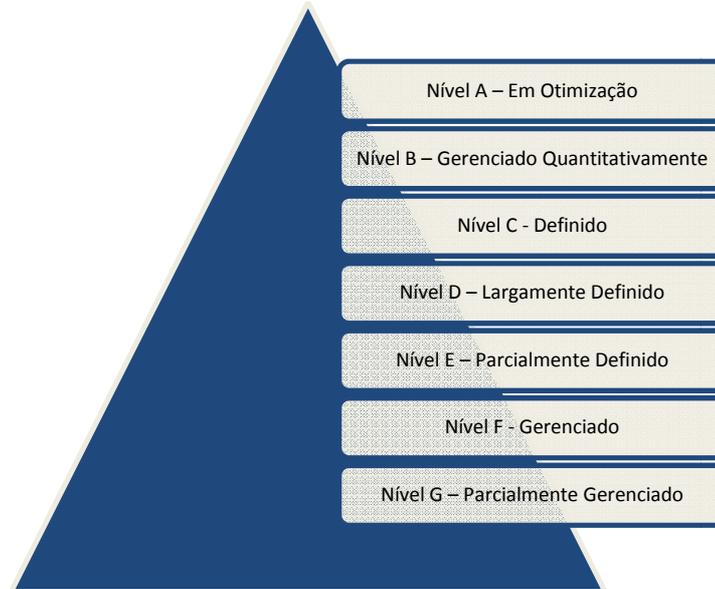


Figura 2-4. Níveis do modelo MPS, adaptado de (SOFTEX, 2011a)

Os níveis de maturidade do modelo MR-MPS são correspondentes aos níveis de maturidade do CMMI, mas divididos de forma a proporcionar às empresas a adoção de melhoria de processos de forma mais gradual e evolutiva, se enquadrando no contexto de pequenas e médias empresas (REINEHR, 2008).

NÍVEL CMMI	NÍVEL MR-MPS
Nível 1- Inicial	-----
Nível 2 - Gerenciado	Nível G – Parcialmente Gerenciado e Nível F – Gerenciado
Nível 3 - Definido	Nível E – Parcialmente Definido Nível D – Largamente Definido Nível C – Definido
Nível4 - Gerenciado Quantitativamente	Nível B - Gerenciado Quantitativamente
Nível 5 - Otimizando	Nível A – Em otimização

Quadro 2-4. Níveis do CMMI x Níveis do MPS. Adaptado de (REINEHR, 2008).

Os processos estão agrupados nos níveis de maturidade do modelo MPS, de forma similar a representação por estágios do modelo CMMI, representado conforme o Quadro 2-5.

NÍVEL DE MATURIDADE	PROCESSO
G	<ul style="list-style-type: none"> • Gerência de Projetos • Gerência de Requisitos
F	<ul style="list-style-type: none"> • Medição • Garantia da Qualidade • Gerência de Portfólio de Projetos • Gerência de Configuração • Aquisição
E	<ul style="list-style-type: none"> • Gerência de Projetos (evolução) • Gerência de Reutilização • Gerência de Recursos Humanos • Definição do Processo Organizacional • Avaliação e Melhoria do Processo Organizacional
D	<ul style="list-style-type: none"> • Verificação • Validação • Projeto e Construção do Produto • Integração do Produto • Desenvolvimento de Requisitos
C	<ul style="list-style-type: none"> • Gerência de Riscos • Desenvolvimento para Reutilização • Gerência de Decisões
B	<ul style="list-style-type: none"> • Gerência de Projetos (evolução)
A	Não contêm processos apenas atributos de processo

Quadro 2-5. Estrutura do MPS. Adaptado de (SOFTEX, 2011a).

Segundo Reinehr (2008), além dos resultados esperados dos processos (REP), o modelo MPS é constituído de resultados de atributos de processos (RAP), que indicam o grau de institucionalização dos processos na organização. Estes resultados caracterizam a capacidade do processo (SOFTEX, 2011a).

Para este estudo torna-se relevante o aprofundamento do conhecimento do processo de Controle de Mudanças, tanto no aspecto dos modelos de maturidade quanto no aspecto da Engenharia de Software de modo geral, o que segue apresentando na próxima seção.

2.3 Controle de Mudanças

2.3.1 Controle de Mudanças nos Projetos de Software

Raramente um projeto ocorre sem mudanças durante o seu andamento. O cliente ou a própria equipe de desenvolvimento pode identificar a necessidade de alguma alteração, em virtude de métodos mais eficientes de realizar uma tarefa ou de correção de erros cometidos em fases anteriores do projeto (HELDMAN, 2006).

De acordo com o SEI (2010), as mudanças em projetos de software não ocorrem apenas no contexto de requisitos, que poderão ser incluídos, excluídos ou modificados, mas também em virtude de falhas e defeitos nos produtos de trabalho.

Uma Solicitação de Mudança de Software frequentemente é caracterizada como um problema, mas essa conceituação nem sempre é verdadeira (ROYCE,1998). Mudanças podem causar efeitos positivos ou negativos nos projetos, o importante é saber lidar com essas mudanças, entender o que elas significam e qual o impacto no contexto do projeto (HELDMAN, 2005).

Royce (1998), classifica as mudanças em software em cinco tipos conforme o Quadro 2-6:

TIPO	DEFINIÇÃO
0	Falhas críticas, defeitos que sempre são corrigidos antes de um <i>release</i> externo.
1	Bugs ou defeitos que não impedem o funcionamento do sistema.
2	Melhorias que respondem a defeitos.
3	Mudanças que atualizam os requisitos.
4	Mudanças que não são acomodadas em outras características.

Quadro 2-6. Tipo de Solicitações de Mudança. Adaptado de (ROYCE,1998).

De acordo com Heldman (2005), as mudanças ocorrem por diversos fatores, entre eles estão: solicitações originárias dos clientes e dos integrantes da equipe do projeto, integrantes importantes que deixam a equipe, cortes de orçamento, mudanças organizacionais, como reestruturação das unidades de negócio, medição e inspeções, que descobrem variações de processos e erros que precisam ser corrigidos, além de mudanças indiretas que podem ser originárias de ações corretivas necessárias para o projeto.

Em SOFTEX (2011a) os autores afirmam que toda a solicitação de mudança, seja ela relacionada ou não a requisitos, deve ser registrada e um histórico sobre as decisões tomadas em relação a essas mudanças deve ser armazenado para consultas futuras.

2.3.2 Controle de Mudanças nos Modelos de Qualidade

Os modelos de maturidade CMMI (SEI, 2010) e MPS (SOFTEX, 2011a), descritos nas seções anteriores, não contemplam uma área específica para o tratamento das mudanças solicitadas nos projetos de software. Esse tratamento está contido em práticas específicas e resultados esperados nas áreas de Gerência de Requisitos e Gerência de Configuração .

Segundo Royce (1998), Gerência de Configuração e Gerência de Mudanças são atividades críticas que podem consumir aproximadamente 25% dos recursos de um projeto de larga escala. O Quadro 2-7, apresenta os pontos onde os modelos CMMI e MPS tratam o contexto de mudanças.

MODELO	ÁREA DE PROCESSO	PRÁTICA/RESULTADO
CMMI	Gerência de Requisitos (REQM – Requirements Management)	SP1.3 - Gerenciar Mudanças de Requisitos.
	Gerência de Configuração (CM – Configuration Management)	SP2.1 - Rastrear Solicitações de Alteração. SP2.2 - Controlar Itens de Configuração.
MPS	Gerência de Requisitos	GRE5 - Mudanças nos requisitos são gerenciadas ao longo do projeto.
	Gerência de Configuração	GCO5 - Modificações em itens de configuração são controladas GCO6 - O armazenamento, o manuseio e a liberação de itens de configuração e <i>baselines</i> são controlados.

Quadro 2-7. Mudanças no CMMI e MPS. Adaptado de (SEI, 2010) e (SOFTEX, 2011a).

Em se tratando de Gerência de Requisitos, o foco dos modelos de qualidade CMMI e MPS está na solicitação de mudança de requisitos, na análise de impacto

desta solicitação no que diz respeito a outros requisitos afetados pela mudança, impactos no cronograma, custos e recursos do projeto, sempre considerando a rastreabilidade envolvida na solicitação de mudança (SEI, 2010)(SOFTEX, 2011a).

No que diz respeito à Gerência de Configuração, cuja responsabilidade é o acompanhamento da evolução dos produtos de trabalho, a preocupação dos modelos CMMI e MPS com as mudanças ocorre principalmente com as alterações em *baselines*, ou seja, nas versões estáveis utilizadas como referência para as demais etapas do desenvolvimento (SEI, 2010)(SOFTEX, 2011a).

A Figura 2-5, apresenta as etapas de controle de mudanças conforme o processo de Gerência de Configuração.

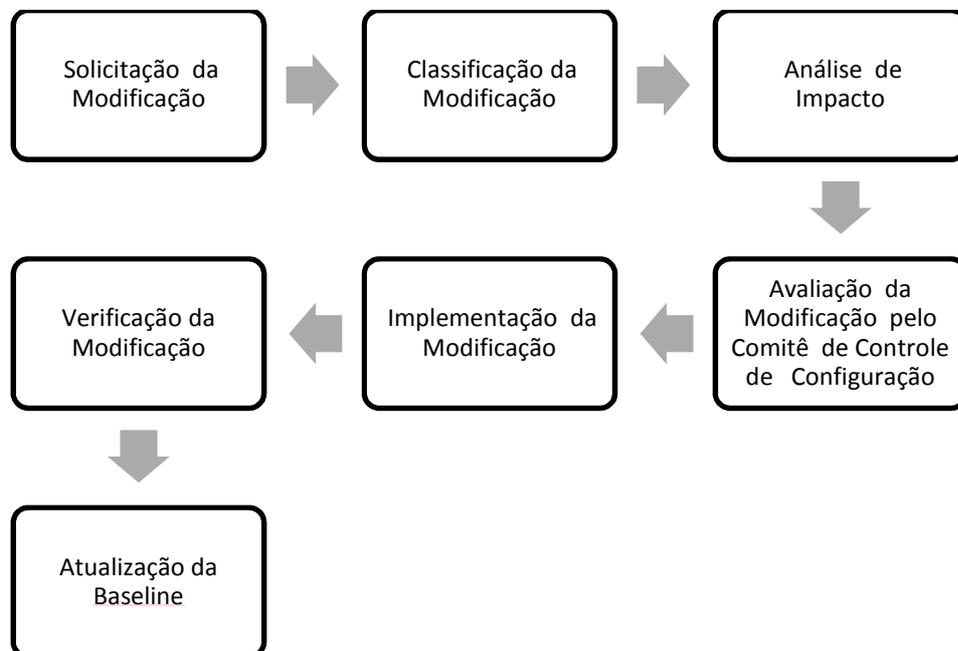


Figura 2-5. Mudanças na Gerência de Configuração. Adaptada de (SOFTEX, 2011a).

O ciclo de mudança inicia conforme a Figura 2-5, com uma solicitação de mudança que pode ser uma correção, uma melhoria, uma adaptação ou uma prevenção de um defeito. Logo na sequência a mudança será classificada quanto à sua prioridade de tratamento e uma análise do seu impacto será conduzida, verificando custos, recursos e prazo, bem como uma definição de proposta de execução desta mudança. Após as etapas iniciais de registro e análise da mudança, o Comitê de Controle da Configuração, responsável por tomada de decisões em relação a mudanças, aprova ou não a execução da mudança, podendo também ser armazenada para execução em momentos futuros. Caso a mudança seja aprovada,

será executada, testada e uma nova *baseline* com essa mudança incorporada será disponibilizada aos interessados.

2.4 Retrabalho no Processo de Software

Um denominador comum para qualquer empresa é que erros e defeitos são caros. Quanto mais um erro permanece sem correção, maior o custo para corrigi-lo (DEMING,1990). Garvin (1992), diz que é melhor prevenir a ocorrência de defeitos do que ter o retrabalho para corrigi-los.

Crosby (2000) define que o foco no processo garante que a qualidade seja acompanhada ao longo do tempo, diminuindo a necessidade de refazer o trabalho.

A literatura apresenta diversos conceitos de retrabalho, sumarizados no Quadro 2-8.

DEFINIÇÃO	AUTOR
Retrabalho é definido como qualquer esforço adicional requerido para encontrar e consertar problemas após documentos e código estarem formalmente assinalados como parte da gerência de configuração. Incluindo esforço de desenvolvimento durante a integração e testes de sistema, mas excluindo o final das fases verificação e validação.	(KITCHENHAM; PFLEEGER,1996)
Retrabalho é definido como trabalho fora do planejado e operacionalizado pela medição de números de mudanças internas, número de anomalias internas reportadas e número de mudanças nos pacotes que transitam desde o desenvolvimento inicial até o desenvolvimento completo.	(KAGAWA; HACKYSTAT, 2004)
Retrabalho é definido como o custo das alterações, que inclui o esforço de analisar, resolver e re-testar as mudanças aplicadas às <i>baselines</i> do software.	(ROYCE,1998)
Retrabalho é definido pelo esforço desnecessário para refazer um processo ou atividade que foi executada incorretamente da primeira vez.	(LOVE; IRANI; EDWARDS, 2004)

Retrabalho é definido como uma atividade considerada completa, mas que não satisfaz o cliente. Consequentemente é requerido que seja alterada para estar de acordo com os requisitos do cliente, incluindo defeitos e variações que podem ocorrer a qualquer momento e em qualquer processo. (LOVE; IRANI; EDWARDS, 2004)

Retrabalho é esforço adicional no progresso para completar o projeto. É definido como fatores escondidos onde são considerados custos que envolvem a recuperação de partes defeituosas e contribuem para a saída final. (FORD, 1995)

Quadro 2-8. Conceitos de Retrabalho. Fonte: o Autor.

O conceito que mais se enquadra com os objetivos desta pesquisa é o apresentado por Royce (1998), que diz que “Retrabalho é definido como o custo das alterações, que inclui o esforço de analisar, resolver e re-testar as mudanças aplicadas às baselines do software.”

Este conceito é reforçado por (COSTA; EPPRECHT; CARPINETTI, 2009), que dizem que: “o custo de falhas internas engloba os custos com itens não-conformes descobertos antes de chegarem ao consumidor, como custos de retrabalhos, de refugos e de ações corretivas.”

Segundo Royce (1998), para projetos saudáveis, a tendência de retrabalho é diminuir ou estabilizar ao longo do tempo. Nem todas as mudanças nos projetos são iguais, algumas podem demandar algumas horas, outras até semanas de trabalho da equipe.

Em um processo de desenvolvimento de software são esperadas que mudanças em fases mais iniciais do projeto como, por exemplo, mudanças de arquitetura, que afetam muitos componentes, necessitem de mais retrabalho do que mudanças que ocorrem em fases mais avançadas do projeto como, por exemplo, na codificação, onde a tendência é ser envolvido um número reduzido de pessoas ou componentes (ROYCE, 1998).

De acordo com (BOEHM; BASILI, 2001), projetos de software gastam de 40% a 50% de seu esforço com retrabalho evitável, ou seja, o esforço gasto para consertar dificuldades nos projetos de software que poderiam ser descobertas em fases iniciais e corrigidas com menos esforço ou até mesmo evitadas.

Novos processos e práticas tendem a aumentar a qualidade do produto final. Com o aumento da qualidade, a remoção dos defeitos passa a ocorrer em fases mais iniciais, reduzindo assim o retrabalho (TRAVASSOS; KALINOWSKI, 2009).

Uma das maneiras de reduzir o retrabalho em projetos de software é analisar os problemas relatados durante as fases de testes e operação, pois estes são a informação mais importante para a uma decisão de melhoria de processo (DAMM; LUNDBERG, WOHLIN, 2008).

Retrabalho está diretamente relacionado às solicitações de mudanças em software. De acordo com Royce (1998), as solicitações de mudanças são instâncias de retrabalho e podem ser classificadas em cinco tipos, conforme Quadro 2-9.

Para cada tipo de mudança existe um esforço com retrabalho associado, pois cada tipo de mudança tem um grau de influência no projeto. O Quadro 2-9 apresenta uma discussão sobre o retrabalho associado com cada tipo de mudança.

TIPO	DEFINIÇÃO	RETRABALHO ASSOCIADO
0	Falhas críticas, defeitos que sempre são corrigidos antes de um <i>release</i> externo.	Retrabalho devido à má qualidade do componente.
1	<i>Bugs</i> ou defeitos que não impedem o funcionamento do sistema.	Idem tipo 0.
2	Melhorias que respondem a defeitos.	Retrabalho para alcançar uma melhor qualidade.
3	Mudanças que atualizam os requisitos.	Retrabalho para acomodar as mudanças de requisitos originadas pelo cliente.
4	Mudanças que não são acomodadas em outras características.	Retrabalho conforme a sua gravidade.

Quadro 2-9. Retrabalho x Solicitação de Mudança. Adaptado de (ROYCE,1998).

Royce (1998) completa a relação entre retrabalho e tipos de solicitação de mudanças, explicitando que mudanças do tipo 0 e 1, indicam que a *baseline* atual está inadequada e devido a isto, o retrabalho ocorre. Em se tratando das mudanças do tipo 2, o retrabalho contribui para o aumento da qualidade do produto final. Sendo muito sutis as diferenças entre esses 3 tipos de solicitações de mudança, as métricas relacionadas a elas podem ser coletadas e analisadas de forma conjunta.

Quando são analisadas as mudanças do tipo 3, caracterizadas tipicamente como mudança de escopo, observa-se que o retrabalho para tratar essas

solicitações de mudança será proporcional ao impacto desta mudança nos vários níveis do projeto, bem como, nas variações dos testes de regressão associados (ROYCE,1998).

Entrando no contexto de testes, os processos de Verificação e Validação (V&V) estão muito relacionados à prevenção de retrabalho, pois de acordo com ANDERSSON (2003), as atividades de V&V, realizadas desde o início do ciclo de vida dos projetos, permitem que falhas sejam descobertas o mais cedo possível.

Considera-se que os custos para detectar e corrigir falhas nas fases de projeto e codificação são de 10 a 100 vezes menores do que para correção de falhas encontradas durante a fase de testes (BOEHM, 1981). De uma forma simplificada, Boehm (1981) descreve os conceitos de V&V da seguinte forma:

- Verificação: Estabelecer a correspondência entre o produto de software e sua especificação, ou seja, “Construir certo o produto”.
- Validação: Estabelecer a aptidão do produto de software para alcançar seu objetivo operacional, ou seja, “Construir o produto certo”.

Os processos de V&V e Gerência de Configuração, executados conjuntamente em cada fase do ciclo de vida do software, ajudam a prevenir que mudanças sejam detectadas nas fases mais avançadas do ciclo de vida do projeto, com isso reduzindo o esforço para sua correção (BOEHM, 1981).

Uma maior ênfase na qualidade do software, dando atenção aos pontos finais das fases do ciclo de vida, proporciona um software mais competitivo, pois os custos com esforços adicionais para correção de mudanças que podem afetar os produtos, processo e precisão de estimativas serão minimizados (BOEHM, 2000).

2.5 Medição de Retrabalho

Medição em software é essencial para garantir uma boa engenharia, além de um efetivo gerenciamento de projetos onde atributos de processo e projeto são medidos para controlar prazos e custos de projeto (FENTON; PFLEEGER, 1997).

Medidas são a base para detectar desvios no comportamento dos processos, além de auxiliar a identificar oportunidades de melhoria de processos (FLORAC; PARK; CARLETON, 1997).

No contexto de medição de retrabalho, Royce (1998) define Esforço de Retrabalho como a quantidade total de horas gastas para corrigir as alterações requeridas pelas solicitações de mudança de software. É dada pela

Equação 2-1:

Equação 2-1. Esforço de Retrabalho (ROYCE,1998).

$$E = \sum Hm$$

Onde: Hm é a quantidade de horas gastas com correções de mudanças (análise, codificação, testes e documentação).

Sargut e Demirors (2006) confirmam a definição de Royce (1998) e completam com a definição de porcentagem de retrabalho, como sendo a relação entre o esforço de retrabalho e esforço total do projeto.

Esta medida pode ser utilizada para comparar o esforço de retrabalho em várias instâncias do processo, sendo representada pela Equação 2-2.

Equação 2-2. Porcentagem de retrabalho (SARGUT; DEMIRORS, 2006).

$$A = \frac{E}{n}$$

Onde: A variável E representa o esforço de retrabalho e n representa o esforço total do projeto.

Considera-se que o retrabalho aumenta os custos dos projetos sem adicionar valor ao produto. A quantidade de retrabalho é um bom indicador de qualidade do processo (SARGUT; DEMIRORS, 2006).

Royce (1998) explicita que as medições realizadas a respeito de retrabalho são subdividas em esforço gasto com análise, codificação, testes e documentação das mudanças executadas.

O Quadro 2-10 apresenta uma relação das horas gastas em cada fase da resolução de uma mudança de software.

Solicitações de mudanças podem estar relacionadas a linhas de código (SLOC – Source Lines of Code), pontos por função, arquivos, componentes ou classes dependendo da natureza do projeto (ROYCE,1998).

ATIVIDADE	HORAS GASTAS POR FASE
Análise	# de horas gastas para entender a mudança (re-criar e compilar os problemas de mudanças do tipo 0 e 1; analisar e criar protótipos de soluções alternativas para mudanças dos tipos 2 e 3).
Codificação	# de horas gastas para projeto e codificação da solução.
Testes	# de horas gastas para testar a solução.
Documentação	# de horas gastas para atualizar outros artefatos afetados pela mudança, como por exemplo, manuais de usuário e documentação de versão.

Quadro 2-10. Horas gastas por fase nas mudanças. Adaptado de (ROYCE,1998).

Sargut e Demirors (2006) explicam que a porcentagem de retrabalho pode ser medida em pontos do projeto, como por exemplo, final de fases do ciclo de vida ou em processos específicos. Além de ser possível essa medição de forma isolada na execução dos processos (periodicamente), ou seja, sem vínculo com fases do ciclo de vida.

A análise da porcentagem de retrabalho conjuntamente com a densidade de defeitos pode proporcionar uma maior confiança na interpretação de resultados (SARGUT; DEMIRORS, 2006).

2.6 Controle Estatístico de Processos

O primeiro passo no controle de um processo é entender o que ele faz. Todos os processos têm objetivos de produzir resultados e esses resultados são passíveis de serem medidos e observados. Quando um processo não é entregue com a qualidade desejada, é possível avaliar as causas que originaram este desvio e avaliar ajustes e melhoria nestes processos (FLORAC; PARK; CARLETON, 1997).

O controle da qualidade tem se tornado um assunto em crescente expansão, pois possibilita que as características do processo avaliado sejam comparadas com um padrão pré-determinado. Com o aumento da qualidade dos produtos, conseqüentemente ocorre o aumento dos lucros (WALPOLE et al, 2009).

Do ponto de vista de fundamentação teórica, o Controle da Qualidade se baseia nos princípios do Controle Estatístico de Processos, cujo precursor foi Walter A. Shewhart na década de 20, que aplicava estes conceitos na área de manufatura. Shewhart em 1931, dizia que “Um fenômeno pode ser dito controlado quando

através de informações das experiências passadas, nós podemos prever, pelo menos dentro de limites, como este fenômeno terá a sua variação no futuro” (FLORAC; PARK; CARLETON, 1997).

O Controle Estatístico de Processos, com o objetivo de entender e controlar o comportamento dos processos, permite a detecção de variações e a análise das causas destas variações possibilitando melhorar a qualidade do processo (WHEELER, 1999).

Controlar um processo significa fazer com que ele se comporte como esperado e que o seu comportamento seja repetível, permitindo então que os planos criados se tornem atingíveis. Um processo controlado é um processo estável e passível de previsão (FLORAC; PARK; CARLETON, 1997).

Wheeler (1999) afirma que o Controle Estatístico de Processos (CEP) “é uma maneira de pensar utilizando-se algumas ferramentas associadas”, ou seja, é um framework que auxilia no entendimento do processo, focando nas informações relevantes fornecidas.

2.6.1 Comportamento do Processo

A Era da Informação se caracteriza nos tempos atuais pela grande quantidade de informações numéricas, tais como, índices econômicos, pesquisas de opinião, saúde pública entre outros. Estas informações circulam diariamente pelos meios de comunicação e afetam milhares de pessoas. Uma grande questão a ser discutida é se realmente aqueles que recebem estas informações estão entendendo o objetivo a que elas se propõem. Muitas vezes estas informações são apresentadas de forma aleatória e até mesmo heterogênea, dificultando sua interpretação.

A dificuldade na análise numérica não é uma novidade para o ser humano, o processo se inicia na formação escolar onde as operações básicas são ensinadas sem uma atenção à construção do conhecimento, que deve ser metódico e cumulativo (WHEELER, 1999).

A mente humana tem dificuldade para trabalhar com grandes quantidades de dados. Devido a isto, é necessário a utilização de ferramentas que apresentem estes dados de uma forma que seja possível a sua análise dentro de um contexto que não distorça a sua interpretação.

Segundo Wheeler (1999), a melhor forma de representação dos dados dentro um contexto são os gráficos, eles apresentam as informações relevantes, removendo os dados desnecessários.

Pensando em uma melhor forma de apresentar os dados e entender o comportamento do processo por trás destes dados, Shewhart criou os Gráficos de Controle também conhecidos por Gráficos de Comportamento do Processo, que além de um instrumento capaz de apresentar os dados, também possibilita identificar quando um processo está com problemas (WHEELER, 1992).

Segundo Walpole et al (2009) “o objetivo de um gráfico de controle é determinar se o desempenho de um processo está mantendo um nível de qualidade aceitável”.

Os gráficos de controle são aplicados sobre uma base histórica de dados coletados com uma frequência temporal. Eles permitem representar a variabilidade natural do processo dentro limites previsíveis calculados estatisticamente (MONTONI et al, 2007).

Os gráficos de controle permitem observar a distinção entre uma variação controlada e uma variação fora de controle, além de permitir um aprendizado sobre as relações causa e efeito dominantes (WHEELER, 1992).

Carleton e Paulk (1997) justificam o uso dos gráficos de controle explicando que eles representam a “Voz do Processo”. Permitem o conhecimento sobre o que os processos fazem e a determinação de objetivos alcançáveis, além de fornecerem evidências sobre a estabilidade do processo.

A Figura 2-6, apresenta um exemplo de gráfico de controle de linhas de código comentadas por módulo do sistema, onde é possível identificar uma linha central utilizada para detectar mudanças ou tendências. Estão representados também os limites superior e inferior, calculados a partir dos dados e utilizados para detectar as variações rotineiras ou excepcionais (WHEELER, 1992).

Os limites de controle são estabelecidos com o objetivo de evitar uma impressão errada a respeito do comportamento de um processo, considerando que este esteja fora de controle quando na verdade não está (WALPOLE et al, 2009).

Shewhart faz uma distinção na variabilidade dos números, em variação rotineira e excepcional (WHEELER, 1992):

- Uma variação rotineira é uma variação natural do processo, que se encontra dentro dos limites aceitáveis. Um processo que apresenta

apenas esse tipo de variação é dito estar *sob Controle Estatístico*, ou seja, está estável e é previsível (WALPOLE et al, 2009).

- Uma variação excepcional é considerada uma mudança no processo e está fora dos limites aceitáveis. Essa variação indica que o processo está fora de controle (WALPOLE et al, 2009).

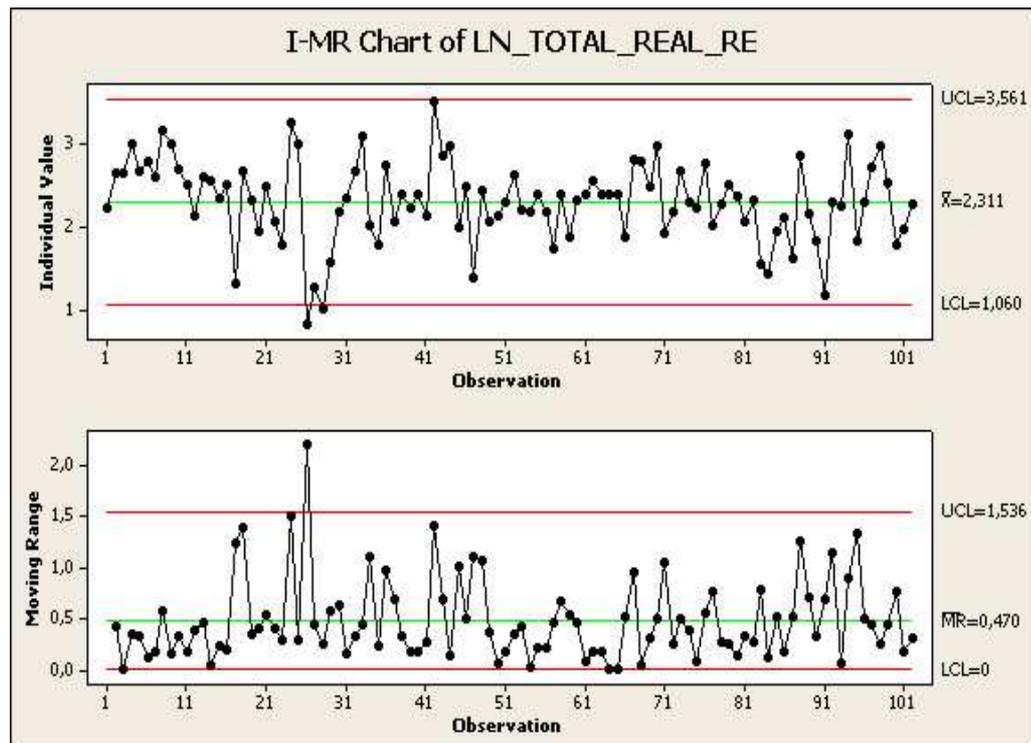


Figura 2-6. Exemplo de Gráfico de Controle. Fonte: o Autor.

Existem diversos tipos de gráficos de controle sendo que cada um deles é utilizado conforme os tipos de dados que estão sendo apresentados, sendo subdivididos principalmente em dados discretos e dados contínuos. Um gráfico X da média (X-bar) e um gráfico da amplitude móvel (mR) formam o gráfico de controle XmR, utilizado para dados contínuos. Outros tipos de gráficos de controle são utilizados se os dados coletados forem discretos, tais como p-chart, c-chart entre outros. (FLORAC; CARLETON, 1999).

Os gráficos de controle permitem uma visualização gráfica das variações no comportamento do processo, mas nem sempre estas variações podem ser percebidas apenas com os esses gráficos. Alguns testes de estabilidade auxiliam na identificação destas variações (CARLETON; PAULK, 1997) (BARCELLOS, 2009b)

- Teste 1: É o teste mais conhecido, que verifica se existe algum valor fora dos limites estabelecidos ($\pm 3\sigma$ da linha central).
- Teste 2: Verifica se entre 3 pontos consecutivos existirem 2 fora da linha de 2σ (do mesmo lado da linha central).
- Teste 3: Verifica se entre 5 pontos consecutivos existirem 4 fora da linha de 1σ (do mesmo lado da linha central).
- Teste 4: Verifica se existem pelo menos 8 pontos consecutivos do mesmo lado da linha central.

Se algum destes testes apresentar resultado positivo, é indicada a presença de uma variação excepcional. Esse tipo de variação possivelmente está indicando uma mudança no processo, que precisa ser analisada observando os dados históricos. Ao ser notada uma mudança de processo, os limites são recalculados para representar o novo comportamento do processo (WHEELER, 1999).

A amplitude é uma medida da dispersão de um conjunto de valores, é a diferença entre os valores máximo e mínimo do conjunto de dados. Na Figura 2-6 pode ser verificada a Amplitude Móvel que indica a diferença entre a medida anterior e a atual (WHEELER, 1999).

2.6.2 Modelos de Desempenho Estatísticos

O Controle Estatístico de Processos é eficiente para detectar pontos de desvios e análise de desempenho de uma medida, identificando problemas de qualidade no processo estudado (MONTONI et al, 2007).

Segundo os autores, em SEI (2010), a análise de desempenho de processos estabelece *baselines* e modelos de desempenho para um melhor entendimento dos processos.

O conjunto dos dados históricos de um processo estável determina a *baseline* deste processo, que deve ser constantemente revisada e ajustada, conforme necessidade, para atender aos objetivos da organização. Uma forma de representar a *baseline* é através da média e limites de controle dos valores medidos (CAMPOS et al, 2007) .

Os modelos de desempenho estatísticos são uma forma de relacionar variáveis e analisá-las em conjunto, permitindo entender a influência do comportamento dessas variáveis umas em relação às outras. Os modelos de desempenho complementam o Controle Estatístico de Processos, que analisa o comportamento das variáveis de forma individual (MONTONI et al, 2007). Esses modelos estatísticos auxiliam na previsibilidade do comportamento do processo, enquanto a gerência quantitativa utiliza esses modelos e as *baselines* estabelecidas para controlar o desempenho dos processos em cada projeto (SOFTEX, 2011a).

A análise de correlação entre variáveis pode ser realizada seguindo técnicas analíticas conforme as características dos dados medidos e, a partir destas análises, os modelos de desempenho estatístico são gerados. A equação gerada ao final é uma equação linear com formato representado pela Equação 2-3.

Equação 2-3. Formato da equação de correlação (COSTA; EPPRECHT; CARPINETTI, 2009).

$$F(X) = a + bX_1 + cX_2$$

Onde: a, b e c são os coeficientes da equação final.

A Figura 2-7 apresenta uma árvore de decisão de técnicas de análise de correlação entre variáveis conforme a distribuição e as variáveis envolvidas, de acordo com (FENTON; PFLEEGER, 1997).

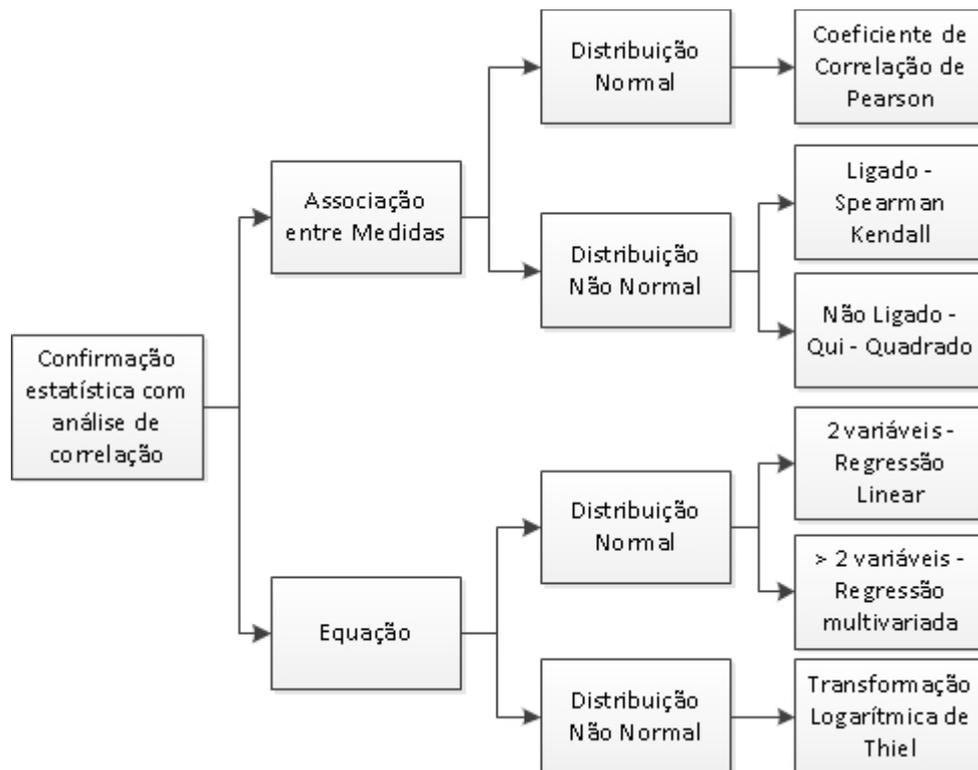


Figura 2-7. Técnicas de Análise de Correlação. Adaptada de (FENTON; PFLEEGER, 1997).

Montoni et al (2007), em sua metodologia para construção de modelos de desempenho para projetos de software, apresentam passos para a criação de modelos de desempenho estatístico, aplicados aos processos de Garantia da Qualidade de Software e Verificação. Esta metodologia contempla as seguintes etapas:

- Selecionar processos: Os processos são selecionados considerando os objetivos estratégicos da empresa, dados históricos e a sua estabilidade. Para o estudo em questão foram selecionados os processos de Garantia da Qualidade, atividade de Avaliação da Garantia da Qualidade e Verificação e atividade de Revisão por Pares. Os autores acreditavam na existência de correlação entre esses processos.
- Selecionar métricas de desempenho dos processos: Foram selecionadas métricas de cada um dos processos escolhidos com base no plano de medição organizacional. As métricas selecionadas foram Número de Problemas identificados na atividade de Garantia da Qualidade (ProblemasGQ) e Número de Problemas identificados na atividade de Avaliação Técnica de Revisão por Pares (ProblemasAP).

- Analisar a distribuição das medidas de desempenho dos processos: Para analisar a distribuição das medidas foi aplicado o teste estatístico Anderson-Darling identificando que as medidas não estavam na mesma distribuição. De acordo com os autores, devido ao universo de desenvolvimento de software ser muito variável esta característica é comum. Foi então aplicado o cálculo do logaritmo natural para reduzir o valor das medidas e deixá-las em uma distribuição normal.
- Estabelecer linha base de desempenho dos processos: Para estabelecer a linha base de desempenho é necessário que as medidas no passo anterior estejam na mesma distribuição e que os processos sejam estáveis. Para verificar a estabilidade dos processos foram usados gráficos Média e Amplitude Móvel (XmR Charts) com limites estabelecidos em 3-sigma. Identificou-se que os processos são estáveis, sendo assim, a média e os limites superior e inferior foram estabelecidos como linha base.
- Desenvolver modelos de desempenho dos processos: Para o desenvolvimento dos modelos de desempenho foi usada a técnica de Análise de Regressão considerando ProblemasGQ Normalizada como a variável independente e ProblemasAP Normalizada como variável dependente. Com base nisto, a equação foi gerada.

Além da metodologia de Montoni et al (2007), o trabalho de Campos et al (2007), apresenta orientações para aplicação da gerência quantitativa de processos de software, utilizando como objeto de estudo o processo de Desenvolvimento de Requisitos. Estas orientações estão distribuídas nas seguintes fases:

- Conhecer: Nesta fase são definidos os atributos que se deseja conhecer o desempenho. Para este estudo foi utilizado o método GQM (Goal Question Metrics) e alguns objetivos de medição foram selecionados entre eles “Conhecer a produtividade nas atividades de desenvolvimento de requisitos”. Para atender a este objetivo foram selecionadas as medidas, tamanho e esforço para as demandas de Uso da categoria complexo em um determinado período. Gráficos de Controle XmR foram gerados para analisar a estabilidade do processo.

- Estabilizar: Nesta fase o objetivo é estabilizar o processo atuando nas causas de variação especial. Para determinar a estabilidade do processo, quatro testes foram aplicados: T1 - que verifica se existem valores que ficaram fora dos limites estabelecidos em $\pm 3\sigma$ da média, T2 – que verifica se entre 3 pontos consecutivos existirem 2 fora da linha de 2σ (do mesmo lado), T3 – que verifica se entre 5 pontos consecutivos existirem 4 fora da linha de 1σ (do mesmo lado) e T4 – que verifica se 8 pontos consecutivos estiverem do mesmo lado da média. Além destes testes no gráfico da média, não podem haver pontos fora dos limites no gráfico da amplitude móvel. A baseline do processo foi gerada considerando a média, e os limites superior e inferior do processo e da amplitude móvel. Foi gerado um modelo estatístico de desempenho utilizando análise de correlação entre as variáveis tamanho (utilizada como variável dependente) e esforço (utilizada como variável independente) para as categorias de casos de uso.
- Controlar: Esta fase tem o objetivo de analisar a performance do modelo utilizando para isto a aplicação em alguns projetos piloto. Foram utilizadas neste estudo as estimativas do tamanho das demandas de Uso e inseridas no modelo gerado para estimar o esforço para cada caso de uso individual. Conforme novos projetos forem executados os resultados devem ser armazenados no repositório organizacional de medidas. E periodicamente devem ser comparados com a *baseline* do processo identificando a necessidade de uma atualização.

O Quadro 2-11 apresenta uma comparação dos passos das metodologias de construção de modelos de desempenho estatístico de Montoni et al (2007) e Campos et al (2007).

CARACTERÍSTICAS	MONTONI et al (2007)	CAMPOS et al (2007)
Selecionar Processos	Garantia da Qualidade e Verificação	Desenvolvimento de Requisitos
Selecionar Métricas de Desempenho	Número de Problemas identificados na atividade de Garantia da Qualidade (ProblemasGQ) e Número de Problemas identificados na atividade de Avaliação Técnica de Revisão por Pares (ProblemasAP).	Tamanho e esforço para as demandas de Uso da categoria complexo, em um determinado período.
Analisar Distribuição das Medidas	Teste de Anderson – Darling para testar normalidade e aplicação do logaritmo natural para normalização.	X
Analisar Comportamento do processo	Gráficos de controle XmR	Gráficos de controle XmR
Testar estabilidade do processo	X	Testes de estabilidade T1, T2, T3, T4
Estabelecer linha base de desempenho	Média e limites estabelecidos em 3-sigma.	Média e limites estabelecidos em 3-sigma.
Desenvolver Modelos de Desempenho	Análise de regressão para geração do modelo	Análise de correlação para geração do modelo
Teste do modelo	X	Utilização em projetos-piloto

Quadro 2-11. Análise comparativa entre metodologias de construção de modelos de desempenho estatístico. Adaptado de (CAMPOS et al, 2007) e (MONTONI et al, 2007).

Maxwell (2002) apresenta em seu livro passos para a construção de modelos multivariados e indica que a extração da equação correspondente ao modelo pode ser obtida através da execução dos seguintes passos:

- Identificação de variáveis dependentes e independentes, aquelas variáveis que se deseja conhecer a equação (dependente) e aquelas que são significativas no comportamento da equação (independentes).
- Análise da correlação existente entre as variáveis dependentes e independentes, com o uso de técnicas de análise de correlação, como por exemplo, Regressão, ANOVA, entre outras.
- Identificação das variáveis independentes significantes para o modelo, a análise da significância estatística resultante da regressão entre as

variáveis indica a probabilidade de a correlação ser ao acaso. Para considerar a variável como significativa para compor o modelo o valor de P (P-value) deve ser menor ou igual a 0,05. As variáveis independentes devem ser identificadas uma a uma com a execução de diversas rodadas até que todas as variáveis sejam identificadas. Além da significância estatística, deve ser considerado o coeficiente de determinação (R-quadrado ajustado), que determina a performance do modelo. Para o valor de R-quadrado ajustado considera-se que quanto mais próximo a 1 melhor o resultado.

- Garantia de não existência de multicolinearidade, as variáveis independentes significantes não devem ser fortemente relacionadas entre si. Para esse teste pode ser utilizado o coeficiente de correlação de Spearman, que para evitar a multicolinearidade precisa apresentar valores menores do que 0,75. Na demanda de existir multicolinearidade uma das variáveis deve ser descartada do modelo. Após o teste de multicolinearidade a extração da equação pode ser realizada e deve apresentar um formato conforme
- Equação 2-4.
- Se a equação final foi gerada utilizando o logaritmo natural dos valores da base então deve ser aplicado o inverso do logaritmo natural de cada lado da equação e assim obter o modelo multivariado.

Equação 2-4. Formato do modelo multivariável (MAXWELL, 2002).

$$y = a + bx_1 + cx_2 \dots + z_n$$

Onde: a, b e c são os coeficientes da equação final.

O trabalho de Maxwell (2002), apresenta alguns estudos de caso aplicados ao contexto de software, que vem de encontro à realidade do estudo desta dissertação.

2.7 Considerações sobre o capítulo

Este capítulo apresentou a revisão da literatura iniciando com uma contextualização a respeito da história da qualidade, evoluindo para o conceito de

foco no processo e controle da qualidade. A sequencia da revisão da literatura aborda a qualidade de software e os modelos de maturidade de processos de software CMMI e MPS.BR, bem como a caracterização do processo de controle de mudanças nestes modelos introduzindo a conceituação de retrabalho. São apresentados os conceitos relacionados a retrabalho focando o relacionamento com software e posteriormente a contextualização sobre Controle Estatístico de Processo e Modelos de Desempenho Estatístico, bem como as técnicas que estão relacionadas com a execução desta pesquisa.

CAPÍTULO 3 - ESTRUTURAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa é um “(...) processo formal e sistemático de desenvolvimento do método científico. O objetivo fundamental da pesquisa é descobrir respostas para problemas mediante o emprego de procedimentos científicos” (GIL, 2002).

Segundo Marconi e Lakatos (2000), “O método científico é o conjunto das atividades sistemáticas e racionais que, com maior segurança e economia, permite alcançar o objetivo.”

Este capítulo descreve o método de pesquisa utilizado neste trabalho e como será conduzido para auxiliar no alcance dos objetivos deste trabalho.

3.1 Conceitos relevantes sobre metodologia e métodos de pesquisa

Um método científico é a teoria da investigação, sendo composto por etapas que direcionam para o atendimento dos objetivos (MARCONI; LAKATOS, 2000).

A pesquisa é definida por Gil (2002), como “o procedimento racional e sistemático que tem objetivo de proporcionar respostas aos problemas que são propostos”. Inicia-se uma pesquisa com a caracterização do problema, desenvolvendo-se ao longo de um processo até a apresentação dos resultados.

As pesquisas podem ser classificadas conforme seus objetivos gerais em 3 grupos (GIL, 2002):

- Pesquisas Exploratórias: Cujo objetivo é aprimorar as ideias a respeito do problema e possibilitar maior facilidade na construção das hipóteses.
- Pesquisas Descritivas: O objetivo principal das pesquisas deste grupo é a identificação de características de uma determinada população, além de determinar a natureza da relação entre as variáveis estudadas.

- Pesquisas Explicativas: Tem como objetivo determinar os fatores que contribuem para ocorrência de fenômenos, explicando os motivos e as razões dos acontecimentos.

Segundo Gil (2002), as pesquisas podem ser classificadas conforme os procedimentos técnicos utilizados, com o objetivo de comparar a visão teórica com os dados reais. As pesquisas podem ser classificadas conforme o seu delineamento, que expressa o desenvolvimento da pesquisa conforme os procedimentos técnicos de coleta e análise de dados.

O procedimento de coleta de dados é o elemento principal para caracterizar uma pesquisa quanto ao seu delineamento. Os delineamentos estão divididos em dois grupos (GIL, 2002):

- Fontes de dados em “papel”:
 - a. Pesquisa Bibliográfica: As fontes de coleta de dados deste tipo de pesquisa são formadas principalmente por livros e artigos científicos.
 - b. Pesquisa Documental: As fontes destas pesquisas são materiais que ainda não receberam um tratamento analítico, ou podem ser reelaborados de acordo com a pesquisa.
- Dados fornecidos por pessoas:
 - a. Pesquisa Experimental: Consiste em determinar um objeto de estudo, selecionar variáveis capazes de influenciá-lo e definir formas de controle e observação dos efeitos destas variáveis.
 - b. Pesquisa *Ex-Post Facto*: Estudo realizado em fatos já ocorridos, com objetivo de identificar relações entre as variáveis, onde não se tem controle sobre elas, pois os acontecimentos estão no passado.
 - c. Levantamento: A coleta das informações neste tipo de pesquisa é obtida diretamente das pessoas que se deseja conhecer o comportamento. São úteis para estudos de opiniões e atitudes.
 - d. Estudo de Caso: Este estudo caracteriza-se por estudar profundamente um ou poucos objetos. Seus resultados são apresentados geralmente em forma de hipóteses, não de conclusões.

- e. Pesquisa-Ação: Esta pesquisa é caracterizada pelo envolvimento do pesquisador de modo cooperativo ou participativo. É caracterizada por uma forma de ação planejada, de caráter social, educacional ou técnico. Permite ampla interação entre o pesquisador e os envolvidos na situação investigada (THIOLLENT, 1997).
- f. Pesquisa Participante: Muito semelhante à Pesquisa-Ação, mas nem sempre há uma ação planejada e não existe a obrigatoriedade de divulgação das informações ou do conhecimento (THIOLLENT, 1997). Para (SANTOS, 1999), na Pesquisa-Ação, o pesquisador é, ele mesmo, um dos dados pesquisados.

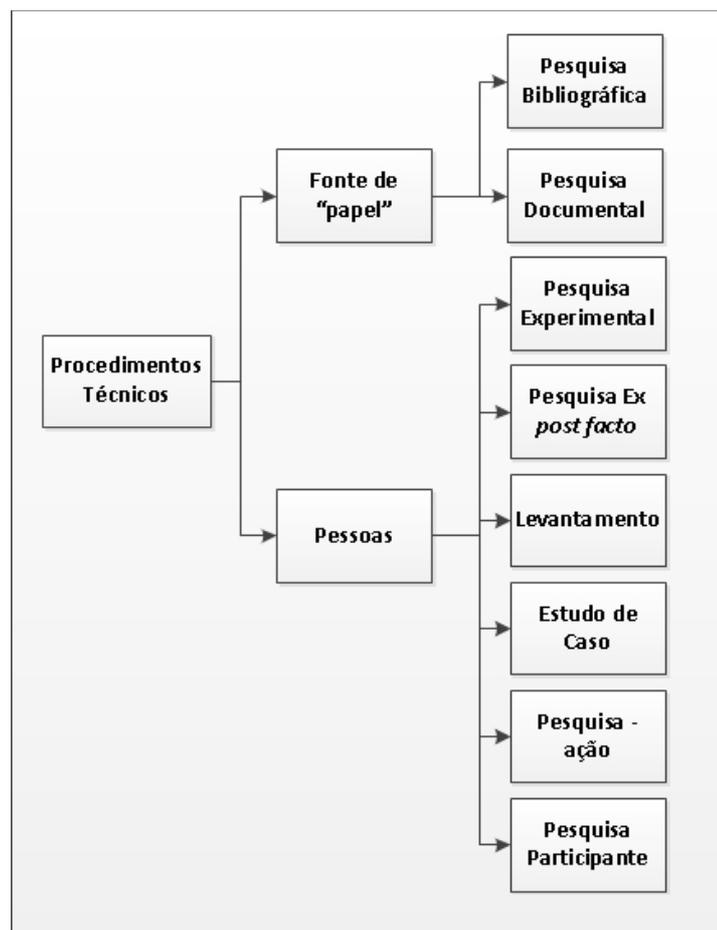


Figura 3-1. Pesquisas conforme os procedimentos técnicos. Adaptado de (GIL, 2002).

3.2 Caracterização da pesquisa

Segundo GIL (2002), é necessária a construção de um modelo conceitual e operacional da pesquisa, como forma de comparar a visão teórica com os dados da realidade.

Tendo em vista a sua caracterização, esta pesquisa está classificada do ponto de vista dos seus objetivos, como uma **Pesquisa Explicativa**, pois visa determinar os fatores envolvidos no comportamento do processo de retrabalho em empresas desenvolvedoras de software, propondo, como consequência, um modelo que auxilia a previsão deste esforço.

Como etapa introdutória à pesquisa explicativa, tem-se uma **Pesquisa Exploratória**, cujo objetivo é proporcionar uma maior familiaridade com o cenário de conceituação e medição de retrabalho em empresas desenvolvedoras de software. Este estudo visou auxiliar o embasamento teórico e delimitar o perfil das empresas que podem fazer parte do escopo da pesquisa.

Do ponto de vista dos procedimentos técnicos, esta pesquisa está classificada como **Pesquisa-Ação**, pois foi realizada uma pesquisa com ação do pesquisador como colaborador no entendimento dos fenômenos dentro do contexto da empresa estudada. Esta abordagem surgiu nos anos 40 e teve sua base oriunda da pesquisa experimental, por sua teoria fundamentada na resolução de problemas e na proposta de tomada de ação (VERGARA, 2006).

Segundo Thiollent (2003), a Pesquisa-Ação é caracterizada por uma atitude do pesquisador como ouvinte e apoiador no sentido de fornecer esclarecimentos quanto aos fenômenos estudados, mas sem interferir com suas próprias concepções.

Esta pesquisa “em ação” foi realizada de forma a propiciar um aprofundamento sobre a execução do método proposto para apoiar estimativas de retrabalho e análise dos resultados observados em conjunto com aqueles que vivem o problema diretamente (REINEHR et al, 2009).

Como métodos de coleta foram utilizados, a **Pesquisa Bibliográfica** com foco em estudos de Retrabalho em Software apoiados pelo Controle Estatístico de Processos, além de **Pesquisa Documental**, com a utilização de artefatos fornecidos pela empresa estudada para apoiar a aplicação da pesquisa. Ainda como método de

coleta de dados foram realizados **Seminários** com a empresa desenvolvedora de software estudada, como apoio à contextualização da realidade da empresa.

3.3 Estratégia de pesquisa

A pesquisa-ação é uma pesquisa realizada com associação entre a execução de uma ação e a resolução de um problema, onde o pesquisador atua de forma cooperativa com a organização que vivencia o problema. Quando aplicada a um contexto organizacional, tem como característica a intenção da resolução de problemas de ordem técnica (THIOLLENT, 2003).

Esta pesquisa foi estruturada conforme Figura 3-2, contemplando as etapas da metodologia definida para este estudo.

A metodologia de pesquisa está subdividida em três fases, que foram adaptadas da proposta de Thiollent (1997) para um ciclo de vida de um projeto de pesquisa-ação. São elas:

- **Fase Exploratória:** Esta fase inicia a pesquisa com uma investigação sobre os problemas a serem estudados e possíveis ações a serem tomadas, bem como, a definição das questões de pesquisa. Sendo importante para o encaminhamento das fases seguintes.
- **Fase de Pesquisa:** Esta fase é também chamada de fase principal, se inicia após o diagnóstico obtido na fase anterior e tem por objetivo a condução da coleta de dados do estudo.
- **Fase de Avaliação:** Esta fase é caracterizada por discussões de resultados, identificando a efetividade das aplicações, além de extrair conhecimento para uso futuro.

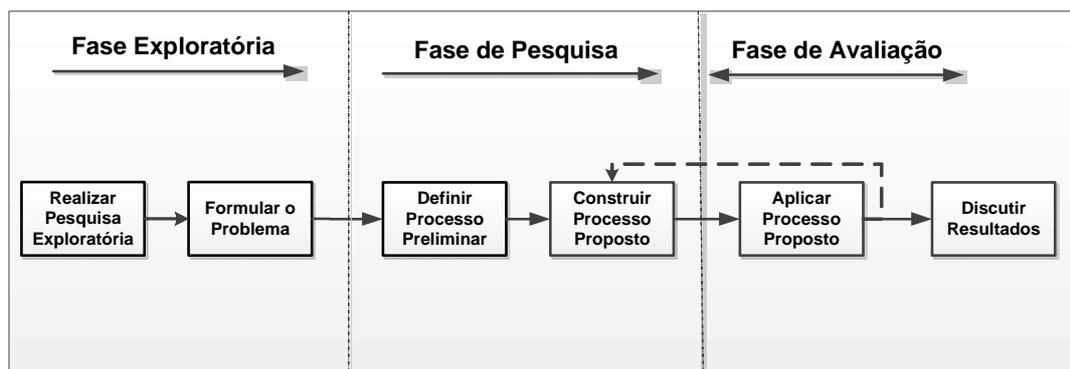


Figura 3-2. Metodologia de Pesquisa. Fonte: O Autor

3.4 Fase Exploratória

Conforme discussões do Capítulo 1 deste documento, o tema central de pesquisa desta dissertação está focado em estudos a respeito de retrabalho em empresas desenvolvedoras de software.

A fase exploratória de uma pesquisa tem uma grande preocupação em obter informações que possibilitem um bom projeto de pesquisa e que auxiliem na definição do problema que se pretende discutir (THIOLLENT, 1997).

Para a condução da fase Exploratória deste estudo foram definidas duas atividades principais adaptadas das sugestões de Gil (2002) e Thiollent (2003):

- (i) Realizar Pesquisa Exploratória
- (ii) Formular o Problema

3.4.1 Realizar Pesquisa Exploratória

De acordo com Gil (2002), a Pesquisa Exploratória proporciona uma familiaridade com o problema, o que auxilia a sua compreensão e a construção das hipóteses.

Foi definida como primeira atividade a ser realizada por esse estudo, a condução de uma Pesquisa Exploratória sobre retrabalho em empresas desenvolvedoras de software. Esta atividade teve como objetivo principal o

entendimento do cenário de definição e medição de retrabalho em empresas desenvolvedoras de software de pequeno porte, bem como a verificação da possibilidade de incluir empresas que não tenham um processo de medição implantado na delimitação do escopo desta dissertação.

O desenvolvimento desta pesquisa e os resultados obtidos estão contidos nos capítulos 4 e 5 desta dissertação, respectivamente.

3.4.2 Formular o Problema

De acordo com Marconi e Lakatos (2000), o problema de pesquisa consiste em uma explicitação de uma dificuldade que existe e que se pretende resolver. Um problema de pesquisa pode ser descrito em formato de pergunta científica.

A questão principal de pesquisa que norteia os estudos deste trabalho visa responder se **é possível prever o esforço de retrabalho em empresas desenvolvedoras de software observando o comportamento do seu processo de forma a apoiar suas estimativas de custo e prazo?**

Para apoiar a questão principal de pesquisa, foi definida uma questão secundária: Como é o comportamento do processo de retrabalho em empresas desenvolvedoras de software?

3.5 Fase de Pesquisa

Considerada a fase principal desta pesquisa, tem como objetivo principal a discussão das descobertas a respeito dos problemas de forma a possibilitar a construção de um processo que auxilie empresas a planejar melhor o esforço gasto com retrabalho em seus projetos.

Para a condução da Fase de Pesquisa deste estudo foram definidas duas atividades principais:

- (i) Definir Processo Preliminar
- (ii) Construir Processo Proposto

Estas atividades estão descritas nas sub-seções a seguir.

3.5.1 Definir Processo Preliminar

A partir da revisão da literatura e de uma análise comparativa dos trabalhos de Campos et al (2007) e Montoni et al (2007) apresentado no Quadro 2-11 deste trabalho, um processo preliminar foi criado para início do estudo do comportamento do processo de retrabalho. Este processo foi utilizado para conduzir as primeiras iniciativas de coleta de dados na empresa estudada e serviu como base para a construção do processo proposto que é o objeto de estudo desta dissertação. As etapas do processo preliminar estão apresentadas no Capítulo 4 deste documento.

3.5.2 Construir Processo Proposto

Para a construção do processo proposto, foi necessário coleta de dados da empresa estudada envolvendo o acesso ao repositório organizacional de medidas, que foi disponibilizado para ser usado externamente à empresa.

Esta atividade compreendeu também o estudo do comportamento do processo de retrabalho e a geração de um modelo estatístico de desempenho que retratou a relação do esforço de retrabalho com o esforço do projeto.

As fontes de informação têm objetivo de definir as formas como as respostas para o estudo serão obtidas (pessoas, documentos, observação, entre outros). O pesquisador deve se preocupar com o encadeamento das evidências coletadas nas diversas fontes de informação (GIL, 2002).

O Quadro 3-1 apresenta as fontes de informação que foram consultadas para obter as respostas adequadas para esta pesquisa.

Nesta etapa é possível incluir, alterar ou excluir passos a serem seguidos por uma organização na determinação de seus modelos de desempenho estatísticos para auxílio na estimativa de retrabalho.

A construção do processo proposto se deu com repetidas rodadas de um ciclo de construção e está apresentada no Capítulo 4 deste documento.

INFORMAÇÃO NECESSÁRIA	FONTES DA INFORMAÇÃO
Processo de medição institucionalizado	Gerentes de Projeto e Grupo de Processos
Repositório Organizacional de Medidas	Gerentes de Projeto e Grupo de Processos Análise do Repositório Organizacional de Medidas
Procedimentos de coleta de medidas associadas a retrabalho	Gerentes de Projeto e Grupo de Processos Repositório Organizacional de Medidas Referências Teóricas (PFLEEGER, 2001) e (ROYCE, 1998)
Processo de desenvolvimento estável	Gerentes de Projeto e Grupo de Processos Análise do conjunto dos processos padrões da empresa. Repositório Organizacional de Medidas Referências Teóricas (WHEELER, 1992) e (FLORAC; CARLETON, 1999)
Relação entre o esforço do projeto e o esforço gasto com retrabalho	Gerentes de Projeto e Grupo de Processos Repositório Organizacional de Medidas Referências Teóricas (WHEELER, 1992), (FLORAC; CARLETON, 1999) e (MAXWELL, 2002)

Quadro 3-1. Fontes de Informação. Fonte: o Autor.

3.6 Fase de Avaliação

Para a condução da Fase de Avaliação deste estudo foram definidas duas atividades principais:

- (i) Aplicar Processo Proposto,
- (ii) Discutir Resultados.

Estas atividades estão descritas nas seções a seguir.

3.6.1 Aplicar Processo Proposto

Com base nos resultados obtidos na execução da Fase de Pesquisa deste estudo se faz necessário a análise do processo proposto e o seu refinamento se necessário.

Esta etapa se processará na forma de aplicação do processo proposto de forma a gerar um modelo de desempenho estatístico para previsibilidade de retrabalho em uma nova instância do processo.

O objetivo desta fase da pesquisa é avaliar se o processo proposto por essa dissertação auxilia na estimativa de retrabalho em empresas desenvolvedoras de software. Este modelo pode ser refinado sempre que necessário durante o estudo, de forma a considerar também os resultados obtidos após a execução de uma nova instância do processo aplicando o modelo de desempenho gerado e a identificação de melhores práticas de execução do processo.

Esta atividade poderá ser realizada de forma recursiva com a etapa de construção do processo proposto conforme Figura 3-2.

Os resultados do estudo estão apresentados no capítulo 5 desta dissertação.

3.6.2 Discutir Resultados

Esta etapa preferencial é composta por discussões a respeito dos dados obtidos, onde a interpretação dos resultados é alcançada. Nestas discussões pode haver a participação de especialistas, participantes e pesquisadores, mas esta participação não é obrigatória. A análise e interpretação podem ser realizadas com base nos dados obtidos e contribuições teóricas (THIOLLENT, 2003).

A discussão dos resultados tem o objetivo de finalização das atividades desta pesquisa e está apresentada no capítulo 4 com o desenvolvimento da pesquisa onde foi descrito o processo proposto por esse estudo e posteriormente no capítulo 5 onde foram descritas as descobertas após a aplicação do processo proposto na empresa estudada.

3.7 Considerações sobre o capítulo

Neste capítulo foram apresentados alguns conceitos sobre Metodologia de Pesquisa. É apresentada a caracterização da pesquisa, bem como a estratégia de pesquisa que define as etapas da realização da pesquisa e as fases seguidas na condução dos estudos para o alcance dos objetivos.

O capítulo seguinte apresenta o desenvolvimento da pesquisa, realizada com base na metodologia definida e nas etapas descritas neste capítulo.

CAPÍTULO 4 - DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Este capítulo apresenta o desenvolvimento da pesquisa realizado com base na estratégia definida no capítulo anterior. As etapas planejadas foram executadas de modo a apoiar a investigação principal desta dissertação que é analisar se **é possível prever o esforço de retrabalho em empresas desenvolvedoras de software observando o comportamento do seu processo de forma a apoiar suas estimativas de custo e prazo.**

4.1 Pesquisa Exploratória

Durante a fase de Revisão da Literatura deste estudo, algumas questões secundárias foram identificadas:

- a- Qual o cenário de definição e medição de retrabalho em empresas desenvolvedoras de software?
- b- É possível prever o esforço de retrabalho em empresas desenvolvedoras de software que não tenham um processo de medição implantado?

Para responder a estas perguntas e definir o escopo desta dissertação foi realizada uma Pesquisa Exploratória, que ocorreu entre os dias 07 e 23 de Julho de 2010, cujo detalhamento será apresentado nas seções seguintes.

4.1.1 Organização da Pesquisa Exploratória

Segundo GIL (2002), a Pesquisa Exploratória “tem a finalidade básica de desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e idéias para a formulação de abordagens posteriores”. Este tipo de pesquisa geralmente é feita com uma amostra pequena, auxiliando o pesquisador a formular problemas mais precisos e escolher técnicas que mais se encaixem com seus objetivos de estudo.

As etapas executadas na condução da pesquisa exploratória são apresentadas na Figura 4-1.



Figura 4-1. Etapas da Pesquisa Exploratória. Adaptado de (GIL, 2002)

Definição dos objetivos da pesquisa: Os objetivos da pesquisa foram definidos considerando o uso dos resultados alcançados pela pesquisa na delimitação do escopo desta dissertação. Foi definido então como objetivo principal da pesquisa exploratória: **Entender o cenário de definição e medição de retrabalho em empresas desenvolvedoras de software.**

Seleção da amostra: A amostra selecionada foi constituída de **9 empresas desenvolvedoras de software**, sendo 7 destas empresas com área de atuação em desenvolvimento de Produto de Software e 2 destas empresas atuando como Fábrica de Software. As empresas presentes na amostra se encontravam em implantação de nível G de MPS.BR, onde as áreas abordadas são Gerência de Projetos e Gerência de Requisitos (SOFTEX, 2011a).

Criação de instrumento de pesquisa: Foi definido um instrumento inicial de pesquisa com objetivo de possibilitar o início da condução de entrevista semiestruturada. Este instrumento foi composto por cinco perguntas:

- P1: “Existe algum tipo de retrabalho no processo de desenvolvimento?”
- P2: “Como retrabalho é definido?” (*Caso a resposta da P1 fosse “sim”*).
Caso a resposta de P1 fosse “não”, a entrevista seria encerrada.
- P3: “O retrabalho é medido de alguma forma?”
- P4: “É possível quantificar o retrabalho medido?” (*Caso a resposta da P3 fosse “sim”*)
- P5: “Como o esforço com retrabalho poderia ser reduzido?” (*Caso a resposta da P1 fosse “sim”*)

Execução da pesquisa: A pesquisa foi executada com os gerentes de projeto das empresas constituintes da amostra selecionada. Foram entrevistados 9 gerentes de projeto com o auxílio do instrumento inicial de pesquisa e foram coletadas as informações para análise posterior dos resultados.

4.1.2 Resultados da Pesquisa Exploratória

Os resultados obtidos com a Pesquisa Exploratória, desenvolvida com nove empresas de pequeno porte desenvolvedoras de software em processo de implantação do modelo MPS nível G, foram de fundamental importância para a delimitação do escopo desta dissertação.

Foi utilizado um instrumento inicial de pesquisa composto por cinco perguntas, como apoio à condução de entrevistas semiestruturadas. Os resultados obtidos serão apresentados a seguir:

P1: “Existe algum tipo de retrabalho no processo de desenvolvimento?”

O objetivo desta pergunta era identificar o quanto o retrabalho está presente na realidade das empresas desenvolvedoras de software.

A Figura 4-2, apresenta que 100% das empresas entrevistadas afirmam que existe retrabalho em seu processo de desenvolvimento. Estes números refletem que existe um universo a ser explorado neste campo de estudo.



Figura 4-2. Existência de Retrabalho nas Empresas Entrevistadas. Fonte: O Autor.

P2: “Como retrabalho é definido?”

Esta pergunta foi realizada apenas para as empresas que responderam afirmativamente a pergunta anterior: *P1: “Existe algum tipo de retrabalho no processo de desenvolvimento?”*, neste caso as nove empresas foram questionadas.

O objetivo desta pergunta era entender a definição de retrabalho para as empresas entrevistadas, visto que, a literatura apresenta diversos conceitos conforme Quadro 2-8, apresentado na seção 2.4 deste documento.

Apesar desta pergunta, questionar de forma aberta o conceito de retrabalho, foi possível após a análise das respostas identificar um padrão de 3 respostas. As respostas caracterizaram retrabalho como: Correção de *bugs* (defeitos), Mudanças de Requisitos e Ambos (Correção de Bugs e Mudanças de Requisitos).

A Figura 4-3, apresenta os resultados obtidos com essa pergunta.

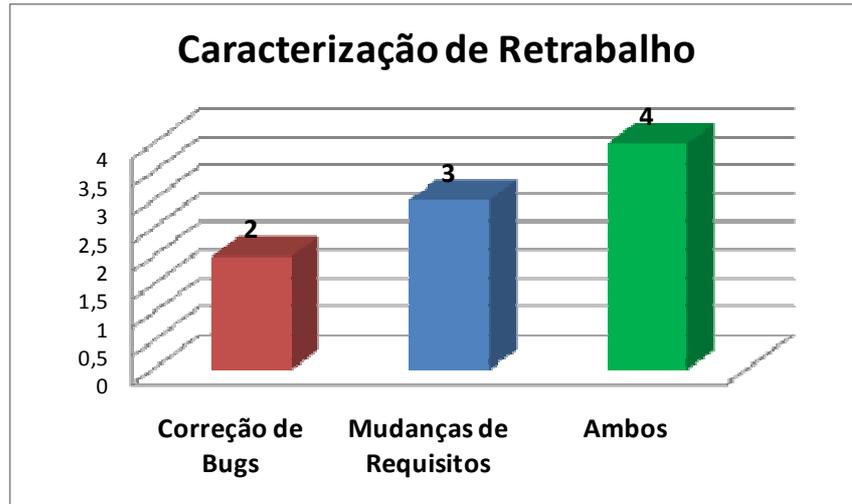


Figura 4-3: Caracterização de Retrabalho. Fonte: o Autor.

Conforme a Figura 4-3, duas das nove empresas entrevistadas, responderam que retrabalho para elas é corrigir *bugs* (defeitos) representando 22,2% da amostra. Das nove empresas entrevistadas, três delas responderam que retrabalho é caracterizado como mudanças de requisitos, representando 33,3% da amostra. Enquanto 44,5% das empresas, ou seja, quatro das nove empresas entrevistadas caracterizam retrabalho como sendo correção de *bugs* (defeitos) além de mudanças de requisitos.

Outra análise feita com os dados desta pergunta foi o cruzamento das informações de tipo das empresas com a caracterização de retrabalho. O seguinte resultado foi obtido:

- As duas empresas que responderam “Correção de Bugs”, como sendo a caracterização de retrabalho, são empresas desenvolvedoras de Produto de Software.
- Das três empresas que responderam “Mudanças de Requisitos”, como sendo retrabalho para elas, duas são empresas desenvolvedoras de Produto de Software e uma empresa é Fábrica de Software.
- E das empresas que caracterizam retrabalho como sendo “Ambos”, mudanças de requisitos e correção de *bugs*, três empresas são desenvolvedoras de Produto de Software e uma é Fábrica de Software.

Foi possível perceber, com a análise dos resultados desta pergunta, que as empresas desenvolvedoras de Produto de Software estão muito preocupadas com a

correção dos defeitos em suas versões. Muitas vezes, pela própria característica de empresas de produto, não existe um cliente externo fornecendo requisitos. Os requisitos destes produtos, na maioria das demandas, são definidos internamente para atender necessidades do mercado, sendo mais estáveis e menos suscetíveis a mudanças, embora elas aconteçam.

Já as empresas do tipo Fábrica de Software, tipicamente desenvolvem software sob demanda, ou seja, para atender os requisitos fornecidos por um cliente. Esta característica aumenta a volatilidade dos requisitos e as mudanças ocorrem com mais frequência.

Após a análise destes resultados foi possível identificar a definição de retrabalho que seria adotada por esta dissertação, visto que o conceito é apresentado de diferentes formas na literatura, conforme Quadro 2-8, apresentado na seção 2.4 deste documento.

O conceito que mais se assemelha com os objetivos deste estudo é apresentado por Royce (1998), que diz: “Retrabalho é definido como o custo das alterações, que inclui o esforço de analisar, resolver e re-testar as mudanças aplicadas às baselines do software”.

Considerou-se, para efeito deste trabalho, que correção de *bugs* (defeitos) e mudanças de requisitos são tipos de solicitações de mudanças de software conforme Quadro 2-9, apresentado na seção 2.4 deste documento.

P3: “O retrabalho é medido de alguma forma?”

Com essa pergunta buscou-se entender o cenário de medição de retrabalho nas empresas entrevistadas, visto que são empresas em implantação do nível G do modelo MPS, onde não existe a obrigatoriedade de um processo de medição institucionalizado.

Os resultados obtidos estão apresentados na Figura 4-4.

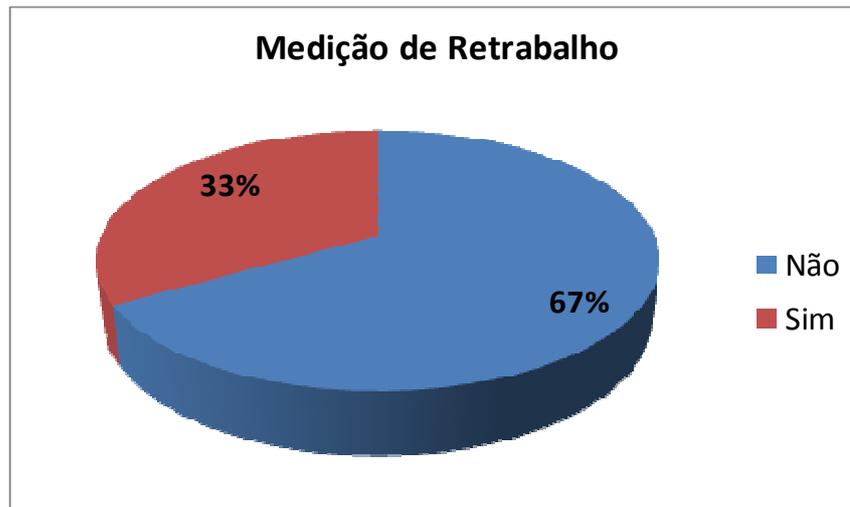


Figura 4-4. Medição de Retrabalho. Fonte: o Autor.

Os resultados obtidos demonstram que 67% das empresas entrevistadas não medem retrabalho e 33% das empresas, ou seja, três das nove empresas, medem. Este resultado vem ao encontro da característica do nível G do modelo MPS (SOFTEX, 2011a), que não prevê a medição neste nível de maturidade.

Utilizando-se do recurso da entrevista semiestruturada, para as empresas que responderam que efetuavam a medição, foi pedido uma explicação de como esse processo era executado. O resultado obtido foi:

- Duas das empresas responderam que medem a quantidade de bugs corrigidos diariamente.
- Uma das empresas respondeu que reabre a atividade e faz o apontamento das horas excedentes.

Fazendo-se o cruzamento das empresas que responderam que medem retrabalho com a classificação do tipo de empresa, observou-se que as três empresas são desenvolvedoras de Produto de Software.

Com o resultado desta pergunta, pode-se identificar a forte característica das empresas desenvolvedoras de Produto de Software, na preocupação com a quantidade de defeitos em seus produtos, bem mais do que com o esforço gasto na sua correção.

Esta descoberta propiciou a delimitação do escopo desta dissertação em estudar empresas que possuam um processo de medição institucionalizado, independentemente do seu tamanho. A medição se inicia no nível F de maturidade no modelo MPS (SOFTEX, 2011a) e no nível 2 de maturidade no modelo CMMI

(SEI, 2010). As empresas presentes na amostra se encontram abaixo destes níveis, o que não impossibilita, mas limita a aplicação dos estudos desta dissertação.

P4: “É possível quantificar o retrabalho medido?”

Esta pergunta foi realizada apenas para empresas que responderam afirmativamente na pergunta anterior P3: “O retrabalho é medido de alguma forma?”. Foram entrevistadas três empresas que confirmaram medir retrabalho, sendo essas três empresas desenvolvedoras de Produto de Software.

O objetivo desta pergunta era identificar se as empresas tinham algum padrão de comportamento de retrabalho percebido através das medições que realizam.

As respostas obtidas para cada uma das empresas estão apresentadas no Quadro 4-1.

EMPRESA	RESPOSTA OBTIDA
E1	“Para projetos antigos gastamos 15% do esforço total do projeto em retrabalho e para os projetos novos (após a implantação do MPS), estamos gastando 10%.”
E2	“Começamos a medir a quantidade de <i>bugs</i> , mas ainda não sabemos quanto representa.”
E3	“Baixou nos últimos 6 meses (após a implantação do MPS) de 10 para 2 <i>bugs</i> por dia”.

Quadro 4-1. Quantificação de retrabalho. Fonte: o Autor.

Os resultados desta pergunta demonstram que, após a implantação do modelo MPS, com um novo processo sendo executado na empresa, o retrabalho está menor do ponto de vista das empresas que efetuam a medição deste processo.

Apesar de esta amostra estar limitada por se tratar apenas de 22,2% das empresas entrevistadas, esse resultado vai ao encontro do trabalho de Travassos e Kalinowski (2009), que dizem que a implantação de novos processos aumenta a qualidade do produto final, reduzindo a quantidade de defeitos e, conseqüentemente, a quantidade de retrabalho.

Em virtude deste resultado, o escopo da pesquisa foi delimitado em empresas que possuam processos institucionalizados, para que seja possível o estabelecimento de um padrão de comportamento a respeito do retrabalho.

Quando o comportamento de um processo é repetível, se torna possível controlá-lo, fazendo com que se comporte de forma previsível (FLORAC; PARK; CARLETON, 1997).

P5: “Como o esforço com retrabalho poderia ser reduzido?”

Esta última pergunta foi realizada para todas que responderam afirmativamente à pergunta P1: *“Existe algum tipo de retrabalho no processo de desenvolvimento?”*. Na demanda desta pesquisa, as nove empresas foram questionadas.

O objetivo desta pergunta era identificar possíveis soluções para redução do retrabalho, do ponto de vista das empresas entrevistadas. Os resultados obtidos estão apresentados no Quadro 4-2.

EMPRESA	RESPOSTA OBTIDA
E1	“Percebi que reduziu muito com a implantação do processo.”
E2	“Nós percebemos que reduziu muito com a implementação do MPS.BR”.
E3	“A cada cliente novo, eu aumento suporte e problemas, sei que preciso melhorar e acho que o processo institucionalizado ajudará”.
E4	“Nós deixamos no cronograma 10% de tempo para tratamento de mudanças e está sendo suficiente”.
E5	“Nós temos pouco retrabalho, pois evitamos mudanças na especificação.”
E6	“Nosso comercial é muito bom e nós apresentamos o protótipo para validação de requisitos antes da aprovação”.
E7	“Muitas vezes a pessoa do cliente que testa o produto não conhece o negócio e o que deveria ser testado, o que pode ocasionar em problemas. Ou o fornecedor de requisitos não é adequado e solicita requisitos que depois serão alterados.”
E8	“Os projetos antigos são bem piores que os novos que estão usando a metodologia nova, acredito que essa seja uma boa estratégia.”
E9	“Tínhamos muito retrabalho antes da implantação do MPS, mas agora reduziu bastante.”

Quadro 4-2. Sugestões para redução de retrabalho. Fonte: o Autor.

Os resultados desta pergunta confirmam os resultados da pergunta P4, no que diz respeito à utilização de processos como forma de aumento da qualidade do desenvolvimento de software e com isso a obtenção de redução de esforço com retrabalho.

4.1.3 Considerações a respeito da Pesquisa Exploratória

O objetivo principal desta Pesquisa Exploratória era entender o cenário de definição e medição de retrabalho em empresas desenvolvedoras de software. Com a análise dos resultados apresentados neste documento foi possível atingir este objetivo.

Foi possível entender que as empresas pesquisadas têm a consciência do problema caracterizado como retrabalho, além de demonstrarem conhecimento da vivência deste problema em seus processos de desenvolvimento de software.

Apesar de conhecer o problema, a maioria não faz medições para entender melhor a sua situação, mas acredita que a implantação de modelos de qualidade de software, como o CMMI (SEI, 2010) e o MPS (SOFTEX, 2011a), podem ajudar a reduzir esse esforço adicional para executar mudanças em tarefas já realizadas.

Esta pesquisa exploratória proporcionou o entendimento do cenário de retrabalho em empresas desenvolvedoras de software, além de uma fundamentação para a delimitação do escopo desta dissertação.

Por meio da análise dos resultados foi possível perceber a necessidade de aplicar os estudos posteriores deste trabalho em empresas com processo de medição definido e institucionalizado. Além disto, o uso sistemático de processos organizacionais possibilita o seu controle e, conseqüentemente, sua previsibilidade no que diz respeito ao retrabalho.

4.2 Processo Proposto

A partir de um processo preliminar e da execução de repetidas rodadas de um ciclo de construção, foi possível chegar a um processo que possibilita as empresas entenderem melhor o comportamento dos seus processos de retrabalho, bem como, criar ou atualizar o seu próprio modelo de desempenho estatístico a fim de prever melhor seus esforços com retrabalho em projetos futuros. As seções a seguir apresentam o processo preliminar, o ciclo de construção e o processo final proposto por este estudo.

4.2.1 Processo Preliminar

Com base em uma análise comparativa dos trabalhos de Campos et al (2007), Montoni et al (2007) apresentado no Quadro 2-11, um processo preliminar foi criado para início do estudo do comportamento do processo de retrabalho, conforme Figura 4-5.

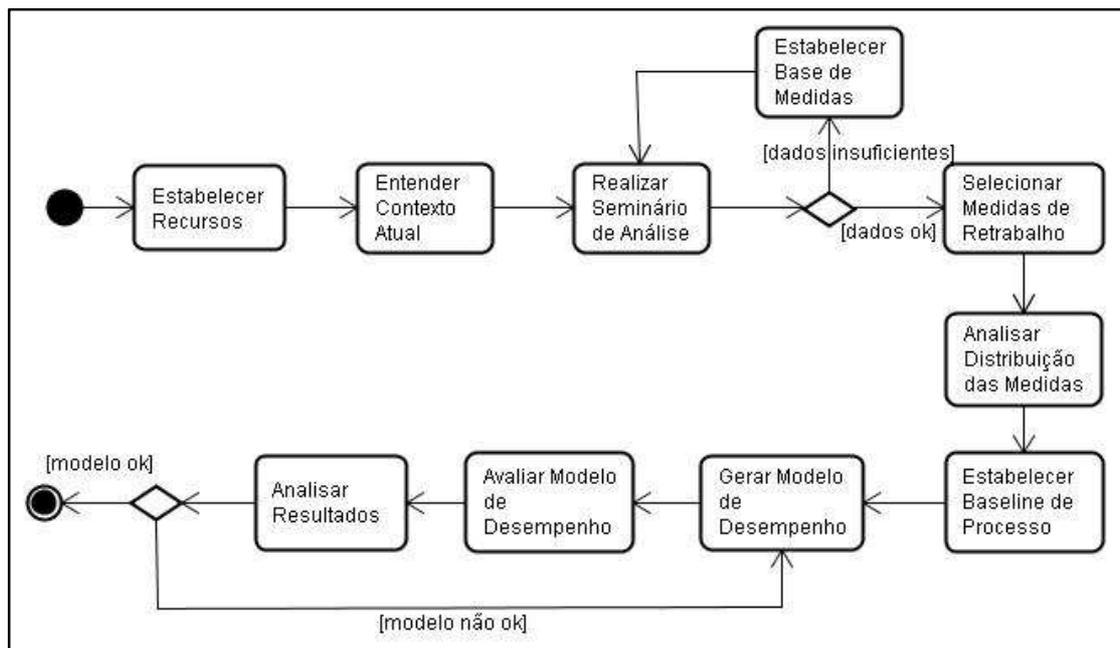


Figura 4-5. Processo Preliminar para Análise de Retrabalho. Fonte: o Autor

Estabelecer Recursos: Esta atividade consiste principalmente do contato com a empresa a ser estudada para aquisição da base de medidas e levantamento das informações sobre os projetos da empresa como apoio à realização do estudo.

Entender Contexto Atual: Esta atividade envolve o entendimento do contexto da empresa em relação ao processo de medição e aos processos organizacionais, para avaliar a necessidade de introdução de novas coletas de dados de esforço com retrabalho.

Realizar Seminário de Análise: A condução de seminários de análise tem o objetivo de analisar os resultados obtidos e verificar a necessidade de coleta de informações adicionais para a complementação do estudo. Os envolvidos no seminário são os participantes do estudo e pesquisadores (GIL, 2002).

Para esta atividade serão realizadas entrevistas coletivas em formato de seminário para discutir os resultados encontrados com o estudo e verificar se a interpretação do pesquisador corresponde a realidade da empresa.

Estabelecer Base de Medidas: Na demanda da base de medidas não conter informações suficientes para análise de retrabalho, devem ser realizadas novas coletas ou estabelecer um novo processo de medição de retrabalho.

Selecionar Medidas de Retrabalho: Selecionar da base de medidas organizacional, aquelas que estejam relacionadas ao esforço com retrabalho. Estas medidas podem ser derivadas de coleta de dados de análise, desenvolvimento e teste das demandas que originaram a mudança e da própria mudança ocorrida.

Analisar a Distribuição das Medidas: Para uma precisão maior na aplicação de técnicas estatísticas as medidas devem estar em uma distribuição normal, caso isso não ocorra deverá ser aplicada alguma técnica de normalização de medidas.

Estabelecer Baseline de Processo: A *baseline* de processo descreve os parâmetros de comportamento do processo que servirão de base para o planejamento futuro. Dados como limite superior e inferior do processo, sua média, bem como, limite superior, inferior e média da amplitude do processo.

Gerar modelo de Desempenho: O modelo de desempenho é uma equação que apresenta variáveis correlacionadas que influenciam no comportamento do processo de retrabalho. Essa equação gerada poderá ser utilizada na previsão do esforço de retrabalho em projetos futuros que seguirem o mesmo processo de desenvolvimento.

Avaliar Modelo de Desempenho: O modelo de desempenho estatístico gerado será aplicado em novas instâncias de projetos da organização com o objetivo de identificar se o modelo atende as expectativas e ajuda na previsão do esforço com retrabalho.

Analisar Resultados: Os resultados da aplicação do modelo serão refinados e verificada a necessidade de atualização de alguma etapa do processo ou coleta de um número maior de casos que retratem a realidade da empresa.

4.2.2 Construção do Processo

Ao longo do desenvolvimento da pesquisa o ciclo de construção representado na Figura 4-6, baseado no ciclo PDCA de qualidade (POLI; MACHADO, 2003), foi seguido para identificar as etapas do processo final a ser proposto.

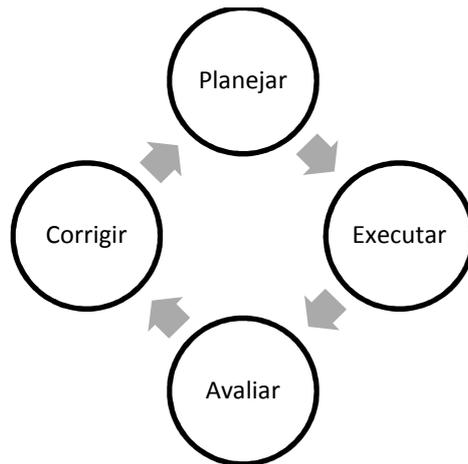


Figura 4-6. Ciclo de Construção do Processo Proposto. Fonte: o Autor.

- Planejar: Planejamento da execução de cada atividade do processo, com objetivos a serem alcançados e metodologias/tecnologias necessárias para o atingimento dos resultados.
- Executar: Execução propriamente dita do que foi planejado na fase Planejar, ou seja, aplicação das atividades do processo na prática.
- Avaliar: Avaliar a execução prática das atividades consolidando as informações e identificando necessidades de atualização do processo.
- Corrigir: Conforme a avaliação e a identificação das necessidades, eventualmente determinar e confeccionar novas atividades ou atualizar as atuais, de forma a melhorar a qualidade do processo proposto, aprimorando a execução e corrigindo eventuais falhas.

A partir do processo preliminar e seguindo as etapas do ciclo de construção em repetidas rodadas foi então definido o processo final proposto por este trabalho.

4.2.3 Estrutura do Processo Proposto

A estrutura de definição do processo foi adaptada da estrutura do processo de avaliação do modelo MR-MPS, contido no Guia de Avaliação deste modelo (SOFTEX, 2011b) e está representado no Quadro 4-3.

Nome da Tarefa	Identifica a tarefa por um nome e um número identificador
Descrição	Descreve a tarefa em detalhes
Pré-Tarefa	Tarefa que deve ser executada antes da tarefa em questão
Critério de Entrada	Condições a serem atendidas para que a tarefa seja iniciada
Critério de Saída	Condições a serem atendidas para que a tarefa seja considerada finalizada
Responsáveis	Quem responde pela execução da tarefa
Participantes	Quem são os envolvidos na execução da tarefa
Produtos Requeridos	Relaciona os insumos necessários para a execução
Produtos Gerados	Relaciona os produtos a serem gerados na execução dessa tarefa
Ferramentas	Relaciona as ferramentas que devem ser utilizadas para a execução da tarefa.
Pós-Tarefa	Relaciona a tarefa que deve ser executada após esta ser finalizada

Quadro 4-3. Estrutura do Processo Proposto. Fonte: Adaptado de (SOFTEX, 2011b).

4.2.4 Descrição do Processo Proposto

O processo final é composto pelas atividades descritas no Quadro 4-4 e seu modelo está apresentado na Figura 4-7.

ATIVIDADE	TAREFA
1. Conhecer Base	Estudar Base de Medidas
	Identificar Medidas Associadas
2. Estabelecer Base	Iniciar Medição de Retrabalho
	Estabelecer Processo de Medição de Retrabalho
3. Tratar Base	Eliminar Ruídos
	Organizar a Base
	Extrair Casos Validos
4. Entender Contexto	Analisar Características da Origem
	Identificar Tendência de Retrabalho
	Realizar Seminário de Análise
5. Preparar Dados	Testar Normalidade da Base
	Normalizar Dados
	Dividir Base
6. Gerar Baseline de Processo	Gerar Gráficos de Controle
	Testar Estabilidade
	Estabilizar Processo
	Gerar Baseline de Processo
7. Gerar Modelo de Desempenho Estatístico	Determinar Variáveis Dependentes
	Preparar Variáveis Categóricas
	Gerar Modelo de Desempenho
	Testar Modelo de Desempenho
	Realizar Análise do Modelo
	Refinar Modelo

Quadro 4-4. Atividades e Tarefas do Processo Proposto. Fonte: O Autor.

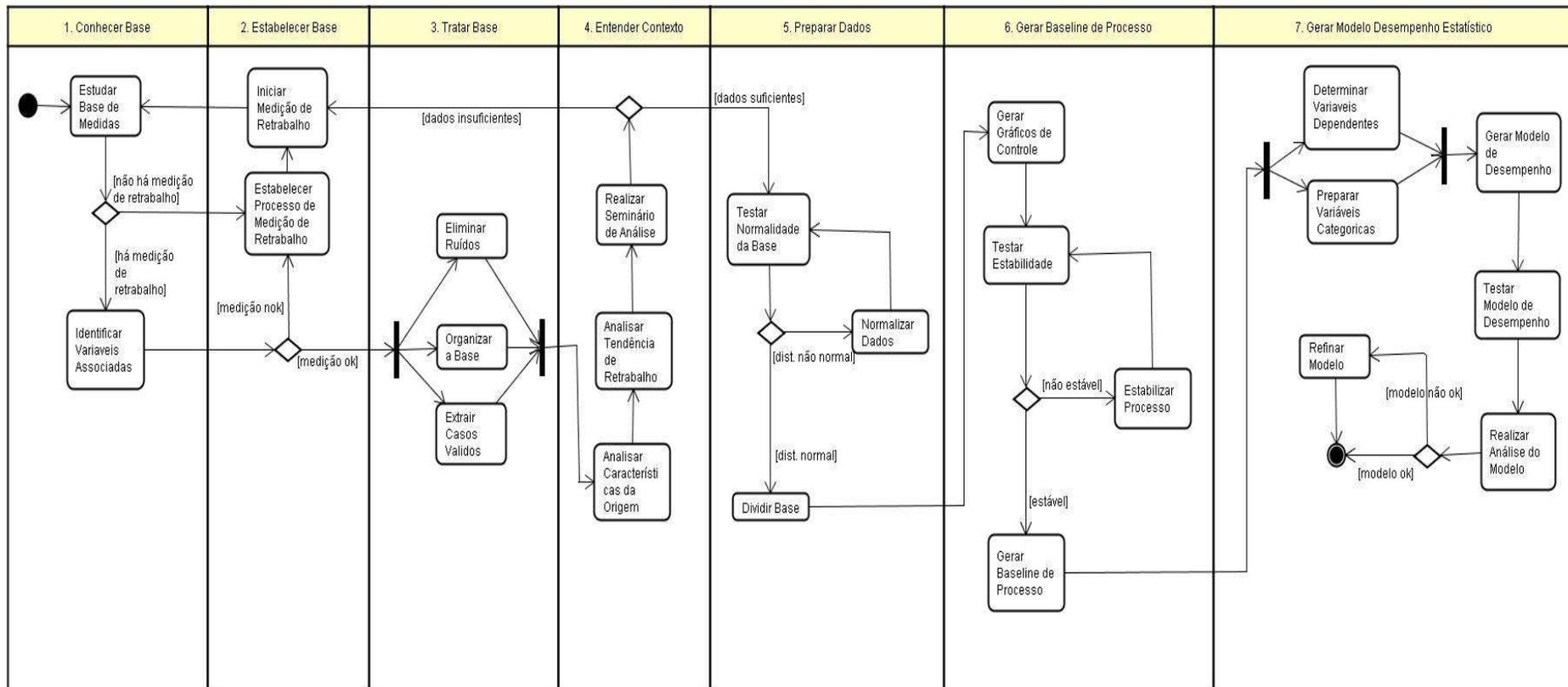


Figura 4-7. Processo Proposto. Fonte: O Autor.

O detalhamento de cada uma das tarefas está apresentado do Quadro 4-5 ao Quadro 4-27 a seguir.

Nome da Tarefa	Estudar Base de Medidas
Descrição	Estudar a base de medidas organizacional com objetivo de identificar se existe medição de retrabalho e como esta medição se apresenta. São avaliadas as medições: direta e indireta. Medição de retrabalho direta: onde é coletado o esforço adicional total gasto com correção de mudanças após baseline gerada. Medição de retrabalho indireta: onde é coletado o esforço adicional de cada fase (análise, desenvolvimento e testes) gasto com correção de mudança após baseline gerada.
Pré-Tarefa	---
Responsáveis	Responsável pelo processo de medição
Participantes	---
Produtos Requeridos	Base de Medidas Organizacional
Produtos Gerados	Resultado da existência de medição de retrabalho na organização.
Ferramentas	Ferramenta da base de medidas organizacional
Pós-Tarefa	Identificar Variáveis Associadas

Quadro 4-5. Tarefa Estudar Base de Medidas. Fonte: O Autor.

Nome da Tarefa	Identificar Medidas Associadas
Descrição	<p>Identificar quais as medidas que estão relacionadas à medição do retrabalho na organização. Verificar se as medidas relacionadas estão sendo coletadas de forma padronizada, ou seja, os projetos que originaram as medidas coletadas estejam seguindo o mesmo processo de desenvolvimento. As medidas que estão normalmente associadas ao retrabalho são:</p> <p>Correção: Esforço total da correção, Complexidade, Esforço de Análise, Desenvolvimento e Teste da correção.</p> <p>Caso Origem da Correção: Esforço total da origem, Complexidade, Esforço de Análise, Desenvolvimento e Teste da demanda origem da correção.</p>
Pré-Tarefa	Estudar Base de Medidas
Responsáveis	Responsável pelo processo de medição
Participantes	---
Produtos Requeridos	Base de Medidas Organizacional
Produtos Gerados	Medidas associadas ao retrabalho identificadas.
Ferramentas	Ferramenta da base de medidas organizacional
Pós-Tarefa	Eliminar Ruídos, Organizar a Base, Extrair Casos Válidos

Quadro 4-6. Tarefa Identificar Medidas Associadas. Fonte: O Autor.

Nome da Tarefa	Estabelecer Processo de Medição de Retrabalho
Descrição	<p>Estabelecer a definição da medição de retrabalho, bem como seus procedimentos de coleta e armazenamento.</p> <p>Esforço de Retrabalho (E) é dado por :</p> $E = \sum Hm$ <p>Onde : Hm é quantidade de horas gastas com correções de mudanças (análise, codificação, testes e documentação) (ROYCE,1998).</p>
Pré-Tarefa	Estudar Base de Medidas
Responsáveis	Responsável pelo processo de medição
Participantes	---
Produtos Requeridos	Processo de medição organizacional
Produtos Gerados	Processo de medição de retrabalho estabelecido
Ferramentas	Ferramentas para estabelecimento de novos processos
Pós-Tarefa	Iniciar Medição de Retrabalho

Quadro 4-7. Tarefa Estabelecer Processo de Medição de Retrabalho. Fonte: O Autor.

Nome da Tarefa	Iniciar Medição de Retrabalho
Descrição	Iniciar a execução dos procedimentos de coleta e armazenamento da medição de retrabalho conforme processo estabelecido e inclusão das coletas no repositório organizacional de medidas
Pré-Tarefa	Estabelecer Processo de Medição de Retrabalho
Responsáveis	Responsável pelo processo de medição
Participantes	Participantes dos projetos
Produtos Requeridos	Processo de medição de retrabalho estabelecido
Produtos Gerados	Medição de retrabalho coletada e armazenada na base de medidas organizacional
Ferramentas	Ferramenta da base de medidas organizacional
Pós-Tarefa	Estudar Base de Medidas

Quadro 4-8. Iniciar Medição de Retrabalho. Fonte: O Autor.

Nome da Tarefa	Eliminar Ruídos
Descrição	Eliminar da base os registros com problemas nas medidas coletadas, ou seja, casos onde alguma das medidas associadas ao retrabalho teve problema na coleta e não é possível utilizar nas análises. Exemplo: ausência de alguma das coletas, valores inconsistentes entre si etc.
Pré-Tarefa	Identificar Medidas Associadas
Responsáveis	Responsável pelo processo de medição
Participantes	---
Produtos Requeridos	Base de Medidas Organizacional
Produtos Gerados	Base de Medidas Organizacional livre de ruídos
Ferramentas	Ferramenta da base de medidas organizacional
Pós-Tarefa	Analisar Características da Origem

Quadro 4-9. Tarefa Eliminar Ruídos. Fonte: O Autor.

Nome da Tarefa	Organizar a Base
Descrição	Organizar a base de medidas associadas ao retrabalho em um formato que facilite a manipulação dos dados. Na demanda do uso de uma ferramenta com funções estatísticas, o formato da base poderá ser organizado de forma a ser lido por essa ferramenta.
Pré-Tarefa	Identificar Medidas Associadas
Responsáveis	Responsável pelo processo de medição
Participantes	---
Produtos Requeridos	Base de Medidas Organizacional
Produtos Gerados	Base de Medidas Organizacional organizada para análise.
Ferramentas	Ferramenta da base de medidas organizacional
Pós-Tarefa	Analisar Características da Origem

Quadro 4-10. Tarefa Organizar a Base. Fonte: O Autor.

Nome da Tarefa	Extrair Casos Válidos
Descrição	<p>Extrair da base de medidas as demandas válidos para análise de retrabalho:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Correções de mudança onde seja possível a identificação da demanda que deu origem a essa mudança possibilitando assim uma relação entre as demandas analisados. • Casos que seguiram o mesmo processo de desenvolvimento.
Pré-Tarefa	Identificar Medidas Associadas
Responsáveis	Responsável pelo processo de medição
Participantes	---
Produtos Requeridos	Base de Medidas Organizacional
Produtos Gerados	Base de Medidas Organizacional com casos válidos para análise de retrabalho.
Ferramentas	Ferramenta da base de medidas organizacional
Pós-Tarefa	Analisar Características da Origem

Quadro 4-11. Tarefa Extrair Casos Válidos. Fonte: O Autor.

Nome da Tarefa	Analisar Características da Origem
Descrição	Analisar as características das demandas que originaram as mudanças e identificar padrões como complexidade predominante, variações no ciclo de vida de desenvolvimento dos projetos, senioridade da equipe de desenvolvimento. A análise da origem permite determinar se existe um tipo de comportamento no processo de desenvolvimento que possa estar causando mais retrabalho podendo ser o foco da análise posterior.
Pré-Tarefa	Eliminar Ruídos, Organizar a Base, Extrair Casos Válidos
Responsáveis	Responsável pelo processo de medição
Participantes	---
Produtos Requeridos	Base de Medidas Organizacional com casos válidos para análise de retrabalho.
Produtos Gerados	Resultado da análise das características das demandas origem das mudanças.
Ferramentas	Ferramenta da base de medidas organizacional
Pós-Tarefa	Analisar Tendência de Retrabalho

Quadro 4-12. Tarefa Analisar Características da Origem. Fonte: O Autor.

Nome da Tarefa	Analisar Tendência de Retrabalho
Descrição	Analisar as características das mudanças e identificar tendências de retrabalho. Exemplo: casos com características semelhantes como complexidade predominante, variações no ciclo de vida das correções de mudança etc. Analisar se existe algum padrão de comportamento das mudanças com as demandas que as originaram. Esta análise pode auxiliar a entender o comportamento do processo de correção de mudanças e possíveis causas de retrabalho na organização.
Pré-Tarefa	Analisar Características da Origem
Responsáveis	Responsável pelo processo de medição
Participantes	---
Produtos Requeridos	Base de Medidas Organizacional com casos válidos para análise de retrabalho.
Produtos Gerados	Resultado da análise da tendência de retrabalho nas mudanças solicitadas.
Ferramentas	Ferramenta da base de medidas organizacional
Pós-Tarefa	Realizar Seminário de Análise

Quadro 4-13. Tarefa Analisar Tendência de Retrabalho. Fonte: O Autor.

Nome da Tarefa	Realizar Seminário de Análise
Descrição	Realizar seminários de análise com o objetivo de avaliar os resultados encontrados com análise das características das demandas origem das mudanças e da tendência de retrabalho nas mudanças solicitadas. Neste seminário é possível identificar se os dados analisados até o momento são suficientes para representar a realidade do processo de desenvolvimento da organização, bem como, o esforço de retrabalho com as correções de mudanças. Na demanda de não existirem dados suficientes para continuar o estudo, deve-se executar novas medições de retrabalho até que se tenha dados suficientes para representar a realidade do processo da organização.
Pré-Tarefa	Analisar Tendência de Retrabalho
Responsáveis	Responsável pelo processo de medição
Participantes	Gerentes de Projeto
Produtos Requeridos	Resultado da análise das características das demandas origem das mudanças e Resultado da análise da tendência de retrabalho nas mudanças solicitadas.
Produtos Gerados	Resultado da análise da suficiência de dados para continuidade do estudo.
Ferramentas	---
Pós-Tarefa	Conhecer Distribuição da base

Quadro 4-14. Tarefa Realizar Seminário de Análise. Fonte: O Autor.

Nome da Tarefa	Testar Normalidade da Base
Descrição	Testar a normalidade da Base de Medidas Organizacional de retrabalho. Para aplicação das técnicas estatísticas de regressão é recomendado que os dados estejam em uma distribuição normal, pois aumenta a confiabilidade do estudo. Testes de Normalidade como o teste de Anderson – Darling podem ser utilizados para verificar a normalidade dos dados.
Pré-Tarefa	Realizar Seminário de Análise
Responsáveis	Responsável pelo processo de medição
Participantes	---
Produtos Requeridos	Base de Medidas Organizacional com casos válidos para análise de retrabalho.
Produtos Gerados	Resultado da Análise de Normalidade da Base
Ferramentas	Ferramenta com Funções Estatísticas
Pós-Tarefa	Dividir Base

Quadro 4-15. Tarefa Testar Normalidade da Base. Fonte: O Autor.

Nome da Tarefa	Normalizar Dados
Descrição	Aplicar técnicas para a normalização dos dados da base. É comum que dados de esforço de projetos de software não estejam em uma distribuição normal. Para tratar os dados, transformando-os em dados normalizados, existem algumas técnicas que podem ser utilizadas como por exemplo: Transformação de Box-Cox, Cálculo do Logaritmo Natural, entre outras
Pré-Tarefa	Testar Normalidade da Base
Responsáveis	Responsável pelo processo de medição
Participantes	---
Produtos Requeridos	Base de Medidas Organizacional com casos válidos para análise de retrabalho.
Produtos Gerados	Base de Medidas Organizacional de retrabalho normalizada
Ferramentas	Ferramenta com Funções Estatísticas
Pós-Tarefa	Testar Normalidade da Base

Quadro 4-16. Tarefa Normalizar Dados. Fonte: O Autor.

Nome da Tarefa	Dividir Base
Descrição	Dividir a base em casos para criação do modelo de desempenho estatístico e casos para teste do modelo de desempenho gerado. O Método Hold-Out, utilizado em mineração de dados, propõe que a base seja dividida em 3 partes, onde 2/3 das demandas são usados para geração do modelo e o 1/3 restante, para testes.
Pré-Tarefa	Testar Normalidade da Base
Responsáveis	Responsável pelo processo de medição
Participantes	---
Produtos Requeridos	Base de Medidas Organizacional de retrabalho normalizada
Produtos Gerados	Base de Medidas Organizacional de retrabalho para o modelo e Base de medidas de retrabalho para teste.
Ferramentas	Ferramenta da base de medidas organizacional
Pós-Tarefa	Gerar Gráficos de Controle

Quadro 4-17. Tarefa Dividir Base. Fonte: O Autor.

Nome da Tarefa	Gerar Gráficos de Controle
Descrição	Gerar os gráficos de controle com as medidas de retrabalho separadas para a geração do modelo de desempenho. Os gráficos de controle apresentam o comportamento do processo ao longo de um período de tempo. Por isso as medidas de retrabalho da base devem ser ordenadas pela sua data de criação, da demanda mais antigo para a demanda mais novo. A falta de ordenação destes dados pode provocar distorções na geração dos gráficos de controle, bem como, na interpretação do comportamento do processo, uma vez que se deseja analisar como o processo tem se comportado ao longo do tempo O gráfico de controle deve ser gerado usando a variável que armazena o valor do esforço total de retrabalho realizado nas demandas estudados.
Pré-Tarefa	Dividir Base
Responsáveis	Responsável pelo processo de medição
Participantes	---
Produtos Requeridos	Base de Medidas Organizacional de retrabalho para o modelo
Produtos Gerados	Gráficos de controle para o processo de retrabalho
Ferramentas	Ferramenta com Funções Estatísticas
Pós-Tarefa	Testar Estabilidade

Quadro 4-18. Tarefa Gerar Gráficos de Controle. Fonte: O Autor.

Nome da Tarefa	Testar Estabilidade
Descrição	<p>Testar a estabilidade do processo de retrabalho. A criação dos modelos de desempenho estatístico se dá a partir de processos estáveis, ou seja, processos considerados sob controle estatístico. Existem testes que podem ser realizados para testar a estabilidade de um processo são eles:</p> <ul style="list-style-type: none"> • T1: Existência de pontos fora dos limites superior e inferior nos gráficos de controle. • T2: Existência de 4 entre 5 pontos no mesmo lado da linha de 2 sigma nos gráficos de controle. • T3: Existência de 3 entre 4 pontos no mesmo lado da linha de 1 sigma nos gráficos de controle. • T4: Existência de 8 pontos consecutivos de um mesmo lado da linha central nos gráficos de controle.
Pré-Tarefa	Gerar Gráficos de Controle
Responsáveis	Responsável pelo processo de medição
Participantes	---
Produtos Requeridos	Gráficos de controle para o processo de retrabalho
Produtos Gerados	Resultado da análise da estabilidade do processo de retrabalho
Ferramentas	Ferramenta com Funções Estatísticas
Pós-Tarefa	Gerar Baseline de Processo

Quadro 4-19. Tarefa Testar Estabilidade. Fonte: O Autor.

Nome da Tarefa	Estabilizar Processo
Descrição	<p>Estabilizar o processo de retrabalho. Para estabilizar o processo é preciso eliminar as causas especiais de variação, ou seja, aqueles pontos que não atenderam aos testes de estabilidade aplicados na tarefa anterior. Esta tarefa deve ser repetida quantas vezes for necessário, até que seja encontrado o conjunto de pontos que apresente o processo estabilizado.</p>
Pré-Tarefa	Testar Estabilidade
Responsáveis	Responsável pelo processo de medição
Participantes	---
Produtos Requeridos	Gráficos de controle para o processo de retrabalho
Produtos Gerados	Processo Estabilizado
Ferramentas	Ferramenta com Funções Estatísticas
Pós-Tarefa	Testar Estabilidade

Quadro 4-20. Tarefa Estabilizar Processo. Fonte: O Autor.

Nome da Tarefa	Gerar Baseline de Processo
Descrição	<p>Gerar a baseline de processo, ou seja, os valores que devem servir de referência para previsão do comportamento futuro do processo.</p> <p>Devem ser identificados:</p> <ul style="list-style-type: none"> • limites superior e inferior previstos para o processo (3 sigma), • média do processo, • limites superior e inferior da amplitude do processo (3 sigma) • média da amplitude. <p>Além destas informações o número de pontos da amostra e período de ocorrência das demandas são informações relevantes para o entendimento do contexto dos dados analisados.</p>
Pré-Tarefa	Testar Estabilidade
Responsáveis	Responsável pelo processo de medição
Participantes	---
Produtos Requeridos	Processo Estabilizado
Produtos Gerados	Baseline de Processo
Ferramentas	Ferramenta com Funções Estatísticas
Pós-Tarefa	Determinar Variáveis Dependentes

Quadro 4-21. Tarefa Gerar Baseline de Processo. Fonte: O Autor.

Nome da Tarefa	Determinar Variáveis Dependentes
Descrição	<p>Analisar as variáveis associadas ao retrabalho e determinar as variáveis dependentes do processo. Variáveis dependentes são as variáveis que se deseja conhecer a equação de correlação. Para análise do retrabalho uma variável dependente que pode ser utilizada é o Esforço Total Realizado de Retrabalho. Neste caso é possível, através da equação gerada, prever o esforço total que será despendido na correção.</p>
Pré-Tarefa	Gerar Baseline de Processo
Responsáveis	Responsável pelo processo de medição
Participantes	---
Produtos Requeridos	Variáveis associadas ao retrabalho identificadas
Produtos Gerados	Variáveis dependentes determinadas
Ferramentas	---

Pós-Tarefa	Analisar Correlação
-------------------	---------------------

Quadro 4-22. Tarefa Determinar Variáveis Dependentes. Fonte: O Autor.

Nome da Tarefa	Preparar Variáveis Categóricas
Descrição	<p>Preparar as variáveis categóricas associadas ao processo de retrabalho. As variáveis categóricas são aquelas cujos valores assumidos não são numéricos, geralmente se trata de classificações ou categorias. Para essas variáveis deve-se associar um valor numérico a cada categoria.</p> <p>Ex: pequeno = 1; médio = 2; grande = 3</p> <p>Após a determinação do valor numérico para cada categoria, as demandas da Base de Medidas Organizacional devem ser atualizados para conter esses valores.</p>
Pré-Tarefa	Gerar Baseline de Processo
Responsáveis	Responsável pelo processo de medição
Participantes	---
Produtos Requeridos	Variáveis associadas ao retrabalho identificadas
Produtos Gerados	Variáveis Categóricas Preparadas
Ferramentas	Ferramenta da base de medidas organizacional
Pós-Tarefa	Gerar Modelo de Desempenho

Quadro 4-23. Tarefa Preparar Variáveis Categóricas. Fonte: O Autor.

Nome da Tarefa	Gerar Modelo de Desempenho
Descrição	<p>Analisar a correlação existente entre as variáveis dependentes e as demais variáveis associadas ao retrabalho. Os seguintes passos devem ser seguidos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identificar as variáveis independentes para compor o modelo de desempenho: As variáveis independentes são aquelas que influenciam no comportamento do processo, ou seja, são significativas na determinação dos valores assumidos pelas variáveis dependentes. • Analisar a correlação entre as variáveis independentes e a variável dependente selecionada. Técnicas como Regressão Multivariada, ANOVA entre outras, podem ser utilizadas para determinar a existência de correlação entre as variáveis.

-
- Identificar as variáveis independentes significantes para o modelo: Devem ser testadas todas as combinações entre as variáveis dependentes e as variáveis associadas ao retrabalho (independentes) a fim de identificar a influência que as variáveis exercem entre si. A análise da significância estatística resultante da regressão entre as variáveis indica a probabilidade de a correlação ser ao acaso. Para considerar a variável como significativa para compor o modelo, o valor de P (P-value) deve ser menor ou igual a 0,05. As variáveis independentes devem ser identificadas uma a uma e deve-se executar diversas rodadas até que todas as variáveis sejam identificadas. Para a rodada 1 deve ser combinada a variável dependente (Esforço Total de Retrabalho) com todas as variáveis associadas aa demanda origem (esforço de desenvolvimento planejado e realizado, esforço de análise planejado e realizado, esforço de desenvolvimento planejado e realizado, esforço de teste planejado e realizado, complexidade da demanda origem). A partir da rodada 2, deve ser combinada a variável dependente juntamente com as variáveis independentes identificadas nas rodadas anteriores até que não existam mais variáveis correlacionadas. Além da significância estatística, deve ser considerado o coeficiente de determinação (R-quadrado ajustado), que determina a performance do modelo. Para o valor de R-quadrado ajustado considera-se que quanto mais próximo a 1 melhor o resultado. Por exemplo um valor de R-quadrado ajustado igual a 0,72 indica que a correlação entre as variáveis é aproximadamente 73% significativa. O coeficiente de determinação é um critério de escolha da variável mais significativa para o modelo, na demanda de mais de uma apresentar significância estatística.
 - Testar Multicolinearidade: Após a identificação das variáveis independentes que influenciam no modelo
-

é necessário testar se essas variáveis não são fortemente relacionadas entre si, evitando um problema de multicolinearidade e garantindo que elas foram selecionadas por serem significantes para o modelo. Para esse teste pode ser utilizado o coeficiente de correlação de Spearman, que para evitar a multicolinearidade precisa apresentar valores menores do que 0,75. Na demanda de existir multicolinearidade uma das variáveis deve ser descartada do modelo, levando-se em consideração a importância que elas exercem no processo de retrabalho.

- Extrair a equação: A equação para determinar a previsibilidade do esforço de retrabalho se dá pela identificação das variáveis independentes que farão parte do modelo, bem como, a criação da equação que determina as variáveis independentes identificadas e seus coeficientes. A equação final deve ser uma equação linear no formato:

$$y = a + bx_1 + cx_2 \dots + z_xn$$

Onde a, b e c são os coeficientes da equação final.

- Gerar modelo de desempenho: A equação final é gerada utilizando os valores do logaritmo natural dos valores da base e deve ser transformada para apresentar os valores reais. Para essa transformação deve ser aplicado o inverso do logaritmo natural de cada lado da equação e assim obter o modelo de desempenho estatístico.

Pré-Tarefa	Determinar Variáveis Dependentes, Preparar Variáveis Categóricas
Responsáveis	Responsável pelo processo de medição
Participantes	---
Produtos Requeridos	Variáveis associadas ao retrabalho identificadas, Variáveis dependentes determinadas, Variáveis Categóricas Preparadas
Produtos Gerados	Modelo de Desempenho Estatístico
Ferramentas	Ferramenta com Funções Estatísticas
Pós-Tarefa	Testar Modelo de Desempenho

Quadro 4-24. Tarefa Gerar Modelo de Desempenho. Fonte: O Autor.

Nome da Tarefa	Testar Modelo de Desempenho
Descrição	Teste do modelo de desempenho gerado com a Base de Medidas Organizacional de retrabalho separada para a execução dos testes. Para testar se o modelo de desempenho pode prever adequadamente o desempenho do processo estudado, deve aplicada a equação com os valores das variáveis independentes extraídos das demandas da base de teste e compará-los com os valores reais realizados de retrabalho destes casos.
Pré-Tarefa	Gerar Modelo de Desempenho
Responsáveis	Responsável pelo processo de medição
Participantes	---
Produtos Requeridos	Modelo de Desempenho Estatístico, Base de Medidas Organizacional de retrabalho para teste.
Produtos Gerados	Resultados do teste do modelo de desempenho
Ferramentas	---
Pós-Tarefa	Realizar Análise do Modelo

Quadro 4-25. Tarefa Testar Modelo de Desempenho. Fonte: O Autor.

Nome da Tarefa	Realizar Análise do Modelo
Descrição	Analisar o resultado da avaliação do modelo de desempenho em termos de precisão e sincronia com a realidade do processo de retrabalho da empresa. Identificar a necessidade de refinamento do modelo de desempenho.
Pré-Tarefa	Testar Modelo de Desempenho
Responsáveis	Responsável pelo processo de medição
Participantes	Gerentes de Projeto
Produtos Requeridos	Resultados do teste do modelo de desempenho, Modelo de Desempenho Estatístico
Produtos Gerados	Resultados da análise do modelo de desempenho gerado
Ferramentas	---
Pós-Tarefa	Refinar Modelo

Quadro 4-26. Tarefa Realizar Análise do Modelo. Fonte: O Autor.

Nome da Tarefa	Refinar Modelo
Descrição	O refinamento do modelo de desempenho pode ser realizado se a organização identificar que ele não está de acordo com a sua realidade. Neste caso pode ser selecionada uma nova amostra de valores, sobre a qual serão executadas as etapas para a geração de um novo modelo até que se obtenha um modelo mais adequado à realidade de cada empresa.
Pré-Tarefa	Realizar Análise do Modelo
Responsáveis	Responsável pelo processo de medição
Participantes	---
Produtos Requeridos	Base de Medidas Organizacional de retrabalho
Produtos Gerados	Modelo de Desempenho Refinado
Ferramentas	Ferramenta da base de medidas organizacional
Pós-Tarefa	---

Quadro 4-27. Tarefa Refinar Modelo. Fonte: O Autor.

4.2.5 Considerações a respeito do Processo Proposto

A partir de uma análise comparativa entre os trabalhos de Montoni et al (2007) e Campos et al (2007), apresentada na revisão da literatura deste documento, um processo preliminar foi gerado para conduzir as atividades iniciais desta pesquisa. Após um processo de construção, onde um ciclo de criação foi seguido repetidas vezes, o processo proposto como objeto de estudo desta dissertação, foi definido. Este processo é composto por 7 atividades principais subdividas em 23 tarefas que foram descritas em detalhes neste capítulo do documento.

Com o processo proposto gerado é possível que empresas desenvolvedoras de software, que atendam às características descritas na seção 1.3 deste documento, possam gerar os seus próprios modelos de desempenho estatísticos para os seus processos de retrabalho, possibilitando assim uma maior confiabilidade nas estimativas de novos projetos. O processo proposto possibilita ainda uma manutenção deste modelo periodicamente, calibrando-o para evoluir em conjunto com os processos da empresa.

4.3 Considerações sobre o Capítulo

Este capítulo apresentou as etapas da Pesquisa Exploratória conduzida em Julho/2010, com nove empresas desenvolvedoras de software que estavam passando por um processo de implantação do modelo MPS nível G. Esta pesquisa tinha o objetivo de entender o cenário de definição e medição de retrabalho nestas empresas, auxiliando assim na delimitação do escopo desta dissertação. Os resultados obtidos propiciaram delimitar o escopo desta dissertação no que diz respeito à caracterização das empresas que poderiam participar deste estudo.

Foram descritos neste capítulo a Pesquisa Exploratória e o processo proposto por esta pesquisa. Este processo derivou de um processo preliminar, que foi criado a partir da Revisão da Literatura e que passou por um ciclo de construção com repetidas rodadas (iterações). Neste capítulo foram descritas as atividades e tarefas do processo proposto, bem como foi apresentado seu fluxo de trabalho.

No capítulo seguinte será apresentada a aplicação do processo proposto em uma empresa selecionada para o estudo e discutido os resultados obtidos com esta aplicação.

CAPÍTULO 5 - APLICAÇÃO DO PROCESSO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

*Sem a informação correta, você será apenas mais uma com
uma opinião.*

(Tracy O'Rourke, CEO - Allen-Bradley)

O capítulo anterior apresentou o desenvolvimento da pesquisa, como foram estruturados os roteiros e protocolos utilizados, bem como, o processo proposto para criação de modelos de desempenho estatístico como apoio nas estimativas de retrabalho em projetos de desenvolvimento de software.

Este capítulo será dedicado a discutir detalhadamente os resultados da pesquisa, com base no referencial teórico apresentado no capítulo 2 deste documento e nas observações coletadas durante o desenvolvimento deste trabalho.

5.1 Contexto da Empresa Estudada

A empresa selecionada para aplicação deste estudo é caracterizada como uma empresa de médio porte pertencente à área médica, que possui um produto de gestão operacional evoluído por meio de demandas internas. Possui processos definidos e institucionalizados de desenvolvimento de software desde o ano de 2003. Possui processo de medição definido e institucionalizado, porém não se submeteu a avaliações de modelos de maturidade como o CMMI e o MPS.BR.

A empresa forneceu duas bases de dados de projetos:

- uma base de projetos ocorridos entre os anos de 2005 e 2008 contendo 734 demandas de projetos onde houve retrabalho
- uma base de projetos ocorridos entre os anos de 2009 e 2010 com 140 demandas de projetos onde houve retrabalho.

A nomenclatura usada na empresa para as demandas onde ocorreram mudanças e onde houve um esforço com retrabalho é REINCIDÊNCIA. Esta será a nomenclatura utilizada na explicação da aplicação do estudo na empresa.

Os seguintes campos da base de dados foram utilizados neste estudo:

- Origem: Número inteiro identificador da demanda origem da reincidência na base de dados. Refere-se à demanda originalmente implementada e que gerou retrabalho por meio da necessidade de ajustes e correções.
- Data Término: Data em que o demanda origem foi finalizado, apresentada no formato (dd/mm/aaaa).
- Prioridade: categoria de complexidade a que se refere à demanda origem. É composto por duas letras, onde a primeira indica a complexidade do produto/componente ao qual a reincidência pertence (Grande, Médio ou Pequeno) e a segunda letra indica a complexidade da reincidência em si (Grande, Médio ou Pequeno). As categorias estão apresentadas no Quadro 5-1. Uma demanda de complexidade MP, por exemplo, indica que o componente afetado pela mudança tem complexidade média (M) e a mudança a ser realizada neste componente tem a complexidade pequena (P).

COMPLEXIDADE	DESCRIÇÃO
GG	Produto Grande e Reincidência Grande
GM	Produto Grande e Reincidência Média
GP	Produto Grande e Reincidência Pequena
MG	Produto Médio e Reincidência Grande
MM	Produto Médio e Reincidência Média
MP	Produto Médio e Reincidência Pequena
PG	Produto Pequeno e Reincidência Grande
PM	Produto Pequeno e Reincidência Média
PP	Produto Pequeno e Reincidência Pequena

Quadro 5-1. Categorias de Complexidade. Fonte: o Autor.

- Horas Prev. Analise Or = Esforço em homens/hora estimado para tratamento da fase de análise da demanda origem, atribuído conforme o campo Prioridade. Podendo assumir valores conforme a Tabela 5-1¹.
- Horas Realiz. Analise Or = Esforço em homens/hora que foi realmente consumido na execução da fase de análise da demanda origem.
- Horas Prev. Desenv Or = Esforço em homens/hora estimado para tratamento da fase de desenvolvimento da demanda origem, atribuído conforme o campo Prioridade. Podendo assumir valores conforme a Tabela 5-1.
- Horas Realiz. Desenv Or = Esforço em homens/hora que foi realmente consumido na execução da fase de desenvolvimento da demanda origem.
- Horas Prev. Testes Or = Esforço em homens/hora estimado para tratamento da fase de teste da demanda origem, atribuído conforme o campo Prioridade. Podendo assumir valores conforme a Tabela 5-1.
- Horas Realiz. Testes Or = Esforço em homens/hora que foi realmente consumido na execução da fase de teste da demanda origem.
- Caso: Número inteiro identificador da reincidência na base de dados, identificador único do registro.
- Dt. Encer.: Data em que a reincidência foi resolvida e encerrada, apresentada no formato (dd/mm/aaaa).
- Clas: categoria de tamanho a que se refere à reincidência. É composto por duas letras, onde a primeira indica a complexidade do produto ao qual a reincidência pertence (Grande, Médio ou Pequeno) e a segunda letra indica a complexidade da reincidência em si (Grande, Médio ou Pequeno). As categorias estão apresentadas no Quadro 5-1, apresentado anteriormente.
- Horas Prev. Analise = Esforço em homens/hora estimado para tratamento da fase de análise da reincidência, atribuído conforme o campo CLAS. Podendo assumir valores conforme a Tabela 5-1.

¹ A empresa estudada possuía uma tabela correlacionando complexidade com esforço para sua realização, distribuído em cada uma das fases do ciclo de vida.

- Horas Realiz. Analise = Esforço em homens/hora que foi realmente consumido na execução da fase de análise para correção da reincidência.
- Horas Prev. Desenv = Esforço em homens/hora estimado para tratamento da fase de desenvolvimento da reincidência, atribuído conforme o campo CLAS. Podendo assumir valores conforme a Tabela 5-1.
- Horas Realiz. Desenv = Esforço em homens/hora que foi realmente consumido na execução da fase de desenvolvimento para correção da reincidência.
- Horas Prev. Testes = Esforço em homens/hora estimado para tratamento da fase de teste da reincidência, atribuído conforme o campo CLAS. Podendo assumir valores conforme a Tabela 5-1.
- Horas Realiz. Testes = Esforço em homens/hora que foi realmente consumido na execução da fase de teste para correção da reincidência.
- CLASSIF. REINC. = Classificação da causa da reincidência. Podendo assumir valores como:
 - Caso liberado sem teste;
 - Falha na definição da análise de negócio;
 - Falha na definição de implementação;
 - Falha na definição do teste;
 - Falha na implementação;
 - Falha na solicitação do Help Desk;
 - Falha no processo de comunicação;
 - Falha no teste.
- CASO REINC = Número inteiro identificador da demanda que deu origem a reincidência.

Fase/Complexidade	P/P	P/M	P/G	M/P	M/M	M/G	G/P	G/M	G/G
Análise	1,5	2,5	4	2,5	3,5	5	3	4	5,5
Desenvolvimento	3	6	9	5,5	8,5	10,5	6	10	15
Teste	3	3,5	4	4	6	6	5	6,5	10

Tabela 5-1. Esforço Planejado x Complexidade. Fonte: O Autor.

5.2 Etapas da Aplicação do Processo Proposto

O processo proposto foi aplicado na empresa e os resultados obtidos serão descritos a seguir.

5.2.1 Atividade: 1. Conhecer a Base - Tarefa: Estudar a Base de Medidas

A Base de Medidas Organizacional foi estudada e as seguintes características foram identificadas:

- Número de itens da base: 734 Demandas de Reincidência, sendo: 71 demandas ocorridas no ano de 2004; 68 no ano de 2005; 119 no ano de 2006; 239 no ano de 2007 e 237 no ano de 2008.
- Categorias de Complexidade: São 9 categorias de complexidade, conforme descrito no Quadro 5-1. Categorias de Complexidade. Fonte: o Autor.
- .Cada demanda de reincidência possui uma complexidade associada a uma das categorias. A Figura 5-1 apresenta a distribuição de valores entre as categorias.

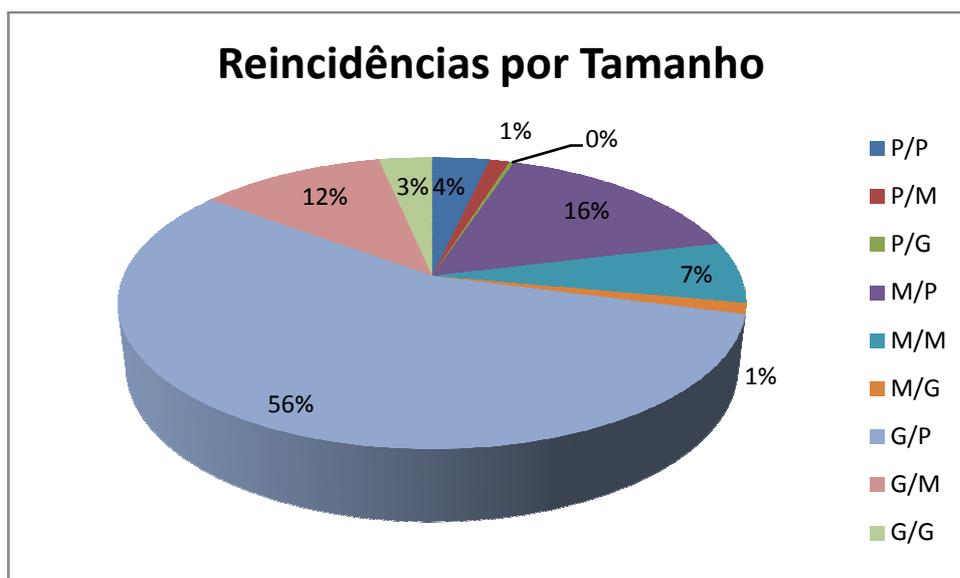


Figura 5-1. Porcentagem de Reincidências por Tamanho. Fonte: O Autor.

Foi possível notar que mais da metade das demandas de reincidência são classificadas como G/P e que as categorias G/P, M/P, G/M juntas totalizam 83,7% das demandas, padrão mantido ao longo dos anos conforme Figura 5-2.

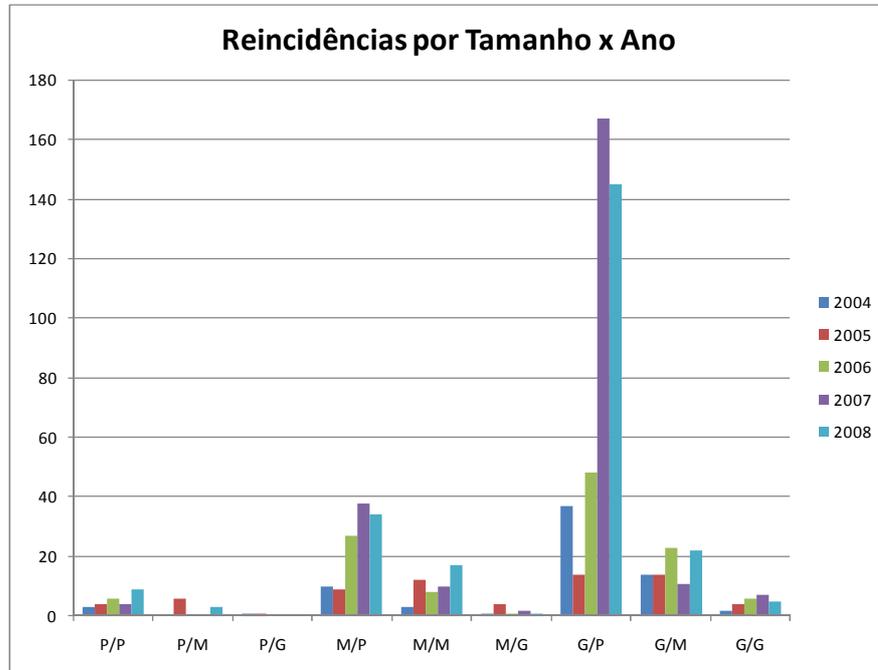


Figura 5-2. Reincidências por Tamanho ao longo dos anos. Fonte: O Autor.

Foram extraídas da base de medidas organizacional informações sobre as causas de reincidência atribuídas para cada demanda. Os valores identificados são apresentados na Figura 5-3.

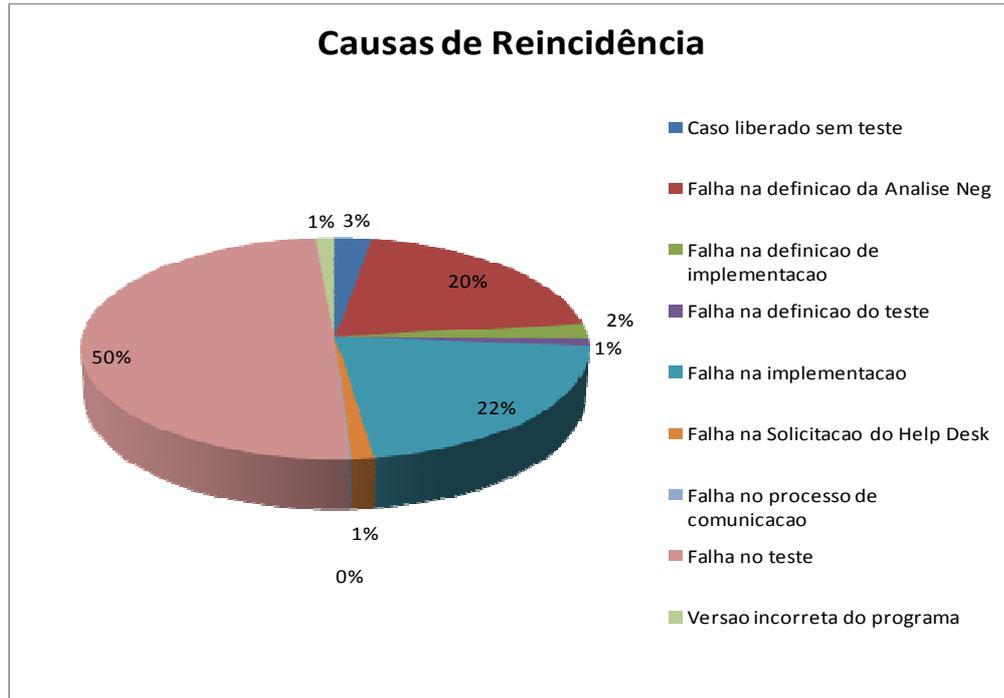


Figura 5-3. Causas de Reincidências. Fonte: O Autor.

Foi possível notar que metade das demandas de reincidência tem sua causa originária em “Falhas no teste” e que as categorias “Falhas no teste”, “Falha na definição da Análise Neg” e “Falha na Implementação” juntas totalizam 91,3% das causas de reincidências.

Analisando as causas de reincidências associadas às categorias de complexidade pode-se perceber que a categoria “Falha nos testes” é predominante em todas as faixas de complexidade. Conforme Figura 5-4.

Durante os seminários de análise na empresa estudada, optou-se por desconsiderar o item relacionado às causas de reincidência, pois é indicado como “Falha nos testes”, se a falha foi descoberta durante a execução dos testes e com isso não é possível identificar precisamente qual a causa da falha.

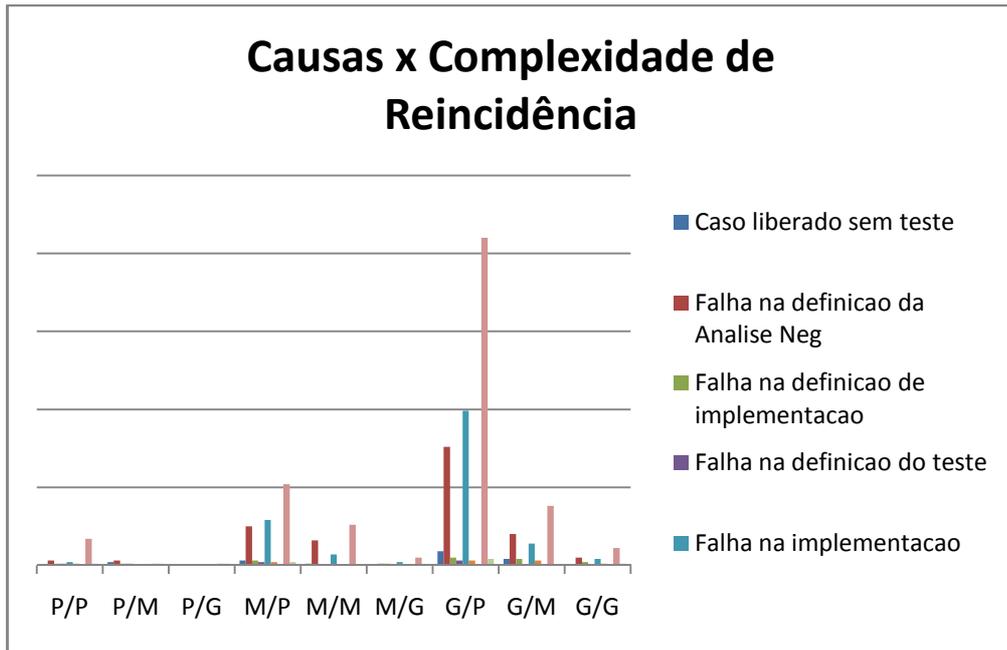


Figura 5-4. Causas x Complexidade de Reincidência. Fonte: O Autor.

5.2.2 Atividade: 1. Conhecer a Base - Tarefa 2: Identificar Medidas Associadas

Foi identificado que os projetos executados entre os anos de 2005 a 2008 seguiram a mesma versão do processo de desenvolvimento, portanto pode ser utilizada toda a amostra selecionada para o estudo. Foram identificadas as medidas associadas ao retrabalho presentes na base de medidas organizacional são elas:

- Esforço de Análise da Reincidência (ANA_REAL_RE): Esforço total gasto para analisar a reincidência solicitada.
- Esforço Planejado de Análise da Reincidência (ANA_PLAN_RE): Esforço total planejado para analisar a reincidência solicitada.
- Esforço de Desenvolvimento da Reincidência (DES_REAL_RE): Esforço total gasto para desenvolver a reincidência solicitada.
- Esforço Planejado de Desenvolvimento da Reincidência (DES_PLAN_RE): Esforço total planejado para desenvolver a reincidência solicitada.
- Esforço de Teste da Reincidência (TES_REAL_RE): Esforço total gasto para testar a reincidência solicitada.

- Esforço Planejado de Teste da Reincidência (TES_PLAN_RE): Esforço total planejado para testar a reincidência solicitada.
- Complexidade da Reincidência (COMP_RE): Complexidade da reincidência. Pode assumir os seguintes valores: P/P; P/M; P/G; M/P;M/M;M/G;G/P;G/M;G/G.
- Esforço de Análise da demanda Origem (ANA_REAL_OR): Esforço total gasto para analisar a demanda que originou a reincidência.
- Esforço Planejado de Análise da demanda Origem (ANA_PLAN_OR): Esforço total planejado para analisar a demanda que originou a reincidência.
- Esforço de Desenvolvimento da demanda Origem (DES_REAL_OR): Esforço total gasto para desenvolver a demanda que originou a reincidência.
- Esforço de Planejado de Desenvolvimento da demanda Origem (DES_PLAN_OR): Esforço total planejado para desenvolver a demanda que originou a reincidência.
- Esforço de Teste da demanda Origem (TES_REAL_OR): Esforço total gasto para testar a demanda que originou a reincidência.
- Esforço Planejado de Teste da demanda Origem (TES_PLAN_OR): Esforço total planejado para testar a demanda que originou a reincidência.
- Complexidade da demanda Origem (COMP_OR): Complexidade da demanda que originou a reincidência. Pode assumir os seguintes valores: P/P; P/M; P/G; M/P;M/M;M/G;G/P;G/M;G/G.

Com essas medidas básicas foi possível a criação de novas medidas derivadas, apresentadas no Quadro 5-2:

MEDIDA	DESCRIÇÃO	FÓRMULA
Esforço total planejado da reincidência (TOTAL_PLAN_RE)	Esforço total planejado para execução da reincidência	$TOTAL_PLAN_RE = \sum ANA_PLAN_RE, DES_PLAN_RE, TES_PLAN_RE$ <i>Onde:</i> ANA_PLAN_RE é o Esforço planejado de Análise da Reincidência, DES_PLAN_RE é o Esforço planejado de desenvolvimento da Reincidência e TES_PLAN_RE é o Esforço de Teste planejado da Reincidência
Esforço total realizado da reincidência (TOTAL_RE)	Esforço total gasto na execução da reincidência	$TOTAL_RE = \sum ANA_REAL_RE, DES_REAL_RE, TES_REAL_RE$ <i>Onde:</i> ANA_REAL_RE é o Esforço realizado de Análise da Reincidência, DES_REAL_RE é Esforço realizado de desenvolvimento da Reincidência e TES_REAL_RE = Esforço realizado de Teste da Reincidência.
Esforço total planejado da demanda origem (TOTAL_PLAN_OR)	Esforço total planejado para a execução da demanda origem da reincidência.	$TOTAL_PLAN_OR = \sum ANA_PLAN_OR, DES_PLAN_OR, TES_PLAN_OR$ <i>Onde:</i> ANA_PLAN_OR é o Esforço planejado de Análise da demanda Origem, DES_PLAN_OR é o Esforço planejado de desenvolvimento da demanda origem e TES_PLAN_OR é o Esforço planejado de teste da demanda origem.
Esforço total realizado da demanda origem (TOTAL_REAL_OR)	Esforço total gasto da execução da demanda origem da reincidência.	$TOTAL_REAL_OR = \sum ANA_REAL_OR, DES_REAL_OR, TES_REAL_OR$ <i>Onde:</i> ANA_REAL_OR é o Esforço realizado de Análise da demanda Origem, DES_REAL_OR = é o Esforço realizado de desenvolvimento da demanda origem e TES_REAL_OR é o Esforço realizado de teste da demanda origem.
Desvio de esforço da reincidência (dRE)	Desvio entre Esforço total planejado e Esforço total realizado da reincidência	$dRE = (TOTAL_RE - TOTAL_PLAN_RE) / TOTAL_PLAN_RE$ <i>Onde:</i> TOTAL_RE = Esforço total realizado da reincidência e TOTAL_PLAN_RE = Esforço total planejado da reincidência
Desvio de esforço da demanda origem (dOR)	Desvio entre Esforço total planejado e Esforço total realizado da demanda origem	$dOR = (TOTAL_REAL_OR - TOTAL_PLAN_OR) / TOTAL_PLAN_OR$ <i>Onde:</i> TOTAL_REAL_OR = Esforço total realizado da demanda origem e TOTAL_PLAN_OR = Esforço total planejado da demanda origem

Quadro 5-2. Medidas Derivadas. Fonte: O Autor.

5.2.3 Atividade: 2. Estabelecer Base - Tarefa 1: Estabelecer Processo de Medição de Retrabalho

Não houve a necessidade de estabelecimento de um novo processo de medição de retrabalho, pois a organização coleta adequadamente as medidas associadas ao retrabalho. Esta coleta é realizada de forma contínua e sistemática.

Considerou-se como medida de Esforço de Retrabalho, a medida derivada Esforço Total Realizado da Reincidência (TOTAL_RE), pois sua definição corresponde à definição dada por Royce (1998) de esforço de retrabalho, conforme Quadro 5-3.

DEFINIÇÃO DA LITERATURA	MEDIDA DERIVADA ASSOCIADA
Esforço de Retrabalho (E) é dado por: $E = \sum H_m$	$TOTAL_RE = \sum ANA_REAL_RE,$ DES_REAL_RE, TES_REAL_RE
<i>Onde</i> : H_m é quantidade de horas gastas com correções de mudanças (análise, codificação, testes e documentação) (ROYCE,1998)	<i>Onde</i> : ANA_REAL_RE é o Esforço realizado de Análise da Reincidência, DES_REAL_RE é Esforço realizado de desenvolvimento da Reincidência e TES_REAL_RE = Esforço realizado de Teste da Reincidência.

Quadro 5-3. Definição da medida Esforço de Retrabalho. Fonte: O Autor.

5.2.4 Atividade: 2. Estabelecer Base - Tarefa 2: Iniciar Medição de Retrabalho

Não houve a necessidade de iniciar nova medição de retrabalho, pois a organização coletava adequadamente as medidas necessárias para a base.

5.2.5 Atividade: 3. Tratar a Base - Tarefa 1: Eliminar Ruídos

Foram eliminados da base as demandas onde alguma das medidas associadas ao retrabalho teve problema na coleta e não era possível utilizar nas

análises. Das 734 demandas da amostra foram eliminados 64, restando então 670 demandas para estudo.

5.2.6 Atividade: 3. Tratar a Base - Tarefa 2: Extrair Casos Válidos

Para que seja possível analisar a relação da demanda de reincidência com a demanda que a originou foi necessário selecionar da base apenas as reincidências onde a demanda origem era conhecido. A nova amostra da pesquisa resultou que dos 670 demandas de reincidência, 32% das demandas apresentam a informação da demanda que originou a reincidência, totalizando 216 demandas. Em discussões realizadas em workshop promovido na empresa, foi identificado que ocorreu um problema no procedimento de backup da base de dados e alguns dados de demandas origem foram perdidos.

Foi identificada a existência de mais um processo de desenvolvimento dentre as demandas da base. Para análise do comportamento do processo é necessário selecionar as demandas que seguiram o mesmo processo, desta forma, para a continuidade do estudo foram selecionados as demandas onde todas as fases do ciclo de vida seguiram o mesmo processo de desenvolvimento. Em algumas situações, o processo da empresa permite uma adaptação, eliminando alguma das fases. Esta adaptação do processo foi removida da base, mantendo-se apenas os registros onde o processo padrão completo foi executado. Com esta nova extração, o total de demandas da amostra resultou em 154 demandas para estudo.

5.2.7 Atividade: 3. Tratar a Base - Tarefa 3: Organizar a Base

A base original foi exportada da ferramenta da base de medidas da organização em formato texto. A base foi convertida para formato de planilha MS-Excel para facilitar a manipulação dos dados.

A base foi organizada para ser lida pela ferramenta MINITAB 16, que foi a ferramenta estatística utilizada para a realização deste estudo. Esta ferramenta permite a importação de planilhas em formato MS-Excel.

5.2.8 Atividade: 4. Entender Contexto - Tarefa 1: Analisar Características da Origem

Foram analisadas algumas características das demandas origem das reincidências que resultaram na identificação de alguns padrões de comportamento.

Foram pesquisadas e coletadas as informações das demandas origem associados aas demandas de reincidência selecionados e classificados conforme a sua complexidade. E encontram-se distribuídos de acordo com a Figura 5-5.

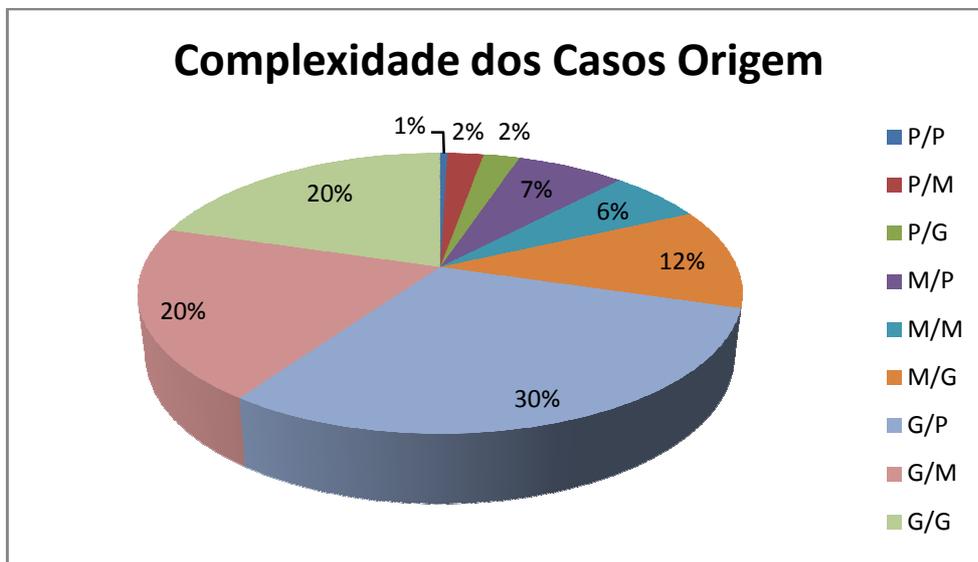


Figura 5-5. Demandas Origem x Complexidade. Fonte: O Autor.

Foi possível identificar que dos 154 demandas estudados, 82 apresentaram valor de horas realizadas de análise da reincidência = 0. A falta da fase de análise nas demandas de reincidência demonstra um padrão de execução de processo sem essa fase do ciclo de vida. Em discussões com a empresa foi identificado que este é um comportamento padrão do processo.

5.2.9 Atividade: 4. Entender Contexto - Tarefa 2: Identificar Tendência de Retrabalho

Analisando as características das demandas origem em relação às reincidências solicitadas, foi possível notar que 70% das demandas originários de

reincidências tiveram a sua complexidade classificada nas categorias G/P, G/M e G/G, ou seja, produtos (componentes) grandes têm tendência maior de retrabalho em relação aos demais produtos e deve ser dada uma atenção especial a eles no planejamento.

5.2.10 Atividade: 4. Entender Contexto - Tarefa 3: Realizar Seminários de Análise

Seminários de análise dos dados de contexto da organização foram realizados com objetivo de identificar se as análises da Base de Medidas Organizacional feita até o momento eram condizentes com a realidade da organização. Durante os seminários foi possível confirmar que a análise realizada estava de acordo com as características da empresa e, portanto, se tornava viável a continuação do estudo.

Algumas descobertas importantes foram feitas durante os seminários como: problemas com backup da base de reincidências no ano de 2006, onde houve uma perda de dados de demandas origem, explicando o motivo de apenas 32% das demandas de reincidência da base informarem qual a sua origem; e a identificação de que é comum a prática de ocorrer a fase de análise nas demandas de reincidências foram obtidas.

5.2.11 Atividade: 5. Preparar Dados - Tarefa 1: Testar Normalidade da Base

A distribuição normal é requerida em estudos estatísticos para aumentar a confiabilidade dos dados analisados. O teste de normalidade de Anderson – Darling foi utilizado para testar a normalidade das medidas associadas ao retrabalho. Foi identificado que as medidas não seguiam a distribuição normal. O que é uma característica comum no que se refere a medidas de projetos de desenvolvimento de software.

5.2.12 Atividade: Atividade: 5. Preparar Dados - Tarefa 2: Normalizar Dados

Para a normalização das medidas associadas ao retrabalho foi utilizada a Transformação de Box-Cox com $\lambda = 0$ (parâmetro utilizado para transformação dos dados em seu logaritmo natural), resultando assim em dados normalizados.

5.2.13 Atividade: 5. Preparar Dados - Tarefa 3: Dividir Base

A base de dados foi dividida em 3 partes seguindo a proposta do Método Hold-Out, onde 2/3 das demandas são usados para geração do modelo e 1/3 das demandas são usados para teste do modelo de desempenho. Das 154 demandas extraídas para estudo, 102 foram selecionadas para a geração do modelo e 52 foram separadas para serem utilizados no teste do modelo gerado. Esta seleção foi aleatória, não sendo utilizado nenhum critério de separação.

5.2.14 Atividade: 6. Gerar Baseline de Processo - Tarefa 1: Gerar Gráficos de Controle

Os gráficos de controle demonstram o comportamento do processo ao longo de um período de tempo. Para retratar essa realidade, as 102 demandas foram ordenados cronologicamente do mais antigo para o mais novo. O gráfico de controle XmR (Média e Amplitude Móvel), para valores individuais (um único subgrupo), foi gerado para variável que armazena o valor do esforço total de retrabalho realizado na reincidência, apresentado na Figura 5-6.

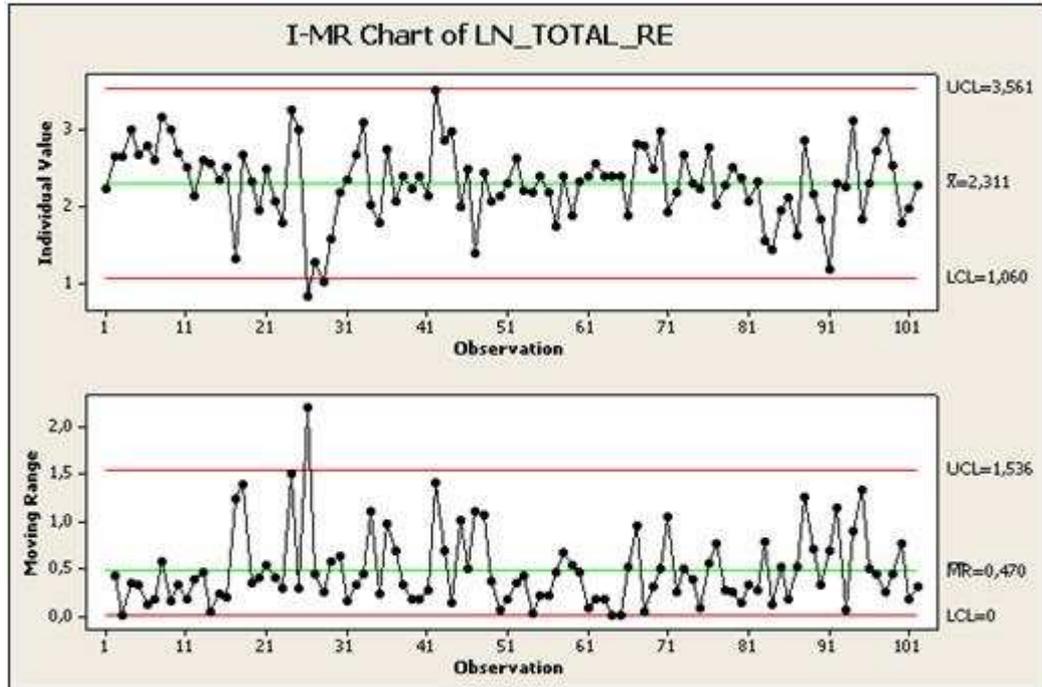


Figura 5-6. Gráfico de Controle do Esforço de Retrabalho. Fonte: O Autor.

5.2.15 Atividade: 6. Gerar Baseline de Processo - Tarefa 2: Testar Estabilidade

Para a geração da baseline de processo é preciso que o processo estudado esteja estável. Para verificar a estabilidade do processo de retrabalho da empresa estudada foram utilizados 4 testes de estabilidade conforme Quadro 5-4. Estes testes devem ser interpretados da seguinte forma: caso algum dos testes seja positivo, indica que o processo não está estável.

TESTE DE ESTABILIDADE	DESCRIÇÃO	RESULTADO
T1	Existência de pontos fora dos limites superior e inferior nos gráficos de controle.	Positivo
T2	Existência de 4 entre 5 pontos no mesmo lado da linha de 2 sigma nos gráficos de controle.	Positivo
T3	Existência de 3 entre 4 pontos no mesmo lado da linha de 1 sigma nos gráficos de controle.	Negativo
T4	Existência de 8 pontos consecutivos de um mesmo lado da linha central nos gráficos de controle.	Negativo

Quadro 5-4. Resultado da aplicação dos testes de estabilidade. Fonte: (CARLETON; PAULK, 1997)

Conforme Quadro 5-4 os testes T1, T2, T3 e T4 foram executados e existiram pontos que não atenderam aos testes T1 e T2, necessitando assim de uma estabilização do processo.

Os pontos assinalados na Figura 5-7, apresentam as variações excepcionais no processo de retrabalho da empresa estudada. Pode ser notado que existem pontos fora dos limites superior e inferior e pelo menos 4 pontos do mesmo lado da linha de 2 sigma.

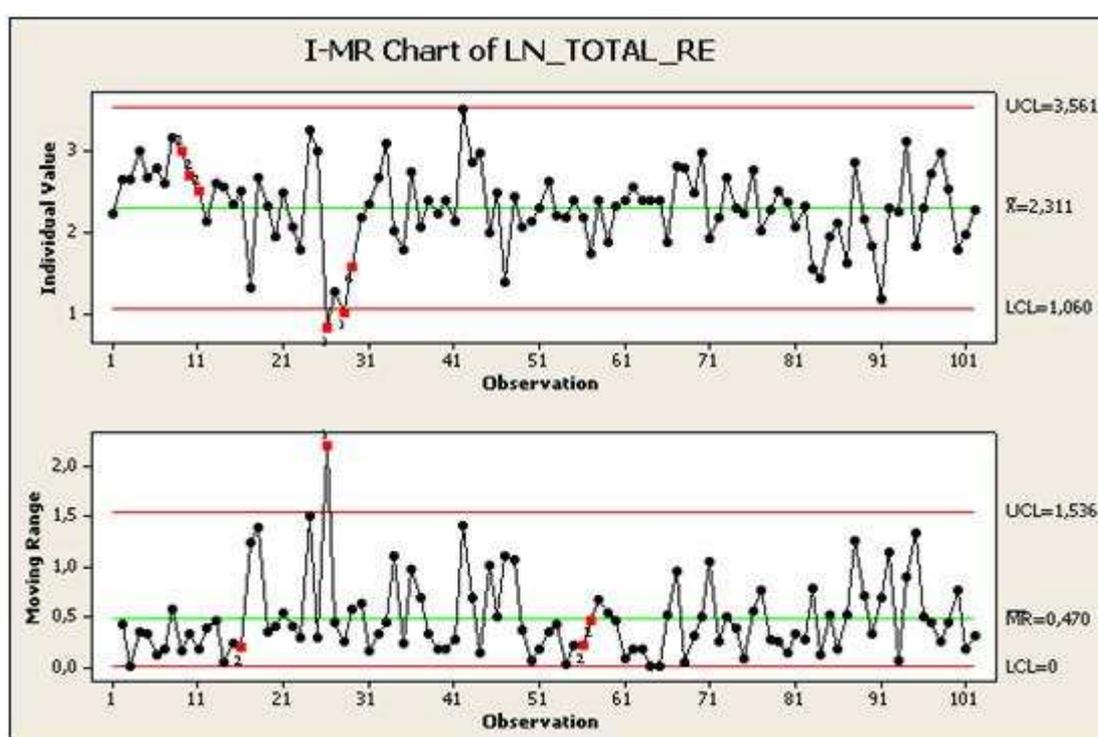


Figura 5-7. Variações excepcionais no processo de Retrabalho. Fonte. O Autor.

5.2.16 Atividade: 6. Gerar Baseline de Processo - Tarefa 3: Estabilizar Processo

Para a estabilização do processo é necessário a eliminação das causas especiais de variações. Essas causas especiais se originam dos pontos que não atendem aos testes de estabilidade e a eliminação destes pontos provê o conjunto de pontos que representa o processo estável requerido.

Para o processo de retrabalho da empresa estudada foram identificados alguns pontos onde causas especiais de variação ocorreram. Em análise destes

pontos pode ser observado que se tratam de demandas do tipo GG, onde o tempo previsto para a realização da tarefa se encontra na última faixa de valores, conforme Tabela 5-1, o que pode causar uma certa imprecisão nas estimativas de tarefas maiores além de algumas demandas desenvolvidas por integrantes da equipe com pouca experiência no processo da empresa.

Da amostra inicial dos 102 pontos foram sendo eliminadas as causas especiais de variação em diversas rodadas até se obter o processo estabilizado. Um ponto pode não atender a mais de um teste com isto a cada eliminação devem ser executados novamente os teste de estabilidade. Os pontos eliminados ocorreram conforme Quadro 5-5.

Teste	Pontos Eliminados
T1	5
T2	0
T3	0
T4	13

Quadro 5-5. Pontos eliminados para estabilização do processo. Fonte. O Autor.

Após a estabilização restaram 84 pontos que representam o processo estável de retrabalho da empresa estudada, apresentados na Figura 5-8.

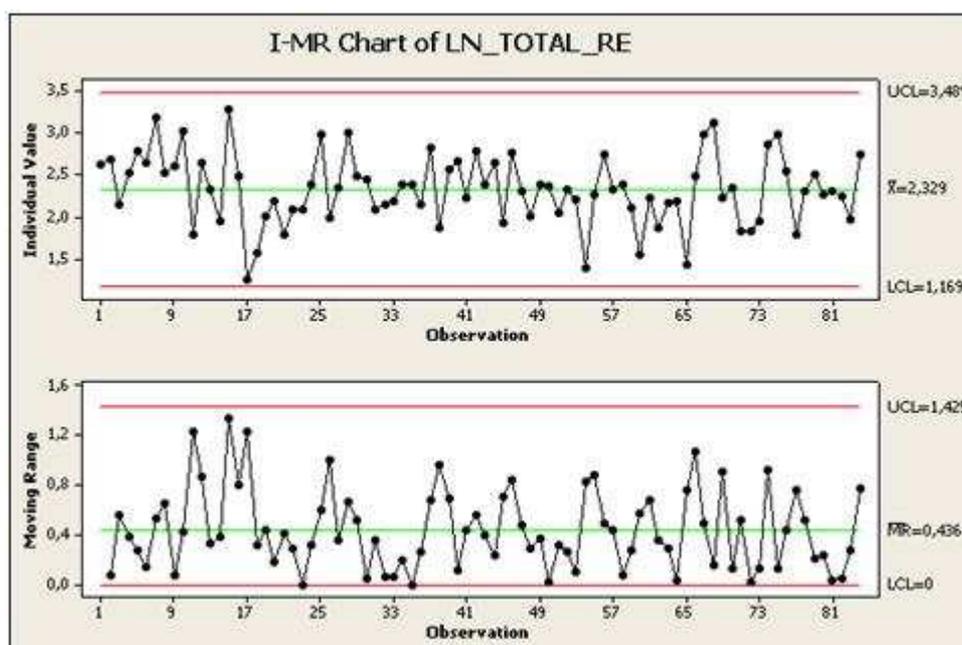


Figura 5-8. Processo de retrabalho estabilizado. Fonte: O Autor.

5.2.17 Atividade: 6. Gerar Baseline de Processo - Tarefa 4: Gerar Baseline de Processo

Após a estabilização do processo, a baseline gerada apresentou as características descritas na Tabela 5-2.

PROPRIEDADE	VALOR
Amostra	84 pontos
Limite superior	3,489
Média	2,329
Limite inferior	1,169
Limite superior da amplitude	1,425
Média da amplitude	0,436
Limite inferior da amplitude	0
Período	13/01/2005 a 29/12/2008

Tabela 5-2. Características da baseline do processo de retrabalho. Fonte: O Autor.

5.2.18 Atividade: 7. Gerar Modelo de Desempenho Estatístico - Tarefa 1: Determinar Variáveis Dependentes

Uma variável dependente foi selecionada para ser conhecida a sua equação de correlação, o que determina o modelo de desempenho estatístico. Para análise do retrabalho foi utilizada a medida Esforço Total Realizado da Reincidência (TOTAL_RE), que indica o esforço de retrabalho, para determinar o modelo de desempenho a ser utilizado para a previsão do esforço a ser despendido com retrabalho em projetos futuros. Esta é a variável que se deseja prever no início do projeto, de forma a conhecer o possível retrabalho resultante.

5.2.19 Atividade: 7. Gerar Modelo de Desempenho Estatístico - Tarefa 2: Preparar Variáveis Categóricas

Para este estudo foram selecionadas duas variáveis categóricas, ou seja, aquelas cujos valores assumidos não são numéricos e geralmente se tratam de classificações ou categorias. São elas: Complexidade da Origem (COMP_OR) e Complexidade da Reincidência (COMP_RE) cujos valores atribuídos encontram-se na Tabela 5-3.

COMPLEXIDADE DA ORIGEM	VALOR ATRIBUÍDO	COMPLEXIDADE DA REINCIDÊNCIA	VALOR ATRIBUÍDO
P/P	1	P/P	1
P/M	2	P/M	2
P/G	3	P/G	3
M/P	4	M/P	4
M/M	5	M/M	5
M/G	6	M/G	6
G/P	7	G/P	7
G/M	8	G/M	8
G/G	9	G/G	9

Tabela 5-3. Valores atribuídos para as variáveis categóricas. Fonte: O Autor.

5.2.20 Atividade: 7. Gerar Modelo de Desempenho Estatístico - Tarefa 4: Gerar Modelo de Desempenho

Para a geração do modelo de desempenho estatístico do processo de retrabalho para este estudo primeiramente foram identificadas as variáveis independentes, ou seja, aquelas que exercem influência sobre o retrabalho. Foram selecionadas variáveis associadas aas demandas origem, para identificar qual a relação da demanda origem com o retrabalho gerado e a sua utilização no planejamento das reincidências. Para isso as seguintes variáveis foram selecionadas para análise da correlação entre elas e o esforço realizado com retrabalho:

- Esforço total planejado da origem (TOTAL_PLAN_OR);
- Esforço total realizado da origem (TOTAL_REAL_OR);

- Esforço previsto de análise da origem (ANA_PLAN_OR);
- Esforço realizado de análise da origem (ANA_REAL_OR);
- Esforço previsto de desenvolvimento da origem (DES_PLAN_OR);
- Esforço realizado de desenvolvimento da origem (DES_REAL_OR);
- Esforço previsto de teste da origem (TES_PLAN_OR);
- Esforço realizado de teste da origem (TES_REAL_OR);
- Complexidade da origem (COMP_OR).

Foram analisadas as correlações entre essas variáveis, ditas variáveis independentes, e a variável dependente selecionada (TOTAL_RE), para descobrir quais as que influenciavam no resultado final.

A técnica de Regressão Multivariada foi utilizada para identificar as correlações entre as variáveis dependentes e independentes.

Para testar o nível de correlação entre as variáveis foi utilizada a significância estatística, ou seja, o valor de P (p-value) resultante da correlação entre as variáveis, que indica a probabilidade da correlação ter ocorrido ao acaso. Para considerar a variável como significativa para o modelo, o valor de P (p-value) deve ser menor ou igual a 0,05. Além da significância estatística, foi utilizado o coeficiente de determinação R-quadrado ajustado (adjusted R-square value), que determina a performance do modelo. Para o coeficiente de determinação considera-se que quanto mais próximo a 1 melhor o resultado.

Foram realizadas quatro rodadas de correlações, a primeira rodada mostrou a primeira variável independente significativa para o modelo, a segunda rodada indicou a segunda variável independente significativa a partir da combinação da variável dependente com a primeira variável independente identificada e a terceira rodada indicou a terceira variável independente significativa a partir da combinação da variável dependente com as outras duas variáveis independentes selecionadas nas rodadas anteriores. Uma quarta rodada foi realizada combinando a variável dependente com as 3 variáveis independentes selecionadas, mas não houve correlação com mais variáveis independentes o que indica o modelo de desempenho gerado na rodada 3 é o modelo final.

Rodada 1: A primeira variável independente significativa foi identificada como sendo o esforço realizado no desenvolvimento da demanda origem

(DES_REAL_OR). O valor de P (p-value) ficou abaixo de 0,05, para duas variáveis DES_PLAN_OR e DES_REAL_OR, mas analisando o valor do coeficiente de determinação, a variável DES_REAL_OR indicou uma melhor performance (86%), contra 41% da variável DES_PLAN_OR, conforme tabela Tabela 5-4.

VARIÁVEL DEPENDENTE	VARIÁVEL INDEPENDENTE	P	Adj R-SQ
TOTAL_RE	TOTAL_PLAN_OR	0,120	0,04
TOTAL_RE	TOTAL_REAL_OR	0,099	0,045
TOTAL_RE	ANA_PLAN_OR	0,107	0,0430
TOTAL_RE	ANA_REAL_OR	0,565	0,060
TOTAL_RE	DES_PLAN_OR	0,020	0,410
TOTAL_RE	DES_REAL_OR	0,021	0,860
TOTAL_RE	TES_PLAN_OR	0,136	0,0370
TOTAL_RE	TES_REAL_OR	0,110	0,420
TOTAL_RE	COMP_OR	0,274	0,0429

Tabela 5-4. Resultados da análise de correlação – Rodada 1. Fonte: O Autor.

Rodada 2: A segunda variável independente significativa foi identificada como sendo o esforço realizado na análise da demanda origem (ANA_REAL_OR), na qual o valor de P (p-value) ficou abaixo de 0,05, e o coeficiente de determinação indica que a performance desta combinação está em torno de 47%, conforme Tabela 5-5.

VARIÁVEL DEPENDENTE	VARIÁVEL INDEPENDENTE	P	Adj R-SQ
TOTAL_RE com DES_REAL_OR	TOTAL_PLAN_OR	0,070	0,080
TOTAL_RE com DES_REAL_OR	TOTAL_REAL_OR	0,065	0,089
TOTAL_RE com DES_REAL_OR	ANA_PLAN_OR	0,071	0,086
TOTAL_RE com DES_REAL_OR	ANA_REAL_OR	0,018	0,470
TOTAL_RE com DES_REAL_OR	DES_PLAN_OR	0,071	0,086
TOTAL_RE com DES_REAL_OR	TES_PLAN_OR	0,068	0,056
TOTAL_RE com DES_REAL_OR	TES_REAL_OR	0,064	0,089
TOTAL_RE com DES_REAL_OR	COMP_OR	0,071	0,086

Tabela 5-5. Resultados da análise de correlação – Rodada 2. Fonte: O Autor.

Rodada 3: A terceira variável independente significativa foi identificada como sendo o esforço realizado no teste da demanda origem (TES_REAL_OR), o valor de P (p-value) ficou abaixo de 0,05, e o coeficiente de determinação indica que a performance desta combinação está em torno de 25%, conforme Tabela 5-6.

VARIÁVEL DEPENDENTE	VARIÁVEL INDEPENDENTE	P	Adj R-SQ
TOTAL_RE com DES_REAL_OR com ANA_REAL_OR	TOTAL_PLAN_OR	0,063	0,13
TOTAL_RE com DES_REAL_OR com ANA_REAL_OR	TOTAL_REAL_OR	0,052	0,15
TOTAL_RE com DES_REAL_OR com ANA_REAL_OR	ANA_PLAN_OR	0,054	0,1330
TOTAL_RE com DES_REAL_OR com ANA_REAL_OR	DES_PLAN_OR	0,061	0,1310
TOTAL_RE com DES_REAL_OR com ANA_REAL_OR	TES_PLAN_OR	0,054	0,1280
TOTAL_RE com DES_REAL_OR com ANA_REAL_OR	TES_REAL_OR	0,020	0,250
TOTAL_RE com DES_REAL_OR com ANA_REAL_OR	COMP_OR	0,060	0,1330

Tabela 5-6. Resultados da análise de correlação – Rodada 3. Fonte: O Autor.

Rodada 4: Não foram identificadas variáveis independentes nessa rodada, conforme Tabela 5-7, nenhuma das combinações apresentou o valor de P (p-value) menor ou igual a 0,05.

Portanto, o modelo de desempenho deve ser composto pelas variáveis: Esforço Total da Reincidência (TOTAL_RE), Esforço Realizado de Desenvolvimento da Origem (DES_REAL_OR), Esforço Realizado de Análise da Origem (ANA_REAL_OR) e Esforço Realizado de Teste da Origem (TES_REAL_OR).

VARIÁVEL DEPENDENTE	VARIÁVEL INDEPENDENTE	P	Adj R-SQ
TOTAL_RE com DES_REAL_OR com ANA_REAL_OR com TES_REAL_OR	TOTAL_PLAN_OR	0,100	0,12
TOTAL_RE com DES_REAL_OR com ANA_REAL_OR com TES_REAL_OR	TOTAL_REAL_OR	0,300	0,1020
TOTAL_RE com DES_REAL_OR com ANA_REAL_OR com TES_REAL_OR	ANA_PLAN_OR	0,600	0,088
TOTAL_RE com DES_REAL_OR com ANA_REAL_OR com TES_REAL_OR	DES_PLAN_OR	0,321	0,0120
TOTAL_RE com DES_REAL_OR com ANA_REAL_OR com TES_REAL_OR	TES_PLAN_OR	0,342	0,1020
TOTAL_RE com DES_REAL_OR com ANA_REAL_OR com TES_REAL_OR	COMP_OR	0,075	0,1430

Tabela 5-7. Resultados da análise de correlação – Rodada 4. Fonte: O Autor.

Para testar a existência de multicolinearidade foi utilizado o coeficiente de correlação de Spearman, que precisa apresentar valores menores do que 0,75 para que as variáveis sejam incluídas no modelo final. A Tabela 5-8 apresenta os valores do coeficiente de correlação de Spearman para as variáveis independentes selecionadas para fazer parte do modelo e indicou que não existe multicolinearidade entre elas.

VARIÁVEL 1	VARIÁVEL 2	COEFICIENTE
DES_REAL_OR	ANA_REAL_OR	0,443686
DES_REAL_OR	TES_REAL_OR	0,508086
ANA_REAL_OR	TES_REAL_OR	0,623529

Tabela 5-8. Teste de multicolinearidade entre variáveis do modelo. Fonte: O Autor.

A Equação 5-1, apresenta a equação de correlação que foi gerada a partir das variáveis identificadas.

Equação 5-1. Equação de correlação. Fonte: O Autor.

$$\text{TOTAL_RE} = 2,02 + 0,205 \text{ DES_REAL_OR} - 0,210 \text{ ANA_REAL_OR} + 0,110 \text{ TES_REAL_OR}$$

Como os dados utilizados foram normalizados para seu logaritmo natural é necessário que a equação seja transformada para atender aos valores reais da base de dados aplicando o inverso do logaritmo natural.

O modelo de desempenho gerado para o processo de retrabalho da empresa estudada está apresentado na Equação 5-2.

Equação 5-2. Modelo de Desempenho Estatístico. Fonte: O Autor.

$$E = e^{2,02} * des_{realor}^{0,205} * ana_{realor}^{-0,210} * tes_{realor}^{0,110}$$

5.2.21 Atividade: 7. Gerar Modelo de Desempenho Estatístico - Tarefa 5: Testar Modelo de Desempenho

Para testar o modelo de desempenho foram realizadas duas instâncias de teste:

- Primeira instância: Na separação da base em 3 partes, 2/3 das demandas foram utilizados para a geração do modelo e 1/3 foi separado para os testes, ou seja, 102 demandas foram utilizados para a geração do modelo e 52 demandas separadas para o teste. Aplicando o modelo gerado nestas 52 demandas teve-se um desvio médio de 26,6% do que seria previsto pelo modelo com que realmente foi executado. A Tabela 5-9 apresenta os valores extraídos da base para demonstrar o teste do modelo. Pode ser notado que o esforço de retrabalho previsto pelo modelo de desempenho resultou em algumas demandas em valores menores do que os valores realizados na prática, isso poderia acarretar uma estimativa otimista o que poderia impactar em atrasos no desenvolvimento do projeto. Em outras demandas, o modelo resultou em valores maiores do que os ocorridos, fazendo com que a estimativa tenha uma folga para tratar imprevistos. Uma outra questão a ser considerada é que em 16 demandas desta instância de teste o desvio ficou acima de 30%, isso indica que o modelo pode ser utilizado para auxiliar na estimativas mas necessita de novas medidas para se tornar mais preciso. O acréscimo do desvio médio ao valor do esforço previsto pelo modelo pode minimizar esta diferença.

Esforço de Retrabalho Previsto pelo Modelo	Esforço de Retrabalho Realizado	Desvio (Esforço Previsto x Esforço Realizado)
12,0239	13,77	-0,1452
9,0734	12,5	-0,3776
11,1444	13,5	-0,2114
14,6770	20,5	-0,3967
13,2809	14,92	-0,1234
12,1601	13,08	-0,0757
10,5244	9	0,1448
11,7208	11	0,0615
8,4130	12	-0,4264
10,2842	11,5	-0,1182
9,3940	9	0,0419
9,6894	11	-0,1353
10,1553	11	-0,0832
11,88605187	8,5	0,2849
11,53680677	10	0,1332
11,94024799	11	0,0787
14,03286298	16,85	-0,2008
14,09359428	13	0,0776
11,18596482	14,5	-0,2963
9,401472666	9,33	0,0076
10,64705939	16,3	-0,5309
11,66276336	11	0,0568
10,28420256	14	-0,3613
11,2559616	6,92	0,3852
10,42056645	16	-0,5354
11,18596482	9,98	0,1078
10,36905494	7,5	0,2767
11,66276336	10,9	0,0654
11,60479476	10,72	0,0762
12,76214308	7,83	0,3865
10,60300263	10,17	0,0408
11,53680677	9,17	0,2052
10,95191	15,75	-0,4381
11,41021989	10,17	0,1087
14,09359428	10,97	0,2216
9,385907315	8,28	0,1178
7,72624914	4,7	0,3917
10,89683837	6,5	0,4035
9,710681159	8,67	0,1072
10,12591436	8,93	0,1181
14,03286298	12,1	0,1377

Esforço de Retrabalho Previsto pelo Modelo	Esforço de Retrabalho Realizado	Desvio (Esforço Previsto x Esforço Realizado)
14,03286298	19,7	-0,4038
12,93889888	9,27	0,2836
13,90747376	10,57	0,2400
8,593475062	6,28	0,2692
11,92688832	7	0,4131
12,49231933	17,5	-0,4009
9,09808734	10	-0,0991
12,77295224	9,71	0,2398
10,9700885	10	0,0884
11,61961986	7,17	0,3829
11,57400112	15,5	-0,3392

Tabela 5-9. Resultados da primeira instância de teste do modelo. Fonte: O Autor.

Segunda Instância: A empresa forneceu uma segunda base de dados de reincidências ocorridas nos anos de 2010 e 2011, considerando os critérios para a extração de demandas válidas para o estudo. A base de teste foi composta por 27 demandas. Aplicando o modelo gerado nestas demandas teve-se um desvio médio de 27,5% do que seria previsto pelo modelo com que realmente foi executado. Pode ser notado que o esforço de retrabalho previsto pelo modelo de desempenho resultou em algumas demandas em valores menores do que os valores realizados na prática e outros em valores maiores, além de em 13 demandas o desvio ficou acima de 30%, da mesma forma que a primeira instância de teste. Confirmando assim que novas medidas precisam ser coletadas para aumentar a precisão do modelo, mas que ele auxilia nas estimativas e esta diferença pode ser minimizada com o acréscimo do valor do desvio médio ao esforço previsto pelo modelo.

Esforço de Retrabalho Previsto pelo Modelo	Esforço de Retrabalho Realizado	Desvio (Esforço Previsto x Esforço Realizado)
8,929810698	6,5	0,272101031
8,991427172	11,9	-0,323482888
9,313071329	5,15	0,447013792
9,313071329	10,533333333	-0,131026808
13,28676746	5,566666667	0,581036796
9,918227642	12,583333333	-0,268707857
13,28676746	7,166666667	0,460616234
11,48535199	10,083333333	0,122070152
12,19925795	12,55	-0,028751097
9,932439615	9,666666667	0,026758073
8,585609529	3,8	0,557398926
10,37501096	14,9	-0,436143061
9,63438421	4	0,584820377
9,63438421	6	0,377230566
12,50619419	8,016666667	0,358984313
8,913037534	4,783333333	0,463332975
13,8451327	11,483333333	0,17058698
10,63880163	5,333333333	0,498690405
14,4331693	17,166666667	-0,189389961
8,945221309	10,816666667	-0,209211745
6,055556235	8,7	-0,436697086
8,945221309	8,616666667	0,036729627
11,47911329	11,5	-0,001819541
11,34685667	6,483333333	0,428622964
8,06879923	7	0,132460754
8,06879923	7,9	0,020919994

Tabela 5-10. Resultados da segunda instância de teste do modelo. Fonte: O Autor.

5.2.22 Atividade: 7. Gerar Modelo de Desempenho Estatístico - Tarefa 6: Realizar Análise do Modelo

Após a execução dos testes foi possível identificar que há necessidade de novas coletas de medidas do processo com o uso do modelo de desempenho, para que, com o passar do tempo, os valores se tornem mais precisos e o modelo seja calibrado. Em análise com especialistas no processo da empresa, realizada nos seminários de estudos, pode-se identificar que o aumento do desvio na base de dados de 2010 e 2011 se deu por uma troca de integrantes da equipe de desenvolvimento. Alguns integrantes novos foram contratados e, por falta de experiência no processo da empresa, podem ter influenciado nos resultados dos projetos realizados neste período. Mas foi possível identificar que o uso do modelo

de desempenho estatístico é útil na previsão do esforço de retrabalho e pode auxiliar a empresa na estimativa de seus projetos futuros.

5.2.23 Atividade: 7. Gerar Modelo de Desempenho Estatístico - Tarefa 7: Refinar Modelo

Conforme os resultados alcançados não houve necessidade de refinamento deste modelo neste momento, pois ele corresponde à realidade da empresa estudada. O que se pretende fazer é utilizá-lo em projetos futuros e fazer a calibração com a execução de uma nova instância deste processo proposto para gerar um novo modelo mais preciso, que deverá ocorrer periodicamente com a frequência que a empresa julgar necessária.

5.3 Considerações a Respeito da Aplicação do Processo

O processo proposto foi aplicado na empresa estudada e foi possível notar que a geração de um modelo de desempenho estatístico para o processo de retrabalho no desenvolvimento de projetos auxilia a previsibilidade e pode ser utilizado no planejamento de novos projetos desde que estes sigam o mesmo processo padrão.

O uso de um modelo de desempenho estatístico pode promover uma maior precisão nas estimativas visto que ele deriva da análise do comportamento do processo e pode ser calibrado periodicamente para que sua precisão aumente com o passar do tempo e com a inserção de novas instâncias de execução dos processos no repositório organizacional de medidas.

5.4 Considerações sobre o Capítulo

Este capítulo apresentou a discussão dos resultados alcançados com a execução da pesquisa após a aplicação do processo proposto em uma empresa de desenvolvimento de software que atendia as características requeridas por este estudo. O próximo capítulo apresenta as considerações finais, contribuição e limitações da pesquisa, bem como, trabalhos futuros.

CAPÍTULO 6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

*O homem que remove montanhas começa
carregando pedras pequenas.
(Provérbio Chinês)*

O capítulo anterior apresentou as discussões a cerca do desenvolvimento da pesquisa aplicada a uma empresa de desenvolvimento de software.

Este capítulo apresenta as considerações finais deste trabalho, incluindo questões pertinentes à contribuição da pesquisa, limitações e relevância do estudo, bem como, a indicação de trabalhos futuros.

6.1 Relevância do estudo

A medição de software vem sendo uma das principais preocupações da Engenharia de Software nas duas últimas décadas. Estudos apresentados na revisão da literatura deste documento mostram que empresas de software ainda têm grande dificuldade em estimar e medir seus projetos. O uso de técnicas estatísticas é ainda recente para muitas empresas da área de software, pois necessita de uma certa maturidade em desenvolvimento, o que se dá com a evolução da organização e da execução, com qualidade, dos processos de software.

Além da grande dificuldade com medição, as empresas de software apresentam a característica de ocorrência rotineira de esforço com retrabalho, ou seja, esforço em corrigir o que não foi feito corretamente da primeira vez. Através deste estudo e da revisão da literatura a respeito de retrabalho em software, ficou claro que grande parte das empresas não estima adequadamente o esforço que gastará com retrabalho.

Com base neste cenário, o presente trabalho é relevante para as empresas, devido ao seu aspecto apoiador, pois propicia às empresas desenvolvedoras de

software gerar seus próprios modelos de desempenho, entender sua realidade quanto ao comportamento do processo de retrabalho, além de possibilitar uma manutenção deste modelo periodicamente, permitindo que a precisão das estimativas geradas a partir da utilização do repositório organizacional de medidas seja cada vez maior.

6.2 Contribuições da pesquisa

A principal contribuição desta pesquisa foi à criação de um processo de construção de modelos de desempenho estatístico para o esforço de retrabalho em empresas desenvolvedoras de software. Com a sua conclusão, os resultados alcançados mostraram que é possível, de forma efetiva, auxiliar empresas desenvolvedoras de software nas suas estimativas de esforço de retrabalho, melhorar o planejamento dos projetos com base na previsibilidade do comportamento deste processo e propiciar uma melhoria em termos econômicos para essas organizações.

Uma empresa que atenda às características requeridas por este estudo tem condições de executar o processo proposto para sua realidade, criar seu modelo de desempenho, calibrando-o quando necessário e, assim, prever melhor o esforço despendido com retrabalho em seus projetos de software. Ao longo do tempo, com a calibração do seu modelo, a redução do esforço com retrabalho poderá ser notada e assim os custos envolvidos com essas atividades minimizados.

6.3 Limitações da pesquisa

Ao final desta pesquisa foi possível reconhecer algumas limitações que podem induzir a um certo viés os resultados desta pesquisa.

A primeira delas é referente à capacidade de generalização completa, devido à pouca quantidade de aplicações do processo proposto, onde apenas uma empresa foi estudada. Isso ocorreu devido ao fato da grande dificuldade em encontrar empresas que possuam uma base de dados consistente para a aplicação de CEP e que estejam dispostas a disponibilizar a sua base para estudos. Apesar disto, pode-se inferir, com certo grau de certeza, de que o processo proposto pode

apoiar outras organizações por ter sido descrito em nível de detalhe suficiente para a compreensão adequada das técnicas envolvidas.

A segunda limitação desta pesquisa é em relação à análise das demandas onde ocorreram retrabalho recorrente, ou seja, que ocorreram mais de uma instância de retrabalho em uma única demanda. Essa análise não foi possível, pois a base de dados não apresentava tais informações. Entende-se, no entanto, que esta recursividade não seja prejudicial ao método apresentado, podendo este ser adaptado para acomodar tais situações.

6.4 Trabalhos futuros

Como trabalhos relacionados a esta pesquisa estão:

- Criação de uma plataforma para auxiliar a identificação de anomalias nos processos com o auxílio de agentes inteligentes.
- Pesquisas envolvendo retrabalho em pontos críticos do ciclo de vida de desenvolvimento.
- Combinações de técnicas estatísticas com técnicas de IA para aumentar a precisão de estimativas.

6.5 Mensagem Final

“Cada sonho que você deixa de realizar, é uma parte do seu futuro
que deixa de existir.”

Steve Jobs, criador da Apple Computers

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(ABNT, 2000) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Sistemas de Gestão da Qualidade – fundamentos e vocabulário: NBR ISO 9000**. Rio de Janeiro, 2000.

(AIDAR, 1995) AIDAR, M. M. **Qualidade Humana - As pessoas em primeiro lugar: desenvolvendo uma cultura empresarial orientada para a qualidade, através da melhoria do relacionamento entre clientes internos e externos**. São Paulo: Maltese, 1995.

(ALVAREZ, 2001) ALVAREZ, M. E. B. **Administração da qualidade e da produtividade: abordagens do processo administrativo**. São Paulo: Atlas, 2001.

(ANDERSSON, 2003) ANDERSSON, C. **Exploring the Software Verification and Validation Process with Focus on Efficient Fault Detection**. Licentiate Thesis, Lund Institute of Technology (LTH), Lund University. Suécia, 2003.

(ANTONIONI; ROSA, 1995) ANTONIONI, J. A.; ROSA, N. B. **Qualidade em software: manual de aplicação da ISO-9000**. São Paulo: Makron Books, 1995.

(AQUINO, 2008) AQUINO, R. S. P. **O processo unificado integrado ao desenvolvimento Web**. Engenharia de Software Magazine, p. 28 - 37, 01 mar. 2008.

(BARCELLOS, 2009a) BARCELLOS, M. P. **Controle Estatístico de Processos – Do "Chão de Fábrica" para as Organizações de Software**. Engenharia de Software Magazine, p. 56 - 61, 01 mar. 2009.

(BARCELLOS, 2009b) BARCELLOS, M. P. **Uma Estratégia para Medição de Software e Avaliação de Bases de Medidas para Controle Estatístico de Processos de Software em Organizações de Alta Maturidade**. Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, 2009.

(BARCELLOS; ROCHA, 2008) BARCELLOS, M. P.; ROCHA, A. R. C. **Avaliação de Bases de Medidas considerando sua Aplicabilidade ao Controle Estatístico de Processos de Software**. In: Simpósio Brasileiro de qualidade de software, 2008.

(BOEHM, 1981) BOEHM, B. **Software Engineering Economics**. Prentice-Hall, 1981.

(BOEHM, 2000) BOEHM, B. **Software Cost Estimation With Cocomo II**. Prentice-Hall, 2000.

(BOEHM; BASILI, 2001) BOEHM, B. W.; BASILI, V. **Software defect reduction top 10 list**. IEEE Comput. 34 (1), 135–138.

(CAMPOS et al, 2007) CAMPOS, F.B.; CONTE, T.U.; KATSURAYAMA, A. E.; ROCHA, A.R.C. **Gerência Quantitativa para o Processo de Desenvolvimento de Requisitos**. Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software (SBQS), Porto de Galinhas, PE, 2007.

(CARLETON; PAULK, 1997) CARLETON, A. D.; PAULK, M. C. **Statistical Process Control (SPC) for Software Tutorial**. Software Engineering Institute Carnegie Mellon University Pittsburgh, 1997.

(COSTA; EPPRECHT; CARPINETTI, 2009) COSTA, A.F.B.; EPPRECHT, E.K.; CARPINETTI, L. C. R. **Controle Estatístico da Qualidade**. São Paulo: Atlas, 2009.

(CROSBY, 2000) CROSBY, P. B. P. **Crosby fala da utilidade de ISO 9000:2000**. ISO 9000 + ISO 14000 News, n.129, pp.22-25, novembro/dezembro 2000.

(DAMM; LUNDBERG, WOHLIN, 2008) DAMM, L. O., LUNDBERG, L., WOHLIN, C. **A model for software rework reduction through a combination of anomaly metrics**. The Journal of Systems and Software 81, 2008.

(DEMING,1990) DEMING, W. E. **Qualidade: A revolução da administração**. Tradução de: Out of the crisis. Rio de Janeiro: Marques Saraiva, 1990.

(FENTON; PFLEEGER, 1997) FENTON, N. E., PFLEEGER, S. L. **Software Metrics: A Rigorous and Pratical Approach**. PWS Publishing Company, 1997.

(FLORAC; CARLETON, 1999) FLORAC, W.A., CARLETON, A.D. **Measuring the Software Process – Statistical Process Control for Software Process Improvement**. Addison-Wesley, 1999.

(FLORAC; PARK; CARLETON, 1997) FLORAC, W. A., PARK, R. E., CARLETON, A. D. **Practical Software Measurement: Measuring for Process Management and Improvement**. Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University. www.sei.cmu.edu. Abril, 1997.

(FORD, 1995) FORD, D. N. **The Dynamics of Project Management: An Investigation of Project Process and Coordination on Performance**. Tese de Doutorado, MIT (1995)

(GARVIN, 1992) GARVIN, D. **Gerenciando a qualidade: a visão estratégica e competitiva**. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed, 1992.

(GIL, 2002) GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

(HELDMAN, 2005) HELDMAN, K. **Gerência de Projetos: Fundamentos: Um guia prático para quem quer certificação em gerência de projetos**. Tradução de Luciana do Amaral Teixeira, Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

(HELDMAN, 2006) HELDMAN, K. **Gerência de Projetos: guia para o exame oficial do PMI**. Tradução de Luciana do Amaral Teixeira, Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

(ISO/IEC, 2003) INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION/ INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **ISO/IEC 15504-2: Information Technology - Process Assessment – Part 2 - Performing an Assessment.** Geneve: ISO, 2003.

(ISO/IEC, 2008) INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION/ INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **ISO/IEC 12207 Systems and software engineering– Software life cycle processes.** Geneve: ISO, 2008.

(KALINOWSKI; SPINOLA, 2008) KALINOWSKI, M. ; SPINOLA, R. O. . **Introdução à Inspeção de Software.** Engenharia de Software Magazine, p. 68 - 74, 01 mar. 2008.

(KAGAWA; HACKYSTAT, 2004) KAGAWA, A; HACKYSTAT, P. J. MDS supporting MSL MMR. Department of Information and Computer Sciences. University of Hawaii.2004

(KITCHENHAM; PFLEEGER,1996) KITCHENHAM, B ; PFLEEGER, S. L.. **Software Quality: The Elusive Target.** IEEE Software, vol. 13, no. 1, pp. 12-21, Jan. 1996

(LOVE; IRANI; EDWARDS, 2004) LOVE, P.E.D; IRANI, Z; EDWARDS, D.J. **A Rework Reduction Model for Construction Projects.** IEEE Transactions on Engineering Management, Vol. 51, N. 4, November, 2004.

(MARCONI; LAKATOS, 2000) MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia Científica.** São Paulo: Atlas, 2000.

(MAXWELL, 2002) MAXWELL, K.D. **Applied Statistics for Software Managers.** Prentice-Hall, 2002.

(MONTGOMERY, 2004) MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade.** Rio de Janeiro: Editora LTC, 2004.

(MONTONI, 2007) MONTONI, M. A. **Uma Abordagem para Condução de Iniciativas de Melhoria de Processos de Software.** Exame de Qualificação para o Doutorado. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.

(MONTONI et al, 2007) MONTONI, M. A. ; KALINOWSKI, M. ; LUPO, P. ; FERREIRA, A. I. F. ; ROCHA, A. R. C. . **Uma metodologia para desenvolvimento de modelos de desempenho de processos para gerência quantitativa de projetos de software.** Simpósio Brasileiro de qualidade de software, Porto de Galinhas, 2007.

(PALADINI, 2004) PALADINI, E. P. **Gestão da Qualidade: teoria e prática.** 2.ed. São Paulo : Atlas, 2004.

(PFLEEGER, 2001) PFLEEGER, S. L. **Software Engineering: Theory and Practice.** Prentice-Hall, 2001.

(POLI; MACHADO, 2003) POLI, J. A.; MACHADO, C. B. **ISO 9001/2000: Uma Abordagem Prática**. 1ª Edição. São José dos Pinhais: Amaro, 2003.

(REINEHR, 2008) REINEHR, S.S. **Reuso Sistematizado de Software e Linhas de Produto de Software no Setor Financeiro: Estudos de Caso no Brasil**. Tese de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, 2008.

(REINEHR et al, 2009) REINEHR, S.; PESSOA, M.; LAURINDO, F.; BURNETT, R. **Proposta de um modelo híbrido multidimensional para apoiar o processo de avaliação de estratégia tecnológica**. SBQS - Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software. Ouro Preto, 2009.

(ROYCE,1998) ROYCE, W., **Software Project Management: a unified framework**, Addison Wesley, 1998.

(SANTOS, 1999) SANTOS, A. R. **Metodologia Científica – a construção do conhecimento**. 2. ed. Rio de Janeiro: DP&A, 1999. 144 p.

(SANTOS; WEBER; ROCHA, 2009) SANTOS, G.; WEBER, K.C.; ROCHA, A.R.C. **Software Process Improvement in Brazil: Evolving the MPS Model and Consolidating the MPS.BR Program**. CLEI 2009 - XXXV Conferência Latinoamericana de Informática. Pelotas-RS, Brasil, 21 a 25 de Setembro de 2009.

(SARGUT; DEMIRORS, 2006) SARGUT, K. U.; DEMIRORS, O. **Utilization of statistical process control (SPC) in emergent software organizations: Pitfalls and suggestions**. Software Quality Springer Science + Business Media,2006

(SEI, 2010) SOFTWARE ENGINEERING INSTITUTE. **CMMI for Development, Version 1.3**. Pittsburg: Software Engineering Institute, 2010.

(SOFTEX, 2011a) SOCIEDADE PARA PROMOÇÃO DA EXCELÊNCIA DO SOFTWARE BRASILEIRO (SOFTEX). **MPS.BR – Guia Geral:2011**. Disponível em [HTTP://www.softex.br/mpsbr/_guias/guias/MPS.BR_Guia_Geral_2011.pdf](http://www.softex.br/mpsbr/_guias/guias/MPS.BR_Guia_Geral_2011.pdf). Acessado em 02/02/2012.

(SOFTEX, 2011b) SOCIEDADE PARA PROMOÇÃO DA EXCELÊNCIA DO SOFTWARE BRASILEIRO (SOFTEX). **MPS.BR – Guia de Avaliação:2011**. Disponível em [HTTP://www.softex.br/mpsbr/guias/default.asp](http://www.softex.br/mpsbr/guias/default.asp). Acessado em 10/11/2011.

(THIOLLENT, 1997) THIOLLENT, M. **Pesquisa-ação nas organizações**. Editora Atlas. São Paulo, 1997.

(THIOLLENT, 2003) THIOLLENT, M. **Metodologia da Pesquisa-Ação**. Editora Cortez. São Paulo, 2003.

(TRAVASSOS; KALINOWSKI, 2009) TRAVASSOS, G.H.; KALINOWSKI, M. **iMPS 2009: caracterização e variação de desempenho de organizações que adotaram o modelo MPS**. Campinas, SP: SOFTEX, 2009. Disponível em

http://www.softex.br/mpsbr/_livros/resultado_desempenho.asp. Acessado em 13/11/2010.

(VALLS, 2004) VALLS, V. M. **O enfoque por processos da NBR ISO 9001 e sua aplicação nos serviços de informação**. Revista Ci. Inf. Brasília, v. 33, n.2, p. 172-178, maio/ago. 2004

(VERGARA, 2006) VERGARA, S. C. **Métodos de pesquisa em administração**. Editora Atlas. São Paulo, 2006.

(WALPOLE et al, 2009) WALPOLE, R.E.; MYERS, S.L. MYERS, K.Y. **Probabilidade e Estatística para Engenharia e Ciência**. Tradução Luciane F. Pauleti Vianna. Pearson Prentice Hall. São Paulo, 2009

(WHEELER, 1992) WHEELER, D. J; CHAMBERS, D. S. **Understanding Statitiscal Process Control**. Editora Spc Press, 1992.

(WHEELER, 1999) WHEELER, D. J. **Undertanding Variation: The Key to Managing Chaos**. 2nd Edition. SPC Press, 1999.

(ZAHRAN,1998) ZAHRAN, S. **Software Process Improvement: Practical Guidelines for Business Success**. Addison-Wesley. England,1998.