

**UM ESTUDO DE FERRAMENTAS DE
GERENCIAMENTO DE REQUISIÇÃO DE
MUDANÇA**

VAGNER CLEMENTINO

**UM ESTUDO DE FERRAMENTAS DE
GERENCIAMENTO DE REQUISIÇÃO DE
MUDANÇA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação do Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciência da Computação.

ORIENTADOR: RODOLFO F. RESENDE

Belo Horizonte

31 de maio de 2017

© 2017, Vagner Clementino.
Todos os direitos reservados.

Clementino, Vagner

Um Estudo de Ferramentas de Gerenciamento de Requisição
de Mudança / Vagner Clementino. — Belo Horizonte, 2017
xxii, 166 f. : il. ; 29cm

Dissertação (mestrado) — Universidade Federal de Minas
Gerais

Orientador: Rodolfo F. Resende

1. Computação — Teses. 2. Engenharia de Software — Teses.
I. Orientador. II. Título.

[Folha de Aprovação]

Quando a secretaria do Curso fornecer esta folha,
ela deve ser digitalizada e armazenada no disco em formato gráfico.

Se você estiver usando o `pdflatex`,
armazene o arquivo preferencialmente em formato PNG
(o formato JPEG é pior neste caso).

Se você estiver usando o `latex` (não o `pdflatex`),
terá que converter o arquivo gráfico para o formato EPS.

Em seguida, acrescente a opção `approval={nome do arquivo}`
ao comando `\ppgccufmg`.

Se a imagem da folha de aprovação precisar ser ajustada, use:
`approval=[ajuste] [escala] {nome do arquivo}`
onde *ajuste* é uma distância para deslocar a imagem para baixo
e *escala* é um fator de escala para a imagem. Por exemplo:
`approval=[-2cm] [0.9] {nome do arquivo}`
desloca a imagem 2cm para cima e a escala em 90%.

Dedico este trabalho à Deus, aos meus pais e familiares pela força e exemplo e ao meu amor Andreza Vieira por nunca me deixar desistir.

Agradecimentos

Agradeço ao meu orientador Rodolfo F. Resende pelos ensinamentos e paciência. A sua sinceridade e esforço me fez uma pessoa e um mestrando melhor. Obrigado por não desistir.

Aos professores do DCC/UFMG, em especial aos professores Marco Túlio e Eduardo Figueiredo, que durante as disciplinas do mestrado me fizeram conhecer e gostar cada vez mais da área de Engenharia de Software.

Aos funcionários da Secretaria do DCC/UFMG pelo suporte e atenção em todos os momentos. Um agradecimento especial a Sônia Borges que sempre esteve disponível para apontar os caminhos.

Aos colegas de trabalho da PRODABEL pelo suporte e força durante o mestrado. Gostaria de agradecer em especial a Dinha e Clara que permitiram que eu cursasse o mestrado. Um agradecimento ao Marcão (meu padrinho) que ajudou em diversas etapas desta dissertação.

Ao meu amigo e revisor Tiago Henrique Campos cujas correções e apoio foram fundamentais para que a dissertação fosse finalizada.

Vocês são os verdadeiros mestres!

*“O antigo inimigo cedeu o espaço
Pra um desafio ainda maior
Se manter de pé,
Contra o que vier,
Vencer os medos,
Mostrar ao que veio,
Ter o foco ali,
E sempre seguir
Rumo a vitória!”*
(Vitória - Dead Fish)

Resumo

Dentro do ciclo de vida de um produto de software o processo de manutenção tem papel fundamental. Devido ao seu custo, em alguns casos chegando a 60% do montante investido [Kaur & Singh, 2015], as atividades relacionadas a manter e evoluir software têm sua importância considerada tanto pela comunidade científica quanto pela indústria.

As manutenções em software podem ser divididas em *Corretiva*, *Adaptativa*, *Perfectiva* e *Preventiva* [Lientz & Swanson, 1980, IEEE, 1990]. A Manutenção Corretiva lida com a reparação de falhas encontradas. A Adaptativa tem o seu foco na adequação do software por conta de mudanças ocorridas no ambiente em que ele está inserido. A Perfectiva trabalha para detectar e corrigir falhas latentes antes que elas se manifestem como tal. A Preventiva se preocupa com atividades que possibilitem aumento da manutenibilidade do sistema. A ISO 14764 [ISO/IEC, 2006] propõe que exista um elemento denominado Requisição de Mudança (RM) que corresponde a uma agregação de características que representam uma solicitação de manutenção de qualquer das quatro categorias.

Por conta do volume das Requisições de Mudança é necessária a utilização de ferramentas com o objetivo de gerenciá-las. Esse controle é geralmente realizado por Sistemas de Controle de Demandas - Issue Tracking Systems, que auxiliam os desenvolvedores na correção, de forma individual ou colaborativa, de defeitos (bugs), no desenvolvimento de melhorias ou de novas funcionalidades. Não existe na literatura uma nomenclatura comum para este tipo de ferramenta. Nesta dissertação utilizamos o termo **Ferramentas de Gerenciamento de Requisições de Mudança (FGRM)** ao referimos a este tipo de software.

Apesar da inegável importância das FGRMs, percebe-se um aparente desacoplamento deste tipo de ferramenta com as necessidades das diversas partes interessadas (stakeholders) na manutenção e evolução de um software. Um sinal deste distanciamento pode ser observado pelas diversas extensões (plugins) propostas na literatura [Rocha et al., 2015, Thung et al., 2014b, Kononenko et al., 2014] e por estudos que estão propondo melhorias para este tipo de software [Zimmermann et al., 2010,

Cavalcanti et al., 2014, Zimmermann et al., 2009]. Neste sentido, este trabalho de dissertação se propõe a investigar e contribuir no entendimento de como as FGRMs estão sendo melhoradas ou estendidas no contexto da transformação do processo de desenvolvimento e manutenção de software de um modelo tradicional para outro que incorpora cada vez mais as práticas propostas pelos agilistas. O intuito é analisar como as FGRM estão sendo modificadas com base na literatura da área ao mesmo tempo que consideramos o ponto de vista dos profissionais envolvidos com Manutenção de Software.

Neste trabalho de dissertação realizamos um estudo exploratório com o objetivo de entender as funcionalidade propostas na literatura e aquelas já existentes de modo a melhorá-las. Foi realizado um Mapeamento Sistemático da Literatura a fim de avaliar os trabalhos já existentes nesta área; também foi conduzido um estudo exploratório na documentação de algumas ferramentas deste tipo de modo a caracterizá-las. Para coletarmos o ponto de vista dos profissionais envolvidos em desenvolvimento e manutenção de software foi conduzido um Levantamento com questionário (survey) com o objetivo de apurar como os respondentes avaliam as funcionalidades existentes e as melhorias que possam ser realizadas neste tipo de software. Com base no conhecimento adquirido foi proposto um conjunto de melhorias para este tipo de ferramenta que tiveram uma boa aceitação quando foram validadas com profissionais que desenvolvem FGRMs. Uma das recomendações propostas foi implementada como Prova de Conceito e apresentou resultados satisfatórios.

Palavras-chave: Engenharia de Software, Manutenção de Software, Ferramentas de Gerenciamento de Requisições de Mudança, Melhorias.

Lista de Figuras

| | | |
|------|--|----|
| 1.1 | Tipos de manutenção segundo a norma ISO/IEC 14764. Extraído de [ISO/IEC, 2006] | 2 |
| 2.1 | Processo de Manutenção de Software adaptado da norma IEEE 1219 [IEEE, 1999]. | 11 |
| 2.2 | Processo de Manutenção de Software adaptado da norma ISO/IEC 14764 [IEEE, 2006]. | 12 |
| 2.3 | Modelo conceitual de uma Requisição de Mudança. | 15 |
| 2.4 | Informações que compõem uma RM | 16 |
| 2.5 | Um exemplo de uma RM do Projeto Eclipse | 18 |
| 2.6 | Diagrama de estados de uma RM. Adaptado de [Tripathy & Naik, 2015] . | 19 |
| 2.7 | Um processo de modificação de uma RM utilizando uma FGRM. Extraído de [Ihara et al., 2009] | 21 |
| 2.8 | Exemplo de documentação de uma funcionalidade do Bugzilla | 32 |
| 2.9 | Exemplo de um cartão ordenado para uma funcionalidade da FGRM Bugzilla | 33 |
| 2.10 | Funções desempenhadas pelos participantes | 34 |
| 2.11 | Modelo de funcionalidades básicas das FGRMs | 36 |
| 3.1 | Número de artigos incluídos durante o processo de seleção dos estudos. Figura baseada em [Petersen et al., 2015] | 46 |
| 3.2 | Esquema de classificação das melhorias propostas na literatura. Os retângulos representam as dimensões de melhorias e os polígonos de cantos arredondados representam tópicos de problemas do gerenciamento das RMs. | 48 |
| 4.1 | Ferramenta de coleta de dados da rede Stack Overflow | 68 |
| 4.2 | Histórico de relatos de uma RM do projeto Python | 69 |
| 4.3 | Sentenças utilizadas para seleção das discussões no Stack Overflow | 69 |
| 4.4 | Funcionalidades que o participantes sentem falta. | 74 |

| | | |
|-----|---|-----|
| 5.1 | Lista de contribuidores do projeto Redmine | 90 |
| 5.2 | Avaliação das Sugestões de Melhorias | 93 |
| 5.3 | Avaliação sobre a implementação das sugestões propostas. | 95 |
| 6.1 | Visão geral do funcionamento da extensão <i>IssueQuality</i> | 102 |
| 6.2 | Comentário produzido pela extensão IssueQuality com os cabeçalhos e dicas padrões. | 102 |
| 6.3 | Cópia de uma RM do projeto Guava para a sua ramificação. | 107 |
| 6.4 | Comentário para a RM do projeto Guava exibida na Figura 6.3 | 107 |
| 6.5 | Frequência de dicas por atributo analisados. | 108 |

Lista de Tabelas

| | | |
|-----|--|----|
| 1.1 | Exemplos de ferramentas e serviços da Internet que podem ser classificados como FGRMs. Extraído de [Cavalcanti et al., 2014] | 3 |
| 2.1 | Ferramentas utilizadas no estudo | 35 |
| 2.2 | Documentações utilizadas no processo de coleta de dados. | 35 |
| 2.3 | Frequência de cada categoria de funcionalidade no conjunto de cartões obtidos. | 37 |
| 3.1 | Número de Estudos Recuperados por Base de Dados | 46 |
| 3.2 | Número de estudos primários por ano de publicação. | 49 |
| 3.3 | Lista de artigos de acordo com o esquema de classificação | 50 |
| 3.4 | Total de artigos por papel na manutenção de software | 55 |
| 3.5 | Lista de artigos de acordo com o papel suportado | 56 |
| 4.1 | Fontes de Amostragem utilizadas no estudo | 66 |
| 4.2 | Função desempenhada pelos participantes | 71 |
| 4.3 | Localização Geográfica dos Participantes | 72 |
| 4.4 | Tamanho da equipe dos participantes | 72 |
| 4.5 | Probabilidade de Recomendação da Ferramenta Utilizada | 73 |
| 4.6 | Classificação das funcionalidades que possam dar suporte ao uso das práticas dos agilistas. | 75 |
| 5.1 | Projetos que os participantes contribuem. | 92 |
| 5.2 | Frequência e percentual das respostas sobre a relevância das sugestões de melhorias | 92 |
| 5.3 | Pesos utilizados para ordenar as sugestões propostas. | 93 |
| 5.4 | Ranking das sugestões propostas | 94 |
| 5.5 | Frequência e percentual das respostas sobre a dificuldade de implementação das sugestões de melhoria | 94 |
| 5.6 | Pesos utilizados no ranqueamento das sugestões de melhorias | 94 |

| | | |
|-----|--|-----|
| 5.7 | Ordenamento das sugestões pelo grau de dificuldade. | 96 |
| 6.1 | Critérios de aceitação e forma de análise utilizados na análise de qualidade do relato. | 103 |
| 6.2 | Projetos utilizados no testes de execução da extensão. Os dados apresentados têm como referência 23/04/2017. | 106 |
| 6.3 | Número de dicas retornadas pela extensão. | 108 |

Sumário

| | |
|--|-------------|
| Agradecimentos | ix |
| Resumo | xiii |
| Lista de Figuras | xv |
| Lista de Tabelas | xvii |
| 1 Introdução | 1 |
| 1.1 Motivação | 2 |
| 1.2 Problema | 4 |
| 1.3 Objetivos | 5 |
| 1.4 Visão Geral da Dissertação | 5 |
| 1.5 Metodologia de Pesquisa | 6 |
| 1.6 Contribuições do Estudo | 7 |
| 1.7 Organização do Trabalho | 7 |
| 2 As FGRMs no Contexto da Manutenção de Software | 9 |
| 2.1 A Manutenção de Software e a Requisição de Mudança | 10 |
| 2.1.1 Visão Geral da Manutenção de Software | 10 |
| 2.1.2 O Processo de Manutenção de Software | 10 |
| 2.1.3 Papéis na Manutenção de Software | 13 |
| 2.1.4 Requisição de Mudança | 15 |
| 2.2 As Ferramentas de Gerenciamento de Requisições de Mudança (FGRM) | 24 |
| 2.2.1 Modelo Conceitual do Contexto das FGRMs | 25 |
| 2.2.2 Extensões de Funcionalidades em FGRM | 26 |
| 2.3 Funcionalidades das FGRMs | 27 |
| 2.3.1 Visão Geral | 27 |
| 2.3.2 Objetivo do Estudo | 28 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 2.3.3 | Metodologia | 28 |
| 2.3.4 | Resultados | 33 |
| 2.3.5 | Discussão | 39 |
| 2.3.6 | Ameaças à Validade | 40 |
| 2.4 | Resumo do Capítulo | 41 |
| 3 | Mapeamento Sistemático da Literatura | 43 |
| 3.1 | Introdução | 43 |
| 3.2 | Metodologia de Pesquisa | 44 |
| 3.2.1 | Questões de Pesquisa | 44 |
| 3.2.2 | Pesquisa da Literatura | 44 |
| 3.2.3 | Esquemas de Classificação | 46 |
| 3.3 | Resultados | 48 |
| 3.3.1 | Classificação por Dimensões de Melhoria | 49 |
| 3.3.2 | Suporte aos Papéis desempenhados na Manutenção de Software | 54 |
| 3.4 | Discussão | 58 |
| 3.5 | Limitações e Ameaças à Validade | 59 |
| 3.6 | Trabalhos Relacionados | 60 |
| 3.7 | Resumo do Capítulo | 61 |
| 4 | Levantamento de Funcionalidades de FGRMs | 63 |
| 4.1 | Introdução | 63 |
| 4.2 | Objetivo do Levantamento com Profissionais | 64 |
| 4.3 | Desenho e Método da Pesquisa com Profissionais | 64 |
| 4.3.1 | Conceitos Básicos | 64 |
| 4.3.2 | Método de Pesquisa | 66 |
| 4.4 | Resultados | 70 |
| 4.4.1 | Perfil dos Participantes | 71 |
| 4.4.2 | Nível de Satisfação com as FGRM | 72 |
| 4.4.3 | Avaliação das Funcionalidades Existentes | 73 |
| 4.4.4 | Práticas Ágeis na Manutenção de Software | 75 |
| 4.5 | Discussão | 75 |
| 4.6 | Ameaças à Validade | 76 |
| 4.7 | Resumo do Capítulo | 77 |
| 5 | Sugestões de Melhorias para as FGRMs | 79 |
| 5.1 | Introdução | 79 |
| 5.2 | Sugestões de Melhorias para FGRMs | 80 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 5.2.1 | Suporte à Qualidade do Texto Relatado | 81 |
| 5.2.2 | Acesso Facilitado ao Código Fonte Incluído nas RMs | 82 |
| 5.2.3 | Ranqueamento pela Reputação do Reportador | 82 |
| 5.2.4 | Atalhos para filtros e classificação (<i>rankings</i>) das RMs | 83 |
| 5.2.5 | Suporte a Processos de Integração Contínua | 84 |
| 5.2.6 | Suporte ao Registro do Relato além de Texto Simples | 85 |
| 5.2.7 | Classificação Automática pela Urgência da RM | 86 |
| 5.2.8 | Suporte à tarefas compartilhadas | 87 |
| 5.3 | Avaliação das Melhorias Propostas | 88 |
| 5.3.1 | Seleção dos Participantes | 88 |
| 5.3.2 | Desenho do Questionário | 90 |
| 5.3.3 | Processo de Aplicação | 91 |
| 5.4 | Resultados da Avaliação das Sugestões de Melhorias | 91 |
| 5.4.1 | Perfil dos Participantes | 91 |
| 5.4.2 | Relevância das Sugestões | 92 |
| 5.4.3 | Implementação das Sugestões | 94 |
| 5.5 | Discussão | 95 |
| 5.6 | Ameaças à Validade | 97 |
| 5.7 | Resumo do Capítulo | 97 |
| 6 | Implementação de uma Extensão para FGMR | 99 |
| 6.1 | Introdução | 99 |
| 6.2 | Qualidade do Relato de uma RM | 99 |
| 6.3 | Extensão de Suporte à Qualidade do Relato | 100 |
| 6.3.1 | Desenho da Extensão | 101 |
| 6.4 | Uso da Extensão em Projetos Reais | 105 |
| 6.4.1 | Seleção dos Projetos | 106 |
| 6.4.2 | Resultados | 107 |
| 6.4.3 | Discussão | 109 |
| 6.5 | Limitações e Ameaças à Validade | 109 |
| 6.6 | Conclusão | 110 |
| 7 | Conclusão | 111 |
| | Referências Bibliográficas | 115 |
| | Apêndice A Lista de Ferramenta de Gerenciamento de Requisição de mudanças | 131 |

| | |
|---|-----|
| Apêndice B Formulário Aplicado para Seleção das Ferramentas | 133 |
| Apêndice C Modelo da Mensagem Enviada no Levantamento para Seleção das Ferramentas | 143 |
| Apêndice D Formulário dos Cartões Ordenados | 145 |
| Apêndice E Sentenças de Busca por Base de Dados | 149 |
| Apêndice F Modelo da Mensagem Enviada no Levantamento com Profissionais | 151 |
| Apêndice G Lista de Projetos Avaliação Sugestões de Melhorias | 153 |
| Apêndice H Formulário Aplicado para Avaliação das Sugestões de Melhorias | 157 |
| Apêndice I Modelo da Mensagem Enviada no Levantamento sobre as Sugestões de Melhorias das Funcionalidades das FGRMs | 165 |

Capítulo 1

Introdução

Dentro do ciclo de vida de um produto de software o processo de Manutenção tem papel fundamental. Devido ao seu alto custo, que pode variar entre 60% e 90% do preço final do sistema [Kaur & Singh, 2015], as atividades relacionadas com manter e evoluir têm sua importância considerada tanto pela comunidade científica quanto pela indústria. Uma vez que o software entra em operação, anomalias são descobertas, mudanças ocorrem no ambiente de execução e o atendimento a novos requisitos é solicitado. À frente caracterizamos o que denominamos como “Requisição de Mudança” (RM) e o nosso interesse em um tipo de ferramenta que denominamos “Ferramentas de Gerenciamento de Requisições de Mudanças” (FGRM). De uma maneira informal uma RM representa uma solicitação de manutenção e a FGRM dá apoio às atividades de gerência destas solicitações. Esta dissertação apresenta o estudo sobre FGRMs feito no correspondente projeto de mestrado e apresenta contribuições sobre como melhorar este tipo de software.

A *Manutenção*, dentre outros aspectos, corresponde ao processo de modificar um componente ou sistema de software após a sua entrega com o objetivo de *corrigir falhas, melhorar o desempenho ou adaptá-lo devido à mudanças ambientais* [IEEE, 1990]. De maneira relacionada, *Manutenibilidade* é a propriedade de um sistema ou componente de software em relação ao grau de *facilidade* que ele pode ser corrigido, melhorado ou adaptado [IEEE, 1990]. As manutenções de software, conforme apresenta a Figura 1.1, podem ser divididas em *Corretiva, Adaptativa, Perfectiva e Preventiva* [Lientz & Swanson, 1980, IEEE, 1990]. A Manutenção Corretiva lida com a reparação de falhas encontradas. A Adaptativa tem o seu foco na adequação do software por conta de mudanças ocorridas no ambiente em que ele está inserido. A Perfectiva trabalha para detectar e corrigir falhas latentes antes que elas se manifestem como tal. A Preventiva se preocupa com atividades que possibilitem aumento da manutenibilidade

do sistema. A ISO 14764 [ISO/IEC, 2006] propõe que exista um elemento denominado Requisição de Mudança (RM) que corresponde a uma agregação de características que representam uma solicitação de manutenção de qualquer das quatro categorias. Nesta dissertação adotamos a mesma terminologia com o mesmo significado.

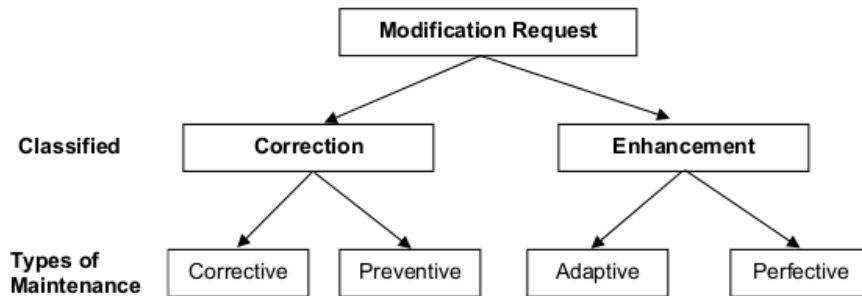


Figura 1.1. Tipos de manutenção segundo a norma ISO/IEC 14764. Extraído de [ISO/IEC, 2006]

Por conta do volume das RMs é importante a utilização de um software para gerenciá-las. Esse controle é realizado pelas FGRMs que auxiliam a equipe de manutenção na correção, de forma individual ou colaborativa, de falhas (bugs) ou na implementação de melhorias. Estas ferramentas podem ser utilizadas por gestores, analistas de qualidade e usuários do sistema para atividades como gerenciamento de projetos, comunicação, discussão e revisões de código. A literatura sobre Manutenção de Software não define uma nomenclatura comum para este tipo de software. Em alguns estudos são utilizados nomes como Sistema de Rastreo de Defeito - *Bug Tracking Systems*, Sistema de Gerenciamento de Requisição - *Request Management System*, sendo bastante comum o termo Sistemas de Controle de Demandas - *Issue Tracking Systems*. Todavia, de modo geral, o termo se refere às ferramentas utilizadas no *gerenciamento das Requisições de Mudança*. Nesta dissertação utilizamos o termo Ferramentas de Gerenciamento de Requisições de Mudança (FGRM) ao referirmos a este tipo de software. A Tabela 1.1 apresenta alguns exemplos de sistemas que podem ser classificados como FGRMs. Também são listados serviços da Internet que oferecem funcionalidades existentes nas FGRMs na modalidade de Software como Serviço [Fox & Patterson, 2013].

1.1 Motivação

Diante da presença de software em todos os setores da sociedade existe um interesse por parte da comunidade científica e da indústria no desenvolvimento de processos,

| Ferramentas | | Serviços da Internet | |
|-------------|---|----------------------|---|
| Bugzilla | https://www.bugzilla.org/ | SourceForge | https://sourceforge.net/ |
| MantisBT | https://www.mantisbt.org/ | Launchpad | https://launchpad.net/ |
| Trac | https://trac.edgewall.org/ | Code Plex | https://www.codeplex.com/ |
| Redmine | www.redmine.org/ | Google Code | https://code.google.com/ |
| Jira | https://www.atlassian.com/software/jira | GitHub | https://github.com/ |

Tabela 1.1. Exemplos de ferramentas e serviços da Internet que podem ser classificados como FGRMs. Extraído de [Cavalcanti et al., 2014]

técnicas e *ferramentas* que melhorem a relação custo/benefício de manter um software. Dependendo do tamanho do projeto de software é necessário a utilização de uma FGRM para gerenciar as suas requisições de mudança. Além disso, as diferentes partes interessadas necessitam de um espaço único onde possam registrar as falhas encontradas e as melhorias que necessitam. Neste contexto, verificamos que as FGRMs fazem parte de projetos de diferentes tipos e tamanhos, em empresas públicas e privadas (por exemplo NASA e IBM) e de diversos projeto de código aberto (por exemplo Mozilla, Eclipse, Apache); elas dão suporte a softwares de diferentes plataformas: computadores de mesa, web ou dispositivos móveis.

A literatura mostra que uma FGRM desempenha um papel além do gerenciamento dos pedidos de manutenção de software. Avaliando o controle de demandas como um processo social, Bertram e outros [Bertram et al., 2010] realizaram um estudo qualitativo sobre FGRMs que eram utilizadas por equipes de pequeno porte. Os resultados demonstraram que a ferramenta era utilizada não apenas como um banco de dados de rastreamento de falhas, mas atuava como um ponto central para a comunicação e coordenação das diversas partes interessadas dentro e fora da equipe de manutenção. Os clientes, gerentes de projeto, analistas de qualidade e programadores contribuíam em conjunto para o compartilhamento do conhecimento do projeto através da FGRM utilizada.

No trabalho de Breu e outros [Breu et al., 2010] o foco foi analisar o papel das FGRMs no suporte à colaboração entre desenvolvedores e usuários de um software. Com base nos resultados foi possível verificar que o uso da ferramenta possibilitou que os usuários desempenhassem um papel além de simplesmente reportar uma falha: a participação ativa e permanente foi importante no progresso da solução das falhas que eles descreveram. Um outro benefício das FGRMs é que as mudanças no software podem ser rapidamente identificadas e reportadas para os desenvolvedores [Anvik et al., 2005]. Além disso, elas podem ajudar na estimativa do custo do software, na análise do im-

pacto de uma modificação, no planejamento do projeto, na rastreabilidade de uma falha e na extração de conhecimento [Cavalcanti et al., 2013].

Conforme exposto, as FGRMs desempenham um papel fundamental no contexto do desenvolvimento e manutenção de software. Entretanto, no escopo de sua utilização diversos desafios se apresentam: duplicação de RMs, pedidos de modificação abertos inadvertidamente, grande volume de RMs que devem ser atribuídas aos desenvolvedores, RMs descritas de forma incompleta [Cavalcanti et al., 2014]. Diante destes problemas e desafios é importante entender como estas ferramentas estão sendo utilizadas e o que está sendo proposto na literatura sobre elas, de modo a avaliar e entender as necessidades dos profissionais envolvidos com Manutenção de Software visando propor melhorias para as funcionalidades oferecidas pelas FGRMs.

1.2 Problema

O desenvolvimento e a manutenção de software envolvem diversos tipos de métodos, técnicas e ferramentas. Em especial no processo de Manutenção, um importante aspecto são as diversas RMs que devem ser gerenciadas, cujo controle é realizado pelas FGRMs. Apesar da inegável importância dessa ferramenta, percebe-se um aparente desacoplamento de suas funcionalidades com as necessidades das diversas partes interessadas na manutenção e evolução de software. A utilização de “*demanda*” como conceito central para as FGRMs parece ser distante das necessidades práticas dos projetos de software, especialmente no ponto de vista dos desenvolvedores [Baysal et al., 2013].

Um exemplo deste desacoplamento pode ser visto no trabalho proposto por Baysal e Holme [Baysal & Holmes, 2012] no qual desenvolvedores que utilizam o Bugzilla¹ relataram dificuldade em manter uma compreensão do escopo que as RMs atribuídas para eles possuem. Segundo eles, seria importante que a ferramenta tivesse um suporte melhorado para o conceito de Percepção Situacional - Situational Awareness. Em síntese, eles gostariam de estar cientes da situação global do projeto bem como das atividades que estavam sendo desempenhadas pelo demais desenvolvedores.

Existem outros problemas que são potencializados pela ausência de certas funcionalidades nas FGRMs, por exemplo, a inclusão de RMs cuja descrição do erro ou da melhoria é de baixa qualidade. Nesta situação os usuários terminam por serem solicitados a inserir mais informação sobre as quais algumas das vezes não têm conhecimento. Por outro lado, verifica-se uma frustração por parte dos desenvolvedores

¹<https://www.bugzilla.org>

que não conseguem realizar o seu trabalho por conta da ausência da informação que necessitam [Just et al., 2008].

Corroborando com a necessidade de evolução das FGRMs, o estudo realizado por Zimmermann e outros [Zimmermann et al., 2009] propõe quatro dimensões de melhorias para este tipo de software. Estas dimensões representam aperfeiçoamentos centrados em aspectos tais como *ferramenta, informação, processo e usuário*. Eles são melhor discutidos no Capítulo 3 onde foram utilizados na classificação de estudos no Mapeamento Sistemático realizado.

Não encontramos um grande número de trabalhos que avaliam de forma sistemática as funcionalidades oferecidas pelas FGRMs, ao mesmo tempo que faça relação com que vem sendo proposto na literatura sobre o assunto. Adicionalmente, os estudos sobre melhorias das FGRMs não discutem a adoção de algumas das práticas propostas pelos agilistas na Manutenção de Software [Soltan & Mostafa, 2014, Heeager & Rose, 2015]. É importante que as FGRMs evoluam para se adaptar a esta forma de trabalho. Um outro fator que corrobora sobre a necessidade de melhorias das FGRMs são as diversas extensões (*plugins*) propostas na literatura [Rocha et al., 2015, Thung et al., 2014b, Kononenko et al., 2014].

1.3 Objetivos

Segundo o nosso entendimento existe um distanciamento entre as necessidades dos profissionais envolvidos em Manutenção de Software e as funcionalidades oferecidas pelas FGRMs. Por esta razão, este trabalho de dissertação investiga e contribui no entendimento de como as FGRMs podem ser melhoradas ou estendidas no contexto da transformação do processo de desenvolvimento e manutenção de software de um modelo tradicional para outro que incorpora cada vez mais as práticas propostas pelos agilistas. O intuito é analisar como as FGRMs estão sendo modificadas com base na literatura da área em contraste com o ponto de vista dos profissionais envolvidos com manutenção. Neste sentido, elaboramos um estudo sobre as FGRMs com os seguintes objetivos:

- (i) entender os requisitos e funcionalidades oferecidas por este tipo de ferramenta;
- (ii) mapear as melhorias para as FGRMs que estão sendo propostas na literatura;
- (iii) verificar como os profissionais avaliam as funcionalidades das ferramentas que têm contato;
- (iv) propor melhorias para as funcionalidades das FGRMs.

1.4 Visão Geral da Dissertação

A fim de alcançarmos os objetivos descritos foi proposto um conjunto de melhorias para as funcionalidades das FGRMs. As sugestões de aperfeiçoamento são apresentadas no Capítulo 5 e foram baseadas no (i) mapeamento apresentado no Capítulo 3 e no (ii) levantamento com profissionais descrito no Capítulo 4. O Capítulo 5 além de sugerir melhorias realizou um levantamento (*survey*) da percepção destas recomendações por parte de profissionais de desenvolvimento de software.

Mediante o mapeamento sistemático obtivemos e avaliamos uma parte das melhorias para as funcionalidades das FGRMs que estavam sendo propostas na literatura. A partir do estudo foi possível propor dois esquemas de classificação: por dimensão de melhoria e suporte ao papel desempenhado na manutenção de software. De maneira similar, através da caracterização das funcionalidades de algumas FGRMs de código aberto ou disponíveis comercialmente, identificamos o estado da prática deste tipo de ferramenta.

Com base nestes dois estudos conduzimos uma pesquisa com profissionais em que pedimos que avaliassem os requisitos funcionais e não funcionais que poderiam ser utilizados para aperfeiçoar as FGRMs. O questionário também quis saber a opinião dos profissionais sobre a relevância das propostas de melhorias existente na literatura em sua rotina de trabalho. Fundamentado nos estudos descritos foi proposto um conjunto de melhorias. Como prova de conceito e em função de restrições de tempo escolhemos implementar apenas uma delas conforme descrito no Capítulo 6.

1.5 Metodologia de Pesquisa

A metodologia de pesquisa utilizada nesta dissertação é baseada em uma abordagem multi-método [Hesse-Biber, 2010]. Este tipo de desenho combina dois ou mais métodos quantitativos ou qualitativos em um único estudo. As etapas do trabalho, que compõem a abordagem multi-método estão listadas a seguir:

- (i) Mapeamento Sistemático da Literatura [Petersen et al., 2008]
- (ii) Caracterização das funcionalidades das FGRMs
- (iii) Levantamento (*Survey*) com desenvolvedores [Wohlin et al., 2012]
- (iv) Proposição e avaliação de um conjunto de melhorias para as FGRMs
- (v) Implementação, como Prova de Conceito, de uma extensão para determinada FGRM

1.6 Contribuições do Estudo

Este estudo sistematizou uma parte da literatura sobre melhorias das funcionalidades das FGRMs ao mesmo tempo que avaliou com base na opinião de profissionais envolvidos com desenvolvimento e manutenção de software a relevância de tais alterações. Além disso, foi proposto um conjunto de recomendações que podem contribuir com a melhoria das funcionalidades disponibilizadas por este tipo de software. Uma das recomendações foi implementada demonstrando a aplicabilidade do que foi apresentado. Entendemos que uma FGRM que atenda as necessidades dos desenvolvedores possa contribuir com o aperfeiçoamento das atividades relacionadas com manutenção de software e na diminuição de custos. Neste sentido, entendemos que contribuimos no avanço dos estudos sobre melhorias das FGRMs. Os resultados apresentados nesta dissertação podem ser utilizados para o desenvolvimento de novas versões para este tipo de software ou serem aplicados pela equipe de manutenção para otimizar a sua rotina de trabalho.

1.7 Organização do Trabalho

Este trabalho de dissertação está organizado conforme descrito a seguir. No Capítulo 2 apresentamos e discutimos os principais conceitos utilizados nesta dissertação. Neste mesmo capítulo é descrito um estudo em que coletamos as funcionalidades de um conjunto de FGRMs que foram definidas como relevantes na visão de profissionais consultados mediante um levantamento.

O Capítulo 3 descreve o mapeamento sistemático que trata de trabalhos sobre melhorias nas funcionalidades das FGRMs. Os estudos foram classificados em 04 dimensões de melhorias e pelo papel desempenhado na Manutenção de Software que a melhoria visa dar suporte. No Capítulo 4 reunimos a opinião de profissionais envolvidos em Manutenção de Software sobre as funcionalidades oferecidas pelas FGRMs. Estes profissionais exercem suas atividades em projetos de código aberto e empresas do setor público e privado. Foi possível identificar que os participantes do levantamento, na maior parte, estão satisfeitos com a ferramenta que utiliza, contudo, eles se mostram interessados em novos tipos de funções para este tipo de software.

Tomando como base a literatura sobre melhorias nas FGRMs e os resultados obtidos nos estudos descritos em capítulos anteriores, apresentamos e discutimos um conjunto de recomendações para as funcionalidades das FGRMs no Capítulo 5. As sugestões propostas foram avaliadas por profissionais que contribuem no desenvolvimento deste tipo de ferramenta. Em geral, as recomendações tiveram boa aceitação

com relação à sua necessidade e facilidade de implementação. O Capítulo 6 descreve a implementação de uma das 8 sugestões propostas. O Capítulo 7 apresenta uma discussão final e também apresenta algumas possibilidades de trabalhos futuros.

Capítulo 2

As FGRMs no Contexto da Manutenção de Software

Os sistemas de software têm tendência de evoluir para atender aos requisitos e alterações do ambiente no qual eles se inserem. Em uma série de estudos, Lehman propôs leis sobre a evolução do software. A Lei da Mudança Contínua (*Continuing Change*) afirma que um software em uso deve mudar ou se tornará progressivamente menos útil [Lehman, 1980]. A Lei da Complexidade Crescente (*Increasing complexity*) afirma que as mudanças realizadas em um sistema transforma sua estrutura cada vez mais complexa. Neste contexto, recursos extras devem ser disponibilizados a fim de preservar e simplificar a estrutura do software [Lehman, 1980]. As leis de Lehman têm sido validadas, especialmente aquelas relacionadas ao tamanho e complexidade do software. Em um trabalho sobre o tema Yu e Mishra [Yu & Mishra, 2013] examinaram de forma empírica as Leis de Lehman em relação à evolução da qualidade do software. O estudo demonstrou que a qualidade declinará a menos que sejam realizadas modificações com objetivo de melhoria da qualidade do produto.

Partindo da premissa de que mudanças em software são inevitáveis, torna-se importante uma disciplina com foco no gerenciamento e controle das alterações. Em geral, dentro do escopo da Engenharia de Software a tarefa fica a cargo da *Manutenção de Software*. Nas próximas seções discutimos os conceitos básicos da Manutenção de Software que foram utilizados nesta dissertação e sua relação com as FGRMs.

2.1 A Manutenção de Software e a Requisição de Mudança

Nesta seção apresentamos os vários termos e conceitos relacionados à Manutenção de Software e a relação destes termos com o conceito de Requisição de Mudança. Iniciamos com uma visão geral da Manutenção de Software.

2.1.1 Visão Geral da Manutenção de Software

No Padrão IEEE 1219 [ISO/IEEE, 1998] a Manutenção de Software é definida como a modificação de um produto de software após a sua entrega com o objetivo de corrigir falhas, melhorar o desempenho ou outros atributos com a finalidade de adaptar o sistema às modificações ambientais.

Posteriormente a IEEE/EIA 12207 - Padrão para o Processo de Ciclo de Vida do Software [ISO/IEC/IEEE, 2008], retrata a manutenção como um dos principais processos no ciclo de vida do software. No texto do padrão a disciplina corresponde às atividades de modificação do código e da documentação associada em decorrência de uma falha ou necessidade de melhoria no software [Society et al., 2014].

De maneira relacionada, *Manutenibilidade* é a propriedade de um sistema ou componente de software em relação ao grau de *facilidade* que ele pode ser corrigido, melhorado ou adaptado [IEEE, 1990]. A ISO/IEC 9126 - 01 [ISO/IEC, 2001] define a Manutenibilidade como um atributo de qualidade do processo de Manutenção.

É possível verificar que *manter e evoluir* são aspectos comuns das diferentes definições para Manutenção de Software. Embora exista o entendimento de que os processos de manutenção e evolução possuem características distintas [Tripathy & Naik, 2015], não está nos objetivos desta dissertação discutir e apresentar as diferenças. Neste sentido, utilizamos os termos de forma intercambiáveis.

2.1.2 O Processo de Manutenção de Software

O Processo de Manutenção de Software é caracterizado pelo conjunto de atividades, métodos, práticas e transformações utilizadas para desenvolver ou manter um software e seus artefatos associados [Paulk et al., 1993]. Existe na literatura alguns modelos para o processo de manutenção de software, especialmente baseados em uma visão “tradicional”, no sentido de que desenvolvimento e a manutenção de software possuem uma separação clara. Contudo, no momento do desenvolvimento desta dissertação, existia uma tendência cada vez maior da adoção das práticas propostas pelos agilistas

na manutenção de software. Segundo o nosso entendimento, essa inclinação surge da demanda por serviços de manutenção de rápido retorno para o usuário.

2.1.2.1 Manutenção de Software Tradicional

Nesta seção apresentamos e discutimos alguns modelos para o processo de manutenção, que segundo o nosso entendimento, são os principais disponíveis na literatura. No contexto desta dissertação estes modelos são descritos como tradicionais. Em resumo, um processo de manutenção de software descreve as atividades e suas respectivas entradas e saídas. Alguns modelos são descritos nos padrões IEEE 1219 [IEEE, 1999] e ISO/IEC 14764 [IEEE, 2006]. O processo especificado no padrão IEEE 1219 prescreve que as atividades de manutenção de software devem ser iniciadas após a entrega do produto de software. O padrão também discute aspectos de planejamento da manutenção. As atividades que compõem o processo são apresentadas na Figura 2.1.



Figura 2.1. Processo de Manutenção de Software adaptado da norma IEEE 1219 [IEEE, 1999].

De maneira relacionada, na ISO/IEC 14764 as atividades que compõem o processo são similares às aquelas propostas na IEEE 1219, exceto pelo fato que elas são agregadas de uma forma diferente. O processo descrito na ISO/IEC 14764 é exibido na Figura 2.2.



Figura 2.2. Processo de Manutenção de Software adaptado da norma ISO/IEC 14764 [IEEE, 2006].

As atividades de manutenção propostas na ISO/IEC 14764 são detalhadas nas tarefas descritas a seguir:

- Implementação do Processo
- Análise do Problema e da Modificação
- Implementação da Modificação
- Revisão ou aceitação da Manutenção
- Migração
- Aposentadoria do Software

É possível notar que algumas atividades realizadas durante a manutenção são similares a outras presentes no desenvolvimento de software, como por exemplo, análise de desempenho, codificação, teste e documentação. Outra atividade comum é o gerenciamento dos requisitos. Nas duas situações recomenda-se aos profissionais responsáveis por controlar os requisitos atualizar a documentação por conta de alterações ocorridas no código fonte.

2.1.2.2 Manutenção de Software na Perspectiva dos Agilistas

A maior parte da literatura em Manutenção de Software trata de técnicas e metodologias tradicionais da Engenharia de Software. Todavia, verifica-se a tendência de que os departamentos dedicados à Manutenção de Software se mostrem interessados nas metodologias propostas pelos agilistas [Heeager & Rose, 2015]. No momento da elaboração desta dissertação boa parte dos textos de Engenharia de Software tratam desenvolvimento e manutenção como atividades com natureza distintas. Todavia, algumas “práticas ágeis” podem ser utilizadas em tarefas de manutenção tais como processo de trabalho iterativo, um maior envolvimento do cliente, a comunicação face a face e os testes frequentes.

A adoção das práticas dos agilistas na manutenção de software pode apresentar algumas dificuldades [Svensson & Host, 2005a]. Dentre elas está a adequação das práticas da organização com as necessidades da equipe de desenvolvimento. Por outro lado, a adoção de um modelo de manutenção de software usando práticas da Programação Extrema (*Extreme Programming - XP*) apresentou como resultados a melhoria do aprendizado e produtividade da equipe e aumento no encorajamento e confiança entre os desenvolvedores [Choudhari & Suman, 2014].

2.1.3 Papéis na Manutenção de Software

As ações realizadas durante a manutenção de um software podem ser desempenhadas por uma ou mais pessoas. Os nomes e as atividades desenvolvidas por cada um pode variar, contudo, é possível determinar uma classificação que agregue pontos comuns entre os diferentes papéis. Nesta dissertação, utilizamos a classificação proposta por Polo e outros [Polo et al., 1999b] cujo objetivo é definir uma estrutura da equipe de manutenção através da identificação de papéis responsáveis por cada tarefa. O conjunto de papéis é o resultado da aplicação da metodologia MANTEMA [Polo et al., 1999a] em projetos de software bancários espanhóis em que o setor de manutenção foi terceirizado (*outsourcing*). Os autores reforçam que apesar da classificação ter sido criada em um contexto específico, ela pode ser generalizada e utilizada em outras situações.

Para esta dissertação removemos os papéis que segundo o nosso entendimento estavam mais vinculados a um contexto de manutenção terceirizada. Além disso, dividimos o papel “equipe de manutenção” (*maintenance team*) em *Desenvolvedor*, *Analista de Qualidade e Atribuidor* por percebermos que decompõem a equipe de forma adequada aos processos de manutenção existentes.

Usuário Afetado: Indivíduo que utiliza o software correspondente à Requisição de Mudanças (RM) que será relatada. O defeito, a melhoria ou evolução no software, representada pela RM, estão relacionadas com os desejos e necessidades deste papel.

Reportador: Responsável por registrar a RM. Em certas situações este papel é desempenhado tanto pelo usuário do sistema quanto pela equipe de manutenção.

Gerente de Requisição de Mudança (*Maintenance-request manager*): Responsável por decidir se uma RM será aceita ou rejeitada. Além disso, ele define qual tipo de manutenção deverá ser aplicada. Posteriormente a RM é encaminhada para o *Escalonador*.

Escalonador (*Scheduler*) : Deve planejar a fila das RMs que foram aceitas, ou seja, planeja a ordem de atendimento das RMs que tenham sido aprovadas pelo Gerente de Requisição de Mudança.

Atribuidor: Deve atribuir a solução de RMs aos desenvolvedores, ou seja, considerar o planejamento de RMs feito pelo Escalonador e determinar os desenvolvedores que elaborarão as soluções.

Desenvolvedor: Responsável por realizar as ações que irão solucionar a RM.

Analista de Qualidade: Tem por responsabilidade avaliar se uma RM solucionada por um Desenvolvedor foi resolvida de forma correta e dentro dos padrões de qualidade exigidos pelo projeto.

Chefe da Manutenção (*Head of Maintenance*): Este papel é responsável por definir os padrões e procedimentos que compõem o processo de manutenção que será utilizado.

Apesar da classificação de papéis derivar de um contexto específico (setor bancário e empresas com a área de manutenção terceirizada), ela é capaz de acoplar com alguns tipos de modelos de processo de manutenção existentes na literatura.

Cabe ressaltar que está fora do escopo deste estudo elaborar uma classificação dos papéis envolvidos na Manutenção de Software em função de supormos que isto corresponde a um esforço bem extenso. Nossa ação é identificar alguns dos papéis e quais são eles, sem com isso, nos envolvermos em uma consolidação definitiva.

2.1.4 Requisição de Mudança

2.1.4.1 Conceitos Básicos

Uma Requisição de Mudança (RM) corresponde ao registro da informação sobre o defeito, evolução ou melhoria de um sistema [Tripathy & Naik, 2015]. De maneira geral, uma RM pode ser especializada como o *Pedido de Correção* de uma falha ou o *Pedido de Melhoria* que pode estar relacionado com o aprimoramento de funcionalidades ou com a melhoria da qualidade do sistema. Esta visão é apresentada na Figura 2.3. Alguns autores utilizam os termos *relato de defeito* ou *relato de melhoria* como sinônimos para a RM. Todavia, no escopo desta dissertação, o relato é um atributo da RM que representa o texto que descreve uma falha ou pedido de melhoria (vide Figura 2.4).

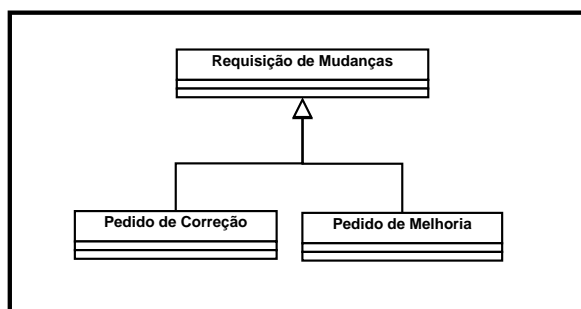


Figura 2.3. Modelo conceitual de uma Requisição de Mudança.

As principais características que compõem uma RM podem ser visualizadas no modelo exibido na Figura 2.4. Trata-se de uma adaptação do que foi proposto no trabalho de Singh e Chaturvedi [Singh & Chaturvedi, 2011] que descreve um processo genérico de como uma RM é relatada.

Os principais elementos envolvidos no modelo estão detalhados a seguir:

Identificador: Sequência de caracteres, geralmente numérica, que permite distinguir de maneira única uma RM.

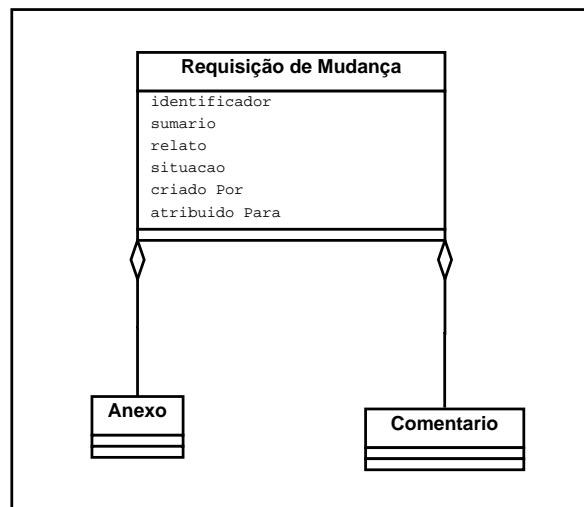


Figura 2.4. Informações que compõem uma RM

Sumário: Um título ou resumo da RM.

Relato: Descrição detalhada da RM incluindo “o que”, “onde”, “por quê”, “como” e “quando” a situação relatada ocorreu. A mensagem que aparece durante a operação do sistema pode ser incluída, bem como a entrada inserida e/ou a saída esperada.

Situação: A situação atual de uma RM. Representa os diversos estados que uma RM possui em seu ciclo de vida. Nesta dissertação discutimos brevemente o ciclo de vida de uma RM na Subseção 2.1.4.2.

Criado Por: Nome da pessoa ou um identificador previamente registrado no sistema de quem criou a RM.

Atribuído Para: A RM pode ser atribuída a uma pessoa específica caso ela seja capaz de resolvê-la, caso contrário, a RM será atribuída para alguém que possui o papel de definir o desenvolvedor mais apto para solucioná-la. Nesta dissertação, o membro de uma equipe de manutenção com esta função é denominado *Atribuidor*.

Anexo: Refere-se à informação em formato diferente de texto e que pode ser incluída na RM. Por exemplo, casos de teste, capturas de tela, e cadeia de registros de ativação (*stack trace*).

Comentário: Registra o histórico de discussões realizadas durante o processo de solução da RM¹.

¹O conceito de solução bem como de outros relacionados ao ciclo de vida de uma RM estão descritos com maiores detalhes na Seção 2.1.4.2

Conforme pode ser observado na Figura 2.4 os atributos *Comentário* e *Anexo* foram modelados como uma agregação, dando aos mesmos um caráter multivalorado. Esta escolha foi intencional para salientar que uma RM pode conter diversos anexos ou comentários. No caso dos comentários esta característica é ainda mais relevante tendo em vista que eles são realizados durante o processo de solução de uma RM. A partir do conjunto de comentários é possível coletar informações relevantes para a manutenção do software e que podem ser utilizadas para solucionar futuras RMs.

Os atributos que compõem uma RM podem variar dependendo de fatores como a ferramenta utilizada para o gerenciamento, o projeto e a equipe de manutenção. Esses campos fornecem uma variedade de metadados descritivos tais como *importância*, *prioridade*, *gravidade*, *componente*, e *produto* [Zhang et al., 2016]. Em alguns casos a RM pode conter um campo de modo a relacioná-la com outra já existente na base de dados. Este tipo de vínculo é importante para minimizar problemas da gestão das RMs, como por exemplo, a duplicação discutida na Subseção 2.1.4.3. A Figura 2.5 exibe um exemplo de uma RM contendo os elementos básicos descritos no modelo proposto na Figura 2.4.

Em síntese, apesar das diferentes nomenclaturas existentes na literatura (demanda, bug, defeito, bilhete, tíquete, requisição de modificação, solicitação de modificação, relato de problema) uma Requisição de Mudança representa uma descrição, independente da estrutura, que visa gerar a manutenção ou evolução do software. A manutenção ou evolução estão relacionados com o reparo de uma falha ou com um desejo ou necessidade do usuário do software. Nesta dissertação procuramos ficar aderentes ao termo “Requisição de Mudança” e sua sigla *RM*.

2.1.4.2 Ciclo de Vida de uma Requisição de Mudança

Uma RM descreve os desejos e necessidades dos usuários de como um sistema deve operar. Quando uma RM é relatada pelo menos dois fatores devem ser levados em conta [Tripathy & Naik, 2015]:

- *Corretude da RM*: uma RM deve ser descrita de forma não ambígua tal que seja fácil revisá-la afim de determinar sua corretude. O “formulário”, que corresponde aos campos que devem ser preenchidos na RM, é a chave para efetiva interação entre desenvolvedores e usuários. O formulário, neste sentido, documenta informações essenciais sobre mudanças no software, hardware e documentação.
- *Comunicação clara das RMs para as partes interessadas*²: as RMs necessitam ser

²Na Seção 2.1.3 discutimos em maior detalhe as diferentes partes interessadas no contexto da

| | |
|---|----------------|
| 1 | Identificador |
| 2 | Sumário |
| 3 | Situação |
| 4 | Criado Por |
| 5 | Atribuído Para |
| 6 | Anexo |
| 7 | Relato |
| 8 | Comentário |

Figura 2.5. Um exemplo de uma RM do Projeto Eclipse

claramente comunicadas para as partes interessadas. O resultado de avaliar de maneira distinta uma RM pode ser contra-produtivo: (i) a equipe que realiza mudanças no sistema e a equipe que executa testes podem ter visões contraditórias sobre a qualidade do software; (ii) O sistema alterado pode não atender às necessidades e desejos dos usuários finais.

No caminho entre sua criação e solução uma RM possui diferentes estágios. O ciclo de vida de uma RM é ilustrado através do diagrama de estados da Figura 2.6. Nele uma RM inicia como *Submetida* (*Submit*) e vai sendo modificada até alcançar o estado *Fechada* (*Closed*), em que é considerada como solucionada. Neste caminho o

manutenção de software.

conjunto de fatores que resultou na necessidade de relatar a RM pode não mais existir. Neste caso, ela é alterada para o estado *Rejeitada* (*Decline*).

Existe um aspecto importante do ciclo de vida de uma RM não abordado na discussão apresentada por Tripathy e Naik. Em teoria uma RM poderia ter novos estados: “Reaberta”, quando um usuário ou outro membro da equipe de manutenção entende que ela não foi solucionada; “Relacionada”, quando uma nova RM é na realidade uma sucessora ou possui algum tipo de relação com outra RM anteriormente registrada.

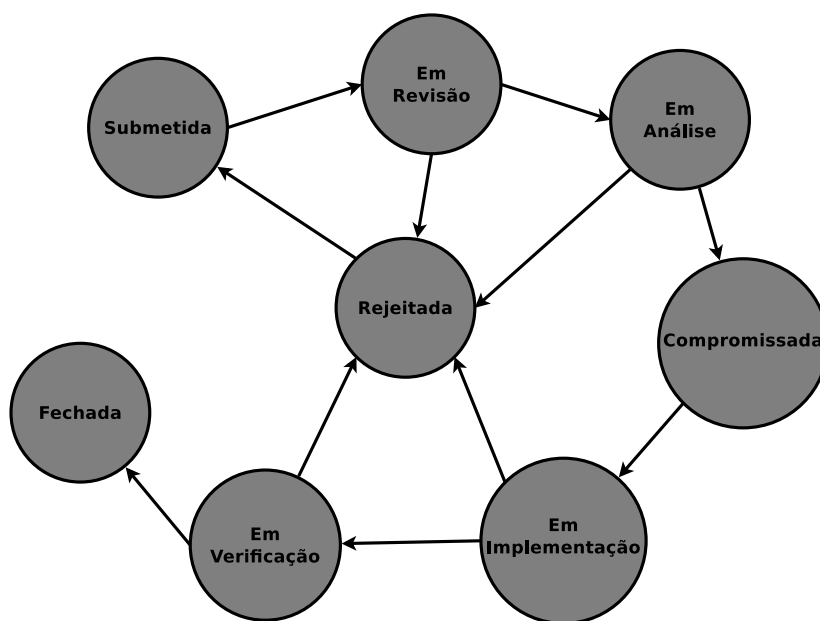


Figura 2.6. Diagrama de estados de uma RM. Adaptado de [Tripathy & Naik, 2015]

A seguir apresentamos as características dos estados do ciclo de vida de uma RM [Tripathy & Naik, 2015]. Para cada estado pode haver mais de um papel responsável pelas ações executadas. Também pode ocorrer que uma mesma pessoa desempenhe diferentes papéis neste processo, conforme discutido na Seção 2.1.3.

Submetida (*Submit*): Este é o estado inicial de uma RM criada. Geralmente são os usuários do sistema a fonte primária das RMs nesta situação. Com base no nível de prioridade, ela é movida de *Submetida* para *Em Revisão*. Normalmente cabe ao *Gerente de Requisição de Mudança* a responsabilidade da manipulação inicial das RMs. Neste instante ele se torna o “dono” das mesmas.

Em Revisão (*Review*): Normalmente, cabe ao *Gerente de Requisição de Mudanças* manipular as RMs no estado *Em Revisão* através das seguintes atividades:

- Verificar se a RM submetida recentemente é idêntica a outra já existente. Se ela é identificada como duplicada o estado da mesma é alterado para *Rejeitada*. Neste caso, uma breve explicação e algum tipo de ligação para a original são inseridos nos comentários da RM.
- Aceitar o nível de prioridade atribuído para a RM ou alterá-lo.
- Determinar o nível de severidade da RM: normal ou crítico.

Caso as atividades descritas anteriormente não possam ser realizadas, a RM é movida para o estado *Em análise*.

Em Análise (*Analysis*): Neste estágio uma análise de impacto é conduzida para entender o que foi solicitado na RM e estimar o tempo necessário para implementá-la. Caso não seja possível ou desejável atendê-la a situação é alterada para *Rejeitada*. Caso contrário, a RM é movida para estado *Compromissada (Commit)*. No estado *Em Análise* o responsável pela RM é o *Gerente de Requisição de Mudança*.

Compromissada (*Commit*): A RM no estado *Compromissada* não foi atendida, mas se encontra no planejamento do projeto de modo a estar em uma próxima versão do produto. As RMs neste estado são responsabilidade de um *Gerente de Requisição de Mudança*. Algumas RMs podem ser incluídas em futuras versões do sistema após acordo com as demais partes interessadas.

Em Implementação (*Implement*): No estágio de *Em Implementação* diferentes cenários podem ocorrer:

- A RM pode ser rejeitada caso sua implementação não seja factível.
- Caso a RM seja possível de implementar, os desenvolvedores realizam a codificação e os testes. Após o desenvolvimento ser finalizado a RM é movida de *Em Implementação* para *Em verificação*.

Em Verificação (*Verification*): No estado de verificação as atividades são controladas pelo *Analista de Qualidade*. Dentre os métodos de verificação temos demonstrações, análises, inspeções e testes.

Fechada (*Closed*): Após a verificação de que a RM foi atendida, ela é movida de *Em verificação* para *Fechada*. Esta ação é realizada pelo *Analista de Qualidade* que é o “proprietário” da RM durante o estado de *Em Verificação*. Nesta dissertação, quando referenciamos ao último estágio do ciclo de vida da RM, utilizaremos o termo “Solução da RM” para representar a situação em que a falha relatada ou a melhoria solicitada é entendida, por algum membro das partes interessadas, como atendida.

Rejeitada (*Decline*): Uma RM pode ser rejeitada caso ela seja considerada sem impacto relevante no sistema, não seja possível tecnicamente realizar o que foi solicitado na RM ou a equipe de qualidade conclui que as mudanças no software para atender à RM não podem ser satisfatoriamente verificadas.

O modelo de ciclo de vida discutido por Tripathy e Naik possui foco em organizações que possuem uma área exclusivamente dedicada à manutenção de software. Em outros contextos, como por exemplo em projetos de código aberto, o processo de modificação dos estados de uma RM pode ser diferente. No trabalho de Ihara e outros [Ihara et al., 2009] foi conduzido um estudo de caso nos projetos Firefox e Apache e um dos resultados foi o diagrama apresentado na Figura 2.7 que representa o processo de modificação de uma RM.

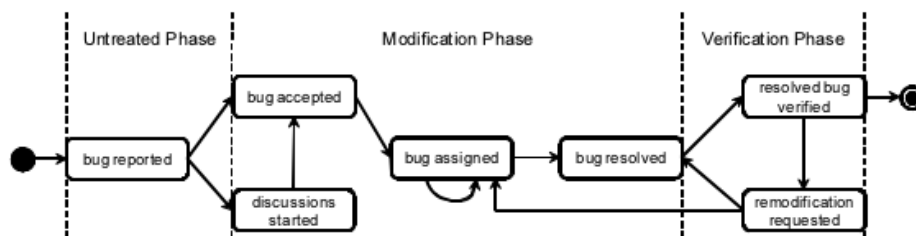


Figura 2.7. Um processo de modificação de uma RM utilizando uma FGRM.
Extraído de [Ihara et al., 2009]

Os autores ponderam que apesar de haver diferentes estados e transições em diferentes projetos, o diagrama é capaz de representar de maneira geral o processo de transição de uma RM. O processo é composto de três fases diferentes: *não tratada* (*untreated*), *modificação* (*modification*) e *verificação* (*verification*).

A fase *não tratada* foca em um subprocesso em que as RMs são relatadas, todavia, não foram aceitas ou atribuídas a algum membro da equipe. A fase de *modificação* é um subprocesso em que as RMs são efetivamente modificadas. Nesta fase uma RM é aceita e posteriormente atribuída a algum desenvolvedor. Caso o pedido da RM não possa ser atendido ela é *rejeitada*. A fase de *verificação* é o subprocesso em que membros com a responsabilidade de garantia da qualidade verificam se as RMs modificadas foram

efetivamente solucionadas. Caso uma RM modificada por um desenvolvedor não seja verificada, ela poderia não ser reconhecida como fechada (*closed*).

É possível relacionar o modelo descrito por Tripathy e Naik e aquele proposto por Ihara e outros. Em ambos é possível identificar fases em que uma RM é relatada, analisada e verificada. Além disso, os modelos discriminam situações em que o pedido descrito na RM não é capaz de ser realizado. Nesta dissertação utilizamos de forma geral o modelo proposto por Ihara e outros.

2.1.4.3 Problemas e Desafios do Gerenciamento das RMs

A seguir discutimos alguns dos problemas e desafios do gerenciamento de RMs discutidos na literatura.

Localização do Problema: A tarefa de encontrar a origem de uma falha de software em boa parte das vezes é complexa e consome muito tempo. O estudo de Thung e outros afirma que na faixa de 84 a 93% de problemas em software afetam entre 1 e 2 arquivos de código-fonte [Thung et al., 2012a]. Apesar da pequena quantidade de arquivos afetados, identificar em quais deles o problema reside (*buggy files*) é uma tarefa árdua [Thung et al., 2014b].

Os pesquisadores vêm propondo abordagens baseadas em Recuperação da Informação para localizar o arquivo que contém uma falha com base no texto do relato de uma RM. Nesse tipo de abordagem existe a tentativa de encontrar um elo entre o texto do relato e os arquivos que podem estar relacionados com a solução do problema [Wong et al., 2014].

Dificuldade na Visualização das Informações das RMs: Uma tomada de decisão deve ser subsidiada por informações corretas. Este fato não é diferente na manutenção e desenvolvimento de software. Pouco se sabe sobre o comportamento evolutivo, o tempo de vida, distribuição e estabilidade dos problemas reportados nas FGRMs [Hora et al., 2012]. Este problema é reforçado pela forma como as FGRMs armazenam os dados das RMs. Em geral, essas ferramentas exibem informações sobre as RMs de forma textual, o que não é apenas complicado para navegar, mas também dificulta a compreensão dos problemas do software [Dal Sasso & Lanza, 2014]. Por esta razão estudos estão sendo realizados de modo a propor novas formas de visualização da informação contida nas RMs [Takama & Kurosawa, 2013, Hora et al., 2012].

Baixa Qualidade do Relato: Durante o processo de solução de uma RM a reprodução manual das falhas reportadas é demorada e tediosa. Os desenvolvedores ten-

tam reproduzir problemas usando a informação contida nas RMs que muitas vezes está incompleta [White et al., 2015]. Em algumas situações, para obter os dados que necessita, o desenvolvedor deve registrar um comentário para que o responsável do relato inclua as informações necessárias [Zimmermann et al., 2009]. A melhoria da qualidade do relato pode implicar na redução do custo do processo de garantia de qualidade bem como aumentar a confiabilidade do software com a redução gradativa de falhas [Tu & Zhang, 2014].

Identificação de RMs Duplicadas: O processo de identificação de RMs Duplicadas consiste em avaliar se determinado relato de uma RM trata do mesmo assunto tratado no relato de outra RM. Quando uma RM é identificada como duplicada ela deveria ser relacionada com a sua “cópia”. Uma delas é definida como RM Mestre e as demais RMs Filhas. Geralmente a Mestre é aquela que foi primeiramente incluída no repositório de erros. Alguns estudos revelam que entre 10% e 30% das RMs podem ser classificadas como duplicadas [Anvik et al., 2005, Cavalcanti et al., 2013, Runeson et al., 2007]. Por conta do grande número de RMs repetidas uma das soluções é o *Escalonador* analisá-las manualmente com objetivo de evitar que elas cheguem aos desenvolvedores [Anvik et al., 2005]. Em alguns casos esta solução não é viável. O processo de identificação de RMs duplicadas requer: (i) um prévio conhecimento do conjunto de relatos existentes anteriormente no projeto; (ii) a busca manual em toda base de dados da FGRM [Banerjee et al., 2012, Lerch & Mezini, 2013, Hindle et al., 2016]. Ambas as estratégias consomem tempo e não garantem que falsos positivos não possam ocorrer [Kaushik & Tahvildari, 2012]. Os falsos positivos podem ainda acarretar na desconsideração de problemas relevantes.

Atribuição da RM: O processo de atribuição de RMs tem como objetivo encontrar o desenvolvedor mais capacitado para manipular uma dada RM [Cavalcanti et al., 2014]. Existe a premissa de que a escolha do desenvolvedor apropriado é crucial para obter em menor tempo a solução da RM [Di Lucca et al., 2002]. Estudos também discutem que o processo de atribuição deve considerar fatores tais como a carga de trabalho do desenvolvedor e a prioridade da RM, dentre outros [Aljarah et al., 2011].

Classificação da RM: Independentemente do tipo e tamanho de um projeto é importante determinar qual tipo de manutenção deverá ser realizada para cada RM que é criada. Geralmente este tipo de classificação é feita com base no texto que corresponde ao relato da RM. A diversidade de categorias pode tornar a tarefa complexa pelo fato de que em muitos casos não é fácil determinar os limites entre os

tipos [Antoniol et al., 2008]. Por exemplo, a uma classificação incorreta de um defeito que na verdade trata-se de uma melhoria pode acarretar em atrasos no projeto [Cavalcanti et al., 2014]. A principal atividade associada é a triagem de RMs que tem como objetivo revisar uma lista de RMs para determinar aquelas que necessitam ser acompanhadas ou priorizadas.

Estimativa de Esforço da RM: A gerência de custo e de esforço de um projeto de manutenção passa pelo controle do esforço necessário para solucionar suas RMs. Os estudos que discutem o esforço para solução de uma RM utilizam três formas de estimativa [Cavalcanti et al., 2014]: determinar o tempo para solucionar novas RMs; definir os artefatos que são impactados por determinada RM (Análise de Impacto); prever o número de novas RMs que poderão fazer parte do projeto. A literatura sobre análise de impacto é bastante abrangente e pode envolver o estudo de artefatos tais como documentos de requisitos e arquiteturas de softwares, código fonte, registros (*logs*) de teste e assim por diante [Cavalcanti et al., 2014]. Apesar da inerente imprecisão deste tipo de trabalho é importante salientar que a estimativa de esforço de RMs é importante para a gestão de projetos de manutenção porque ajuda alocar o recurso disponível de forma mais eficiente [Bhattacharya & Neamtiu, 2011] e melhorar a previsão do custo necessário para o lançamento de futuras versões do sistema [Vijayakumar & Bhuvaneswari, 2014].

Recomendação de RMs: Em algumas equipes, um membro experiente geralmente ensina os recém-chegados o que eles precisam fazer para solucionar uma RM. Todavia, alocar um membro experiente de uma equipe por um longo tempo para ensinar um novato nem sempre é possível ou desejável. A premissa é que o mentor poderia ser mais útil fazendo tarefas mais importantes [Malheiros et al., 2012]. Por exemplo, quando um novo desenvolvedor entra no projeto seria interessante que ele resolvesse as RMs que tivessem um menor nível de dificuldade. Posteriormente, quando o desenvolvedor ganhasse mais experiência, poderia aumentar o grau de dificuldade das RMs que ele deve tratar. Este tipo de situação ocorre com certa frequência em projetos de código aberto, em que a contribuição de desenvolvedores externos ao projeto é fundamental. No entanto, encontrar um defeito apropriado ao nível de conhecimento do desenvolvedor, bem como a correção apropriada para o mesmo requer uma boa compreensão do projeto [Wang & Sarma, 2011].

Para facilitar a inclusão de novos desenvolvedores alguns estudos vêm se dedicando ao desenvolvimento de sistemas de recomendação de RMs [Malheiros et al., 2012, Wang & Sarma, 2011]. Estes sistemas podem ajudar o recém-chegado a solu-

cionar uma RM mediante a apresentação do código fonte potencialmente relevante [Malheiros et al., 2012].

2.2 As Ferramentas de Gerenciamento de Requisições de Mudança (FGRM)

As RMs são controladas por uma FGRM na forma de um fluxo de trabalho de modo a identificar, descrever e controlar a sua situação. Em geral, os objetivos de um projeto em adotar uma FGRM para gerenciar suas RMs são os seguintes [Tripathy & Naik, 2015]:

- Disponibilizar um método comum para a comunicação entre as partes interessadas.
- Identificar de forma única e rastrear a situação de cada RM. Esta característica simplifica o processo de relatar uma RM e fornece um melhor controle sobre as mudanças.
- Manter uma base de dados sobre todas as mudanças no sistema. Esta informação pode ser utilizada para monitoramento e métricas de medição.

No momento em que os trabalhos desta dissertação estavam sendo desenvolvidos, alguns estudos discutiam o fato de que as FGRMs não apenas ajudam as organizações a gerenciar, atribuir, controlar, resolver e arquivar as RMs [Bertram et al., 2010]. Em alguns casos, este tipo de ferramenta se tornou o ponto focal para comunicação e coordenação para diversas partes interessadas, dentro e além da equipe de manutenção. As FGRMs servem como um repositório central para monitorar o progresso das ações dos mantenedores associadas a uma RM, para solicitar informações adicionais da pessoa responsável por redigir a requisição e o ponto de discussão para potenciais soluções de um defeito (bug) [Zimmermann et al., 2009].

Em projetos de código aberto, as FGRMs são um importante espaço onde a equipe de desenvolvimento interage com a comunidade. Como consequência é possível observar o fenômeno da participação dos usuários no processo de solução da RM: eles não apenas submetem a RM, mas também participam da discussão da solução. Desta forma, o usuário final ajuda nas decisões sobre a direção futura do produto de software [Breu et al., 2010].

2.2.1 Modelo Conceitual do Contexto das FGRMs

As FGRMs têm características as vezes distintas e têm sido usadas em diferentes contextos, apesar disso é possível encontrar atributos comuns que permitem a compilação de um modelo das FGRMs e de seu contexto. A construção de um modelo conceitual do contexto das FGRM pode ajudar em discussões posteriores. Acreditamos que o esforço para a criação de um modelo conceitual para FGRMs e seu contexto é bem extenso. Conforme discutido na Conclusão desta dissertação percebemos que organizar de maneira consistente e abrangente as FGRMs e seu contexto exigiria um esforço além de nossa disponibilidade e aqui apenas itemizamos alguns conceitos que podem ser candidatos a estarem presentes em um trabalho mais completo.

Projeto: Em vários contextos um “projeto” corresponde a um “projeto de manutenção de software”, mas há também contextos que tratam de um “projeto” que não é claramente especificado. Este pode ser composto pelos atributos *Componentes de Software*, *Artefatos* e *Contexto de Desenvolvimento*.

- *Componente de Software* representa um ou mais módulo que fazem parte do sistema que a FGRM suporta.
- *Artefatos* são os objetos utilizados ou produzidos no desenvolvimento do software tais como código fonte, documentação, casos de teste e etc.
- *Contexto de Desenvolvimento* representa os atributos que interferem no processo de desenvolvimento e manutenção de software. Nele está contido o processo de desenvolvimento (por exemplo métodos ágeis, cascata, iterativo e etc), as ferramentas utilizadas (compiladores, ferramentas de debug e de build), dentre outros aspectos.

Repositório de RMs: Trata-se da base de dados onde as RMs são armazenadas e gerenciadas. Cada item nesta base é uma RM com as características discutidas na Seção 2.1.4.

Repositório de Usuários Representa a base de dados de usuários da FGRM. Nele são gerenciados os dados das pessoas envolvidas no projeto e de seus respectivos direitos de acesso às informações das RMs. Neste caso, esta base inclui tanto a equipe de manutenção quanto as demais partes interessadas.

Fluxo de Trabalho: O *Fluxo de Trabalho* representa o conjunto de regras que gerenciam o processo de solução das RMs. É a partir dele que são definidos os diferentes *estados* que uma RM pode assumir desde de quando ela é redigida até

o momento em que se define que foi solucionada. Este processo é realizado pelas *Pessoas* envolvidas no *Projeto* através dos diferentes *Papéis* desempenhados e suas respectivas *Atividades*. Uma discussão mais aprofundada sobre os papéis desempenhados na manutenção de software está disponível na Subseção 2.1.3. De maneira relacionada, os diferentes estados de um ciclo de vida de uma RM estão descritos na Subseção 2.1.4.2.

As FGRMs desempenham um papel que vai além de gerenciar as Requisições de Mudança. Neste sentido, é importante estudar este tipo de software em busca do conhecimento de como melhorá-lo de modo a atender as diversas necessidades dos seus usuários. Contudo, é importante avaliar as novas funcionalidades propostas na literatura. Uma possível forma de melhoria é através do uso de extensões. Na próxima seção abordamos esta propriedade de algumas FGRMs que permitem a inclusão e modificação de funcionalidades e comportamentos segundo as necessidades do usuário.

2.2.2 Extensões de Funcionalidades em FGRM

Em determinados domínios de aplicação é interessante desenvolver produtos de software com uma arquitetura que permita o sistema se adaptar às mudanças em seu ambiente. Existe a possibilidade de incluir novas funcionalidades dentro das já existentes no software. Verificamos que os sistemas que permitem extensões apresentam os seguintes benefícios:

- Extensibilidade: o software pode ser dinamicamente estendido mediante a inclusão de novos módulos de código que correspondem a novas características;
- Desenvolvimento em Paralelo: Quando os componentes não possuem certas dependências eles podem ser desenvolvidos em paralelo por equipes diferentes;
- Simplicidade: uma extensão tipicamente tem uma única funcionalidade, desta forma, permite um maior foco de quem desenvolve.

Uma extensão de uma FGRM pode portanto ser *(i)* um código executável que estende as funcionalidades do módulo executável da ferramenta ou *(ii)* uma especificação de como uma ferramenta pode ter funcionalidades adicionais. Nesta dissertação fazemos uso dos dois significados e normalmente o contexto deixa claro a intenção de significado.

2.3 Funcionalidades das FGRMs

2.3.1 Visão Geral

Quando uma empresa ou um projeto de software de código aberto decide adotar uma FGRM um desafio é analisar o conjunto de funcionalidades das FGRMs que serão consideradas candidatas. Outras variáveis podem envolver o custo e o suporte pós-venda da ferramenta. De maneira relacionada, o pesquisador que estuda propostas de melhorias para as FGRMs pode estar interessado em analisar o conjunto de funções que permita caracterizar este tipo de software.

O número de FGRMs disponíveis quando esta dissertação foi escrita era de cerca de 50 ferramentas. A nossa expectativa é que, a partir de um conjunto compartilhado de funções e comportamentos, sejamos capazes de caracterizar as FGRMs e também avaliar a contribuição de novas funcionalidades propostas na literatura, conforme será apresentado no Capítulo 3. Com este objetivo realizamos um estudo exploratório para coletar as funcionalidades presentes nas FGRMs. Em um estudo exploratório a preocupação é analisar o objeto em sua configuração natural, deixando que as descobertas surjam da própria observação [Wohlin et al., 2012].

2.3.2 Objetivo do Estudo

O objetivo do estudo descrito nesta Seção é coletar, apresentar e discutir as principais funcionalidades das FGRMs que dão suporte ao desenvolvimento e manutenção de software. O ponto de partida é o conjunto de sistemas escolhidos por meio de um levantamento (*survey*). Acreditamos que o resultado obtido permite uma melhor compreensão deste tipo de software tomando como base o conjunto de funções que eles oferecem aos seus usuários. Em um segundo momento também será possível propor novas funcionalidades ou melhorias das existentes tendo em vista a possibilidade de determinar um conjunto mínimo de comportamentos das FGRMs.

2.3.3 Metodologia

Para determinarmos um conjunto de funcionalidades das FGRMs realizamos um estudo exploratório dividido nas três etapas listadas a seguir. Nas próximas seções apresentamos os detalhes de cada uma delas.

- (i) Seleção das Ferramentas
- (ii) Inspeção da Documentação

(iii) Agrupamento das Funcionalidades

2.3.3.1 Seleção das Ferramentas

Nesta etapa definimos as ferramentas que seriam utilizadas. A partir de uma pesquisa na Internet obtivemos cerca de 50 ferramentas³. Devido ao esforço necessário e a dificuldade de realizar a análise em cada um dos sistemas que compunha o conjunto inicial, optamos por escolher um subconjunto que fosse mais representativo, tomando como base a opinião de desenvolvedores que trabalham em projetos de código aberto e de código proprietário que já tenham utilizado alguma FGRM. A representatividade no escopo do levantamento corresponde a opinião do profissional sobre notoriedade que a ferramenta possui dentro do seu domínio de aplicação em comparação com as demais que lhe foram apresentadas ou com as quais ele já teve contato.

2.3.3.2 Desenho do Levantamento por Questionário

Um levantamento (survey) por questionário é uma abordagem de coleta e análise de dados em que os participantes respondem a perguntas ou manifestam opinião sobre algum tipo de item apresentado. Este tipo de estudo permite a generalização das crenças e opiniões de uma população mediante os dados coletados de um subconjunto do público-alvo (amostra). No trabalho conduzido por Kasunic [Kasunic, 2005] é apresentada uma sequência de etapas a serem seguidas no processo de condução de um levantamento por questionário. Este passo-a-passo está descrito a seguir e foi utilizado no levantamento para seleção das FGRMs.

1. Identificar os objetivos da pesquisa
2. Identificar e caracterizar o público-alvo
3. Elaborar o plano de amostragem
4. Elaborar e escrever o questionário
5. Aplicar questionário de teste ou piloto
6. Distribuir o questionário
7. Analisar os resultados e escrever o relatório

³https://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_issue-tracking_systems

Para coletar a opinião dos profissionais utilizamos um formulário estruturado em duas partes: a formação de base do participante (background) e a avaliação das ferramentas. Na primeira, estávamos interessados em conhecer as características do respondente. Esta informação é relevante para analisar de forma separada os dois grupos de profissionais em que o questionário foi aplicado. Na segunda, apresentamos uma lista previamente definida de ferramentas e solicitamos aos participantes que avaliassem a relevância de cada uma delas através de uma escala do tipo Likert [Robbins & Heiberger, 2011]. As ferramentas que foram apresentadas aos participantes estão disponíveis no Apêndice A. O formulário também dispunha de um campo de texto em que era possível registrar outras FGRMs também julgadas relevantes, mas que não estava na lista que lhe foi apresentada.

Antes da aplicação, o questionário foi validado em um processo de três etapas. Na primeira parte foi solicitada a avaliação por dois pesquisadores experientes da área de Engenharia de Software. Após as alterações, uma versão modificada foi enviada para dois profissionais que trabalham com manutenção de software. O critério utilizado para seleção dos profissionais foi ter um tempo da ordem ou superior a 10 anos de experiência em desenvolvimento e manutenção de software. O formulário foi modificado com as sugestões dos profissionais finalizando assim a segunda etapa de validação. A última etapa consistiu na realização de um piloto com dez desenvolvedores que trabalham em um setor manutenção de software de uma empresa pública de informática. Os programadores responderam o questionário e, adicionalmente, responderam questões em que era possível dar sugestões de melhoria. A versão final do formulário está disponível no Apêndice B desta dissertação. Como o público-alvo do questionário poderia incluir desenvolvedores de diferentes nacionalidades foi criada uma versão em inglês⁴.

No caso deste levantamento a população é o conjunto de profissionais que trabalham com desenvolvimento e manutenção de software e que tenham uma razoável experiência de uso com as FGRMs. A caracterização e estratificação desta população não é simples. Neste sentido, visando diminuir possíveis vieses, replicamos o questionário em dois grupos:

Grupo 01: Profissionais que participam de fóruns e discussões sobre desenvolvimento e manutenção de software na rede social Stack Overflow.

Grupo 02: Profissionais relacionados a grupos que contribuem em projetos de código aberto.

⁴A versão inglês do formulário está disponível em <https://archive.org/download/dissertacao-vagner-clementino-um-estudo/form-avalicao-ferramentas-en.pdf>

Os participantes foram recrutados através de correio eletrônico. Nós coletamos os endereços de e-mail que foram definidos com públicos e enviamos um total de 104 mensagens no período de 13/11/2016 a 21/11/2016. O gabarito da mensagem enviada pode ser visualizado no Apêndice C.

2.3.3.3 Critérios de Seleção das FGRMs

Antes da seleção das FGRMs que seriam utilizadas nesta dissertação, elas foram categorizadas como "*ferramentas*" e "*serviços da internet*". Para incluir determinado software em um dos grupos utilizamos a respectiva documentação do software. A primeira categoria representa os softwares que são capazes de serem implantados na infraestrutura do seu cliente e permite algum grau de personalização de seus componentes, como por exemplo, o banco de dados a ser utilizado. Na segunda categoria estão os softwares que oferecem o gerenciamento das RMs mediante uma arquitetura do tipo Software como Serviço, onde certos tipos de alterações no comportamento do sistema são mais restritas. Acreditamos que ao escolher ferramentas destes dois tipos poderíamos cobrir uma maior parte do domínio de aplicação das FGRMs do que se a escolha priorizasse apenas um tipo. Optamos por escolher *03 ferramentas* de cada categoria.

O grupo final de FGRMs foi selecionado pela frequência com que cada grau de relevância apareceu no levantamento. A pontuação seguiu uma escala que atribuía 1 para uma opção mais negativa como "Não conheço a ferramenta" e um peso 5 para resposta mais positiva como "Muito relevante". Por exemplo, se uma ferramenta *X* teve a opção "Muito relevante" escolhida por três profissionais ela receberia a pontuação final de 15. Caso uma ferramenta não estivesse na lista, mas foi informada pelo participante de forma espontânea, ela recebia uma pontuação igual a 5. Após o cálculo da pontuação de cada ferramenta, ordenamos do maior para o menor valor e escolhemos as três melhores posicionadas de cada categoria.

2.3.3.4 Inspeção da Documentação

Nesta etapa do trabalho realizamos a leitura do material disponível na Internet para cada uma das ferramentas selecionadas conforme descrito anteriormente. Para cada uma das FGRMs optamos por analisar a última versão estável do software a fim de analisarmos o que havia de mais novo disponível aos usuários. A documentação de algumas ferramentas, em especial aquelas que adotam uma arquitetura cliente/servidor e necessitam de um certo grau de administração, dividem as funcionalidades do software entre aquelas com foco no usuário final e administradores de sistema. Nestes casos, optamos por coletar as funcionalidades para os usuários finais das FGRMs tendo em vista

que aquelas com foco em administradores de sistemas não estão no escopo desta dissertação. Os dados obtidos durante o processo de seleção foram incluídos no formulário disponível no Apêndice D.

Os dados obtidos da leitura da documentação de cada ferramenta foram classificados por meio da técnica denominada *Cartões de Classificação - Sorting Cards*. Trata-se de um processo de elicitación de conhecimento de baixo custo e com foco no usuário que é utilizado na área de arquitetura da informação para criar modelos mentais e derivar classificações a partir dos dados utilizados [Just et al., 2008]. Existem três fases dentro do processo de Cartões de Classificação (*i*) preparação, na qual os participantes ou o conteúdo dos cartões são selecionados; (*ii*) execução, em que os cartões são organizados em grupos com um título que seja capaz de descrever o grupo; (*iii*) análise, na qual os cartões são sistematizados para formar hierarquias mais abstratas e que são usadas para deduzir resultados.

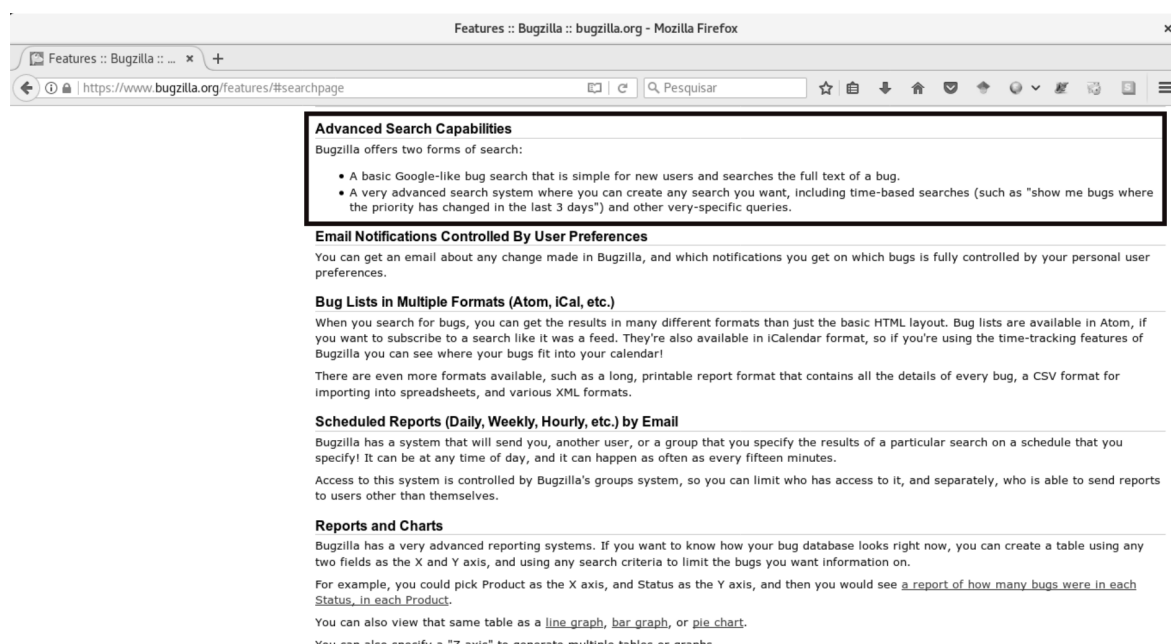


Figura 2.8. Exemplo de documentação de uma funcionalidade do Bugzilla

Os cartões foram organizados de modo a conter: o nome e a versão da ferramenta analisada; a URL da documentação utilizada; o nome da funcionalidade coletada, que consiste de uma descrição breve conforme existente na documentação; descrição detalhada da funcionalidade, cujo objetivo é facilitar o processo de agrupamento que será descrito na próxima seção. Nas Figura 2.8 e 2.9 é possível visualizar, respectivamente, a documentação de uma funcionalidade da ferramenta Bugzilla e o cartão produzido⁵

⁵O conteúdo integral dos cartões utilizados nesta dissertação estão disponíveis em <https://archive.org/download/dissertacao-vagner-clementino-um-estudo/cartoes-ordenados.csv>

| |
|---|
| Nome da Ferramenta |
| Bugzilla |
| URL Documentação |
| https://www.bugzilla.org/features/#searchpage |
| Nome da Funcionalidade |
| Advanced Search Capabilities |
| Descrição da Funcionalidade |
| Bugzilla offers two forms of search: A basic Google-like bug search that is simple for new users and searches the full text of a bug. A very advanced search system where you can create any search you want, including time-based searches (such as "show me bugs where the priority has changed in the last 3 days") and other very-specific queries. |
| Observações Adicionais |
| Conforme a documentação a funcionalidade tem foco no usuário final. |

Figura 2.9. Exemplo de um cartão ordenado para uma funcionalidade da FGRM Bugzilla

2.3.3.5 Agrupamento das Funcionalidades

Esta etapa tem por objetivo agrupar as funcionalidades que aparecem com nomenclatura distintas em diferentes ferramentas, mas que representam o mesmo comportamento. Cabe ressaltar que o agrupamento de algumas funcionalidades pode depender de uma análise interpretativa do responsável pela atividade. Neste sentido, a fim de evitar algum tipo de viés, o agrupamento foi realizado em duas etapas:

Análise Individual Nesta etapa o autor e um outro especialista realizam de forma separada os agrupamentos.

Análise Compartilhada Em um segundo momento tanto o autor quanto o especialista discutem as possíveis divergências até que um consenso seja obtido.

Após o processo de agrupamento foi possível realizar a categorização das funcionalidades das ferramentas. Os resultados do processo de agrupamento são apresentados e discutidos nas próximas seções.

2.3.4 Resultados

Nesta seção iniciamos apresentando o perfil dos participantes do levantamento que selecionou as ferramentas e em seguida exibimos as categorias resultantes do processo de classificação dos cartões.

2.3.4.1 Perfil dos Participantes

Ao final do levantamento obtivemos um total de 52 respostas. Os profissionais que participaram são em sua maioria desenvolvedores conforme pode ser verificado na Figura 2.10. O grupo de respondentes também incluem Engenheiros de Software, Gerentes de Equipe e Arquitetos de Software que, junto com os Desenvolvedores, representam mais de 80% do total. Com relação à experiência verificamos que a maior parte possui entre 3 e 10 anos (60%). Na segunda posição temos os participantes com 10 - 20 anos de experiência (17%). Quanto ao tamanho da equipe, verificamos uma prevalência de equipes com mais de 10 membros, representando 38% das participações. As demais configurações de tamanho de equipe tiveram a seguinte frequência de respostas: 2 a 5 membros (35%); 6 a 10 membros (19%); 1 membro (8%). Por sua vez, estas equipes estão predominantemente em empresas privadas de software, é o caso de 37 participantes (74%). Com relação ao local de trabalho verificamos ainda que a segunda posição ficou para empresas que pertencem ao setor governamental com 11 participantes (22%). O restante é composto por 01 profissional que se dedica a projetos de software livre (2%) e 01 estudante (2%).

2.3.4.2 Ferramentas Escolhidas

A partir do levantamento realizado e do processo de seleção descrito na Seção 2.3.3.3 obtivemos as ferramentas apresentadas na Tabela 2.1. Conforme pode ser observado foram escolhidos três softwares que conforme os critérios que adotamos podem ser classificados como ferramenta ou serviço da Internet⁶. É importante perceber que o *Github* e o *Gitlab* não estavam na lista inicial, contudo, apareceram no resultado final. Isso decorre pelo fato de optarmos por atribuir o peso 5 para ferramentas que foram citadas pelos participantes de maneira espontânea.

A Tabela 2.2 apresenta as ferramentas e o elo de ligação para os respectivos documentos que foram utilizados. Para aqueles sistemas que apresentam documentação

⁶A análise completa dos dados sobre a seleção das ferramentas pode ser encontrado em https://archive.org/download/dissertacao-vagner-clementino-um-estudo/frequencia_selecao_ferramentas.csv

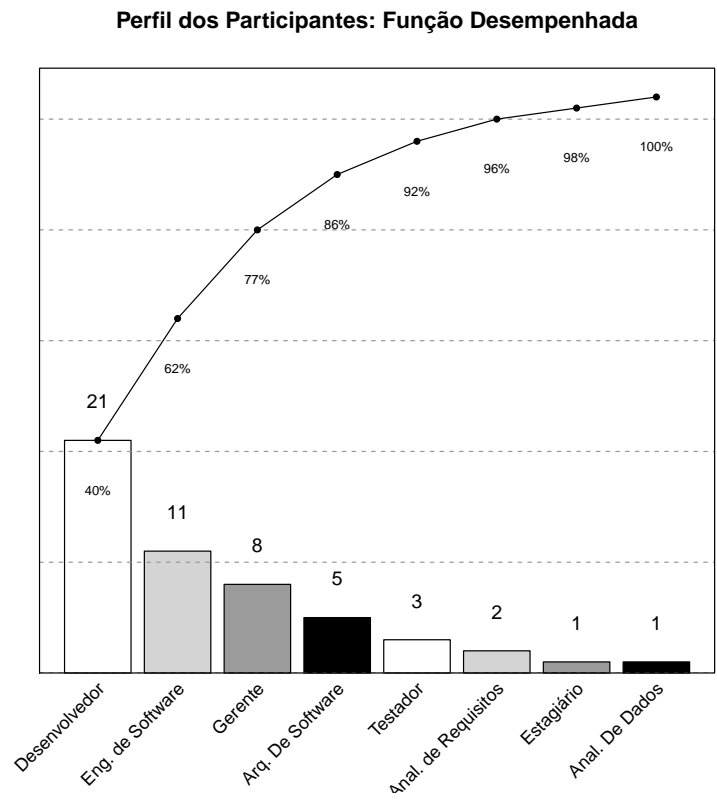


Figura 2.10. Funções desempenhadas pelos participantes

| Ferramenta | Classificação | Versão | URL |
|------------------------------|---------------|--------|--|
| Bugzilla | Ferramenta | 5.0.3 | https://www.bugzilla.org |
| Mantis Bug Tracker | Ferramenta | 1.3.2 | https://www.mantisbt.org |
| Redmine | Ferramenta | 3.3.1 | http://www.redmine.org/ |
| JIRA Software | Serviço | 7.2.4 | https://br.atlassian.com/software/jira |
| Github Issue System | Serviço | - | https://github.com/ |
| Gitlab Issue Tracking System | Serviço | - | https://gitlab.com/ |

Tabela 2.1. Ferramentas utilizadas no estudo

em mais de um idioma optamos por aquela escrita em inglês por entendermos que poderia ser a mais atualizada.

| Nome da Ferramenta | URL |
|------------------------------|---|
| Bugzilla | https://www.bugzilla.org/features/ |
| Github Issue Tracking System | https://github.com/blog/411-github-issue-tracker |
| Github Issue Tracking System | https://github.com/features |
| Github Issue Tracking System | https://guides.github.com/features/issues/ |
| Gitlab Issue Tracking System | http://docs.gitlab.com/ce/user/project/labels.html |
| Gitlab Issue Tracking System | https://about.gitlab.com/2016/08/22/announcing-the-gitlab-issue-board/ |
| Gitlab Issue Tracking System | https://about.gitlab.com/solutions/issueboard/ |
| Gitlab Issue Tracking System | https://docs.gitlab.com/ee/user/project/description_templates.html |
| Gitlab Issue Tracking System | https://docs.gitlab.com/ee/user/project/issues/automatic_issue_closing.html |
| Gitlab Issue Tracking System | https://docs.gitlab.com/ee/workflow/issue_weight.html |
| Gitlab Issue Tracking System | https://docs.gitlab.com/ee/workflow/milestones.html |
| Gitlab Issue Tracking System | https://docs.gitlab.com/ee/workflow/time_tracking.html |
| JIRA | https://br.atlassian.com/software/jira/features |
| MantisBT | https://www.mantisbt.org/wiki/doku.php/mantisbt:features |
| Redmine | http://www.redmine.org/projects/redmine/wiki/Features |

Tabela 2.2. Documentações utilizadas no processo de coleta de dados.

2.3.4.3 Espectro de Funcionalidades das FGRMs

Após a inspeção da documentação e validação dos dados obtivemos um total de 123 cartões, sendo eles sistematizados manualmente. Como o nosso objetivo é derivar tópicos a partir de um conjunto inicial de cartões, optamos por realizar uma *classificação aberta*. Neste tipo de abordagem, os grupos são estabelecidos durante o processo de classificação dos cartões em oposição a outra forma de utilização da técnica em que a sistematização dos cartões ocorre com base em grupos pré-determinados. Ao final do processo compilamos os tópicos para construir um espectro de funcionalidades para as FGRMs exibido na Figura 2.11.

A figura foi construída com base nas categorias de funcionalidades exibidas na Tabela 2.3 em que é possível verificar a frequência que cada uma delas apareceu no conjunto de cartões coletados.

A partir da Tabela 2.3 é possível verificar que o gerenciamento das RMs formam as funcionalidades mais frequentes das FGRMs. De uma maneira geral, uma das primeiras responsabilidades de uma FGRM é gerir a *criação, consulta, atualização e destruição* de uma RM. Estas funções podem ser agrupadas em um termo único denominado *Operações de CRUD* (acrônimo de *Create, Read, Update e Delete* na língua Inglesa). Algumas das categorias apresentadas na Tabela 2.3 estão descritas a seguir.

Operações de CRUD: Nesta categoria estão as funcionalidades que dão suporte à criação, consulta, atualização e destruição das RMs. Com relação à criação verificamos

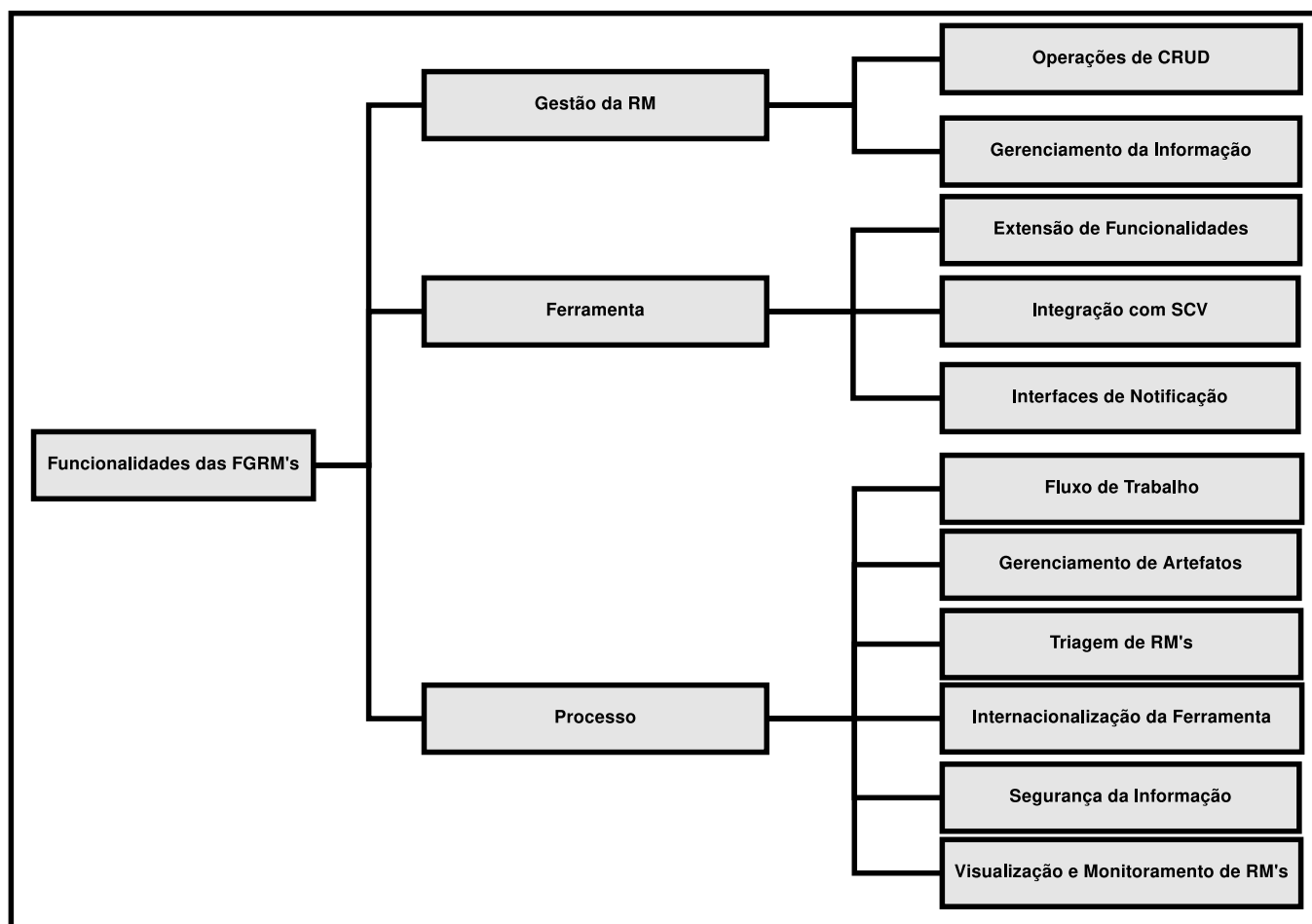


Figura 2.11. Modelo de funcionalidades básicas das FGRMs

| Categoria de Funcionalidades | Frequência |
|---|------------|
| Operações de CRUD | 24 |
| Visualização e Monitoramento de RMs | 22 |
| Segurança da Informação | 17 |
| Fluxo de Trabalho | 15 |
| Interfaces de Notificação | 13 |
| Extensão de Funcionalidades | 8 |
| Triagem de RMs | 6 |
| Gerenciamento de Artefatos | 6 |
| Integração com Sistemas de Controle de Versão | 4 |
| Gerenciamento da Informação | 4 |
| Internacionalização da Ferramenta | 3 |
| Auditoria | 1 |

Tabela 2.3. Frequência de cada categoria de funcionalidade no conjunto de cartões obtidos.

que algumas FGRMs permitem a definição de *campos personalizáveis* para o preenchimento da RM. A ferramenta Bugzilla permite a criação de um campo personalizado de modo a capturar informações específicas de um projeto. Estes campos podem ainda ser exibidos com base no valor de outro, para usá-los apenas quando for de interesse.

Esta categoria também agrupa as funcionalidades relacionadas à busca de RMs e à localização de RMs duplicadas. Durante o processo de criação de uma RM, uma das ferramentas possui a funcionalidade para detecção automatizada de duplicação de RMs. Para criar RMs algumas ferramentas possibilitam diferentes *interfaces de entrada* de modo que ela possa ser criada através do envio de e-mail, utilizando dispositivos móveis ou mediante formulários disponíveis via Web.

Verificamos ainda que algumas FGRMs permitem que o relato da RM seja realizado em linguagem com semântica de apresentação como o Markdown⁷, que permite, dentre outras opções, a inclusão de código fonte com a sintaxe realçada. Isso possibilita visualizar de forma mais clara partes do código que podem ser incluídas no relato da RM. Neste mesmo tópico encontramos funcionalidades para recuperação das RMs utilizando o texto contido no atributo que corresponde ao relato, através de filtros personalizáveis ou por meio de uma Linguagem de Domínio Específico (*Domain-Specific Language* - DSL) baseada em SQL.

Gerenciamento da Informação: Dentro de um projeto de desenvolvimento ou manutenção de software gerenciar uma RM por vez não é muito eficiente. Neste sentido, é necessário que as FGRMs permitam o gerenciamento em massa da informação armazenada. Em geral, o gerenciamento da informação fica a cargo dos Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados - *SGBD*, neste sentido, a maior parte das funcionalidades nesta categoria estão focadas em suportar múltiplos *SGBDs*. Além disso, a ferramenta Bugzilla oferece funcionalidade para validação de consistências dos dados armazenados.

Extensão de Funcionalidades: As FGRMs oferecem recursos que permitem que outras ferramentas possam interagir e manipular a informação que elas armazenam. Nesta dimensão estão as funcionalidades que possibilitam a manipulação externa dos dados contidos nas RMs ou mesmo o desenvolvimento de novas funções ou comportamentos da FGRM mediante o uso de interfaces de programação (APIs) e extensões.

As funcionalidades que compõem este grupo têm por objetivo estender o conjunto de comportamentos oferecidos através de uma arquitetura de *plug-in* ou mediante o suporte de APIs. Algumas ferramentas como o Github permitem realizar as atividades

⁷<https://en.wikipedia.org/wiki/Markdown>

de gerência de uma RM mediante a utilização de uma API própria. No caso do Bugzilla e do Mantis é permitido o acesso à informação das RMs através de Webservices.

Integração com Sistemas de Controle de Versão: As FGRMs podem acessar os repositórios de código de fonte, gerenciados mediante um Sistema de Controle de Versão (SCV), permitindo que o usuário navegue pelo seu conteúdo, visualize e procure as alterações realizadas. As ferramentas também possibilitam acesso aos diferentes tipos de SCV, tais como Git, SVN, Mercurial.

Interfaces de Notificação: Neste tópico estão as funcionalidades oferecidas pelas FGRMs para notificar as diversas partes interessadas envolvidas em determinada RM. As FGRMs podem notificar através de e-mail, RSS, Twitter e chats.

Fluxo de trabalho: Nesta categoria estão as funcionalidades que dão suporte às tarefas do desenvolvimento e manutenção de software. Nela estão incluídos funções para gerenciamento de tarefas e suporte a múltiplos projetos. Também é possível personalizar o fluxo de trabalho adotado. Esta personalização é realizada através da definição de *situações* próprias que se adequem às necessidades do projeto de software.

Gerenciamento de Artefatos: O processo de trabalho relacionado com a manutenção de software pode consumir ou gerar diversos artefatos, tais como documentos de requisitos, código fonte, registros (logs) de teste e assim por diante [Cavalcanti et al., 2013]. Em alguns contextos, devido ao volume de artefatos gerados, é importante que a FGRM forneça suporte para armazenamento e recuperação destes ativos correspondentes ao processo de desenvolvimento de software. As FGRMs possuem funcionalidades que se relacionam com a documentação de software, geralmente no formato de Wikis. Além disso, algumas ferramentas permitem uma melhor visualização de anexos da RM, como por exemplo arquivos no formato CSV (comma-separated values).

Triagem de RMs: Este tópico descreve as funcionalidades relacionadas com a triagem de RMs. As FGRMs dão suporte a esta atividade principalmente através da categorização das RMs. Todas as ferramentas analisadas permitem algum tipo de classificação através do uso de etiquetas previamente definidas.

Internacionalização da Ferramenta: Neste tópico estão as características das FGRMs que ajudam no desenvolvimento ou adaptação da interface para diferentes

idiomas. As FGRMs possuem tradução para diversos idiomas e também possuem funcionalidades que permitem aos colaboradores criarem novas traduções.

Segurança da Informação: Neste grupo estão as funcionalidades de uma FGRM que estão diretamente relacionadas com proteção da informação no sentido de preservar o valor que possui para um indivíduo ou uma organização. Assim as ferramentas oferecem funcionalidades para suporte à confidencialidade, integridade e autenticidade da informação armazenada.

Visualização e Monitoramento de RMs: Em diversos contextos, devido ao volume das RMs, é importante que as partes interessadas na manutenção do software, possam visualizar e monitorar a situação das RMs que estão sendo analisadas. As FGRMs oferecem funcionalidades para visualizar a informação das RMs mediante quadros similares àqueles utilizados nas metodologias ágeis do tipo Kanban ou SCRUM. Existem funcionalidades que permitem ao usuário visualizar um conjunto específico de RMs. Nesta mesma categoria estão as funcionalidades para geração de relatórios para auxílio dos tomadores de decisões.

2.3.5 Discussão

Ao realizarmos a categorização dos cartões certos desafios se apresentaram. Para algumas funcionalidades não há uma separação clara em qual categoria ela poderia ser encaixada, como por exemplo a possibilidade que algumas FGRMs fornecem de personalizar os campos que compõem uma RM. Esta função está relacionada com a criação da RM (Operação de CRUD), contudo, também faz parte da definição do processo de trabalho próprio de um projeto, o que permitiria categorizá-la como Fluxo de Trabalho. Esta mesma situação ocorre com as funcionalidades de deleção de uma RM que foram classificadas como *Operações de CRUD*, mas que têm relação com a categoria de *Segurança da Informação* já que para realizar tal ação o usuário deve ser identificado (login realizado no sistema) e estar autorizado para realizar a ação.

A análise das funcionalidades nos permite verificar que o suporte oferecido pelas FGRMs evoluíram da gerência simples de RMs para colaborar no processo de desenvolvimento e manutenção do software. Entretanto, esta evolução não abrange todo tipo de necessidade. As ferramentas analisadas apresentaram um suporte bem estabelecido para atividades relativas à gestão da RM, como por exemplo a criação de uma nova RM. Contudo, são bastante escassas as funções que minimizem os problemas que ocorrem quando as RMs são criadas. Por exemplo não foi possível verificar funcionalidades

nativas das RMs que ajudem o responsável pelo relato a fornecer as informações que serão necessárias à solução do que está sendo pedido. Uma outra facilidade ausente neste tipo de ferramenta é a identificação de possíveis RMs duplicadas.

Com base no resultado obtido foi possível verificar que as FGRMs oferecem funcionalidades que dão suporte a todo o ciclo de vida de uma RM, conforme discutido na Subseção 2.1.4.2. Todavia, grande parte do esforço fica a cargo do usuário da ferramenta, o que pode resultar em atrasos nas situações em que se têm muitas RMs para gerenciar. Um exemplo deste problema ocorre no processo de atribuição do desenvolvedor responsável por solucionar determinada RM. Esta atividade fica sob a responsabilidade do *Atribuidor*, que deve realizar a escolha de forma manual já que as FGRMs não são capazes de “recomendar” o desenvolvedor mais apto.

Devido à sua importância, seria importante que as FGRMs incorporassem outros comportamentos que ajudem no processo de desenvolvimento e manutenção de software, especialmente em temas como busca de duplicados, melhoria da qualidade do relato e atribuição e classificação automatizadas das RMs. As sugestões de novas funcionalidades para as FGRMs são discutidas no Capítulo 5.

2.3.6 Ameaças à Validade

Em função da classificação ser uma atividade interpretativa, a classificação das funcionalidades em si mesma é uma limitação desta dissertação. Uma outra ameaça à validade do trabalho está no processo de seleção das ferramentas. Apesar da escolha ter sido realizada com suporte de profissionais envolvidos em manutenção de software, não podemos garantir que o número de respondentes nos permite afirmar que escolhemos as ferramentas mais relevantes dentre aquelas disponíveis. Além disso, a própria distribuição que compõe os participantes não nos permite generalizar os resultados. Neste mesmo sentido, a fórmula que foi utilizada para definir as mais relevantes podem conter um enviesamento sobretudo pela forma que os pesos foram adotados, ou seja, não há como garantir que o fato de um participante entender que uma determinada ferramenta é muito relevante (peso igual a 5) mereça ser ponderado cinco vezes mais que uma outra que não é conhecida (peso igual a 1).

Com relação à técnica de Cartões de Classificação temos dois pontos principais de ameaças aos resultados. Como a extração dos dados foi realizada de forma manual pode ter ocorrido algum tipo de equívoco no processo, como por exemplo a não coleta de algum dado de determinada ferramenta por algum descuido. Todavia, um número pequeno de ferramentas foi selecionado tendo em vista a limitação da extração manual, o que pode ter minimizado este tipo de problema. Um segundo ponto encontra-se na

classificação dos cartões. Apesar do processo ter sido realizado em pares pode ter ocorrido uma classificação de forma incorreta o que pode acarretar em limitação dos resultados apresentados. Esta situação pode ocorrer porque para algumas funcionalidades não há uma fronteira clara de qual grupo ela poderia pertencer.

2.4 Resumo do Capítulo

Neste capítulo discutimos o relacionamento da disciplina de Manutenção de Software com as FGRMs. Para tanto apresentamos e discutimos os principais conceitos relacionados e que são utilizados nos demais capítulos desta dissertação. Além disso, apresentamos uma análise das funcionalidades das FGRMs realizado com o suporte de um levantamento por questionário. A partir deste levantamento foram obtidas as principais funções existentes nas FGRMs. O conjunto comum de funcionalidades que foi encontrado é utilizado na dissertação para discutir a proposição de novas funcionalidades ou melhorias das existentes.

Capítulo 3

Mapeamento Sistemático da Literatura

3.1 Introdução

Neste capítulo apresentamos um Mapeamento Sistemático com o objetivo de identificar estudos que propõem melhorias das funcionalidades fornecidas pelas FGRMs. Realizamos a divisão de um conjunto de 64 artigos pela pertinência com as seguintes categorias: (i) *dimensões de melhoria*, conforme proposto por Zimmermann e outros [Zimmermann et al., 2009] e (ii) *função desempenhada* no processo de manutenção de software, a partir do conjunto de papéis envolvidas com Manutenção que foi apresentado no Capítulo 2.

A principal contribuição deste mapeamento é uma visão do estado da arte das propostas de melhorias das funcionalidades das FGRMs. Nossa expectativa é que pesquisadores possam encontrar questões que contribuam para suas investigações e que profissionais com interesses em FGRMs possam encontrar discussões e referências neste domínio. Além disso, os desenvolvedores de FGRMs podem incorporar alguns dos aspectos deste estudo nas funcionalidades oferecidas pelas ferramentas que são responsáveis.

Este capítulo está organizado conforme descrito a seguir. Na Seção 3.2 descrevemos a metodologia adotada através das perguntas direcionadoras, dos critérios para seleção dos estudos e dos esquemas de classificação utilizados. Na Seção 3.3 apresentamos o resultado do processo de classificar os artigos que fizeram parte do mapeamento. Uma discussão dos resultados é feita na Seção 3.4. As ameaças à validade e os trabalhos relacionados são discutidos nas Seções 3.5 e 3.6, respectivamente. Um resumo do

capítulo é realizado na Seção 3.7.

3.2 Metodologia de Pesquisa

Um *Mapeamento Sistemático da Literatura*, também conhecido como Estudo de Escopo (Scoping Studies), tem como objetivo fornecer uma visão geral de determinada área de pesquisa, estabelecer a existência de evidências de estudos sobre um tema de interesse e fornecer uma indicação da quantidade de trabalhos na linha de pesquisa sob análise [Keele, 2007, Wohlin et al., 2012]. Nesta dissertação empregamos as diretrizes propostas por Petersen e outros [Petersen et al., 2008] em que um conjunto de questões de pesquisa é utilizado para guiar a busca e seleção dos estudos primários. Em seguida, foram construídos dois esquemas de classificação com base nos dados extraídos dos artigos. Por fim, foi realizada uma análise para posicionar os trabalhos em seus respectivos esquemas.

3.2.1 Questões de Pesquisa

O objetivo deste mapeamento é identificar na literatura a proposição de novas funcionalidades para as FGRMs ou a melhoria daquelas que existiam quanto esta dissertação foi escrita. Deste modo, foram definidas as seguintes questões de pesquisa:

- **Questão 01:** *Quais as melhorias e novas funcionalidades estão sendo propostas para as FGRM?*
- **Questão 02:** *Para quais papéis envolvidos no processo de manutenção de software as melhorias das funcionalidades visam dar suporte?*

Na *Questão de Pesquisa 01* estamos interessados em entender como a literatura da área estava propondo melhorias ou novas funcionalidades para as FGRMs. Estas melhorias deveriam potencialmente estar relacionadas com os problemas do gerenciamento das RMs, conforme discutido na Seção 2.1.4.3. O intuito é entender as técnicas e abordagens adotadas nas soluções propostas. Na *Questão de Pesquisa 02* o objetivo é descobrir como os diferentes tipos de papéis que fazem parte do processo de manutenção de software, e que foram apresentados no Capítulo 2 estavam recebendo suporte pelos estudos da área.

3.2.2 Pesquisa da Literatura

Para encontrarmos o conjunto de estudos mais relevantes, bem como eliminarmos aqueles que não permitiam responder as questões de pesquisas, adotamos os seguintes critérios para inclusão ou exclusão de artigos no mapeamento:

- Critérios de Inclusão
 - Artigos publicados em conferências e periódicos (journals)
 - Estudos publicados a partir de 2010¹
 - Artigos escritos em língua inglesa
 - Artigos disponíveis com texto completo
- Critérios de Exclusão
 - Livros e literatura cinza (*grey literature* [Keele, 2007], por exemplo, relatórios técnicos, *white papers*, trabalhos em progresso e etc.)
 - Artigos que não possuíam relação com FGRM
 - Estudos duplicados, neste caso foi considerada a versão mais completa do trabalho

Os estudos primários foram coletados mediante a aplicação de sentenças de buscas nas bases de pesquisa *IEEE Explore*, *ACM Digital Library*, *Scopus*, e *Inspec/Compendex*. Elas foram escolhidas por possibilitarem acesso a uma quantidade similar de estudos relevantes se comparada com uma configuração muito maior de base de dados [Dybå et al., 2007]. As sentenças de buscas foram produzidas com base na metodologia PICO (*Population, Intervention, Comparison and Outcomes*) [Keele, 2007] que tem como objetivo dar suporte ao pesquisadores na formulação de termos de busca tomando como ponto de partida as questões de pesquisa. As sentenças de busca aplicadas em cada base de pesquisa estão disponíveis no Apêndice E.

A aplicação de uma busca automatizada gerou um total de 286 artigos². A Tabela 3.1 exibe o total de estudos recuperados por base de pesquisa. Os metadados dos artigos foram organizados com ajuda da ferramenta *JabRef*³, de modo a encontrar possíveis duplicados. Com a ajuda da ferramenta *JabRef* foi possível remover 81 artigos,

¹Foram considerados os artigos publicados até maio/2016, data de realização da pesquisa nas bases de dados.

²A lista inicial de artigos, após a remoção dos duplicados, pode ser acessada em <https://archive.org/download/dissertacao-vagner-clementino-um-estudo/artigo-todos-sem-duplicados.csv>

³<https://www.jabref.org/>

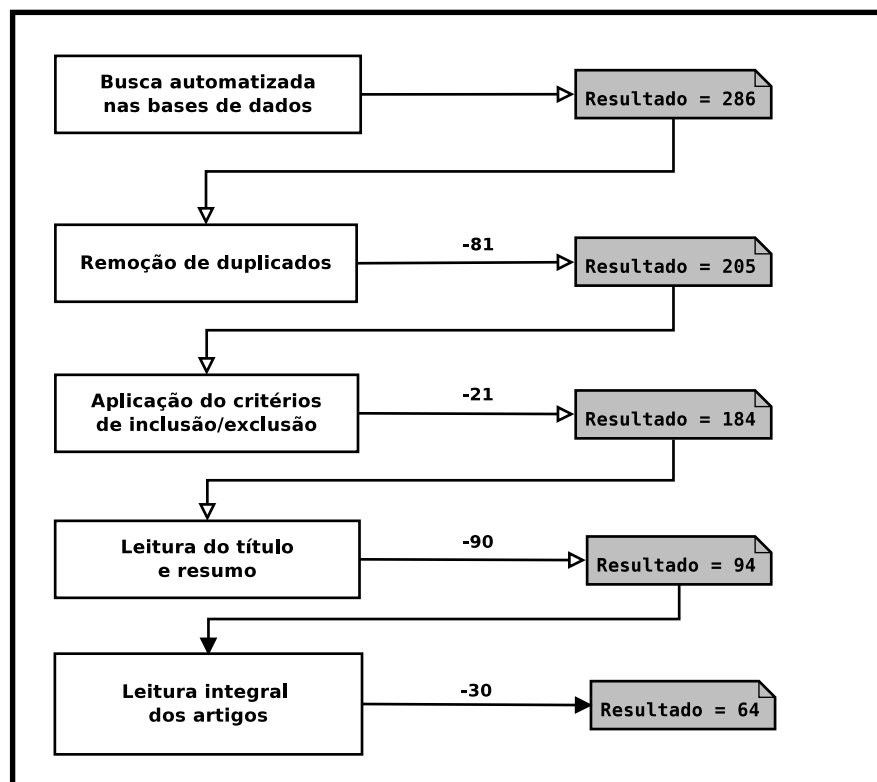


Figura 3.1. Número de artigos incluídos durante o processo de seleção dos estudos. Figura baseada em [Petersen et al., 2015]

resultando em 205 estudos ao final desta etapa do processo. Finalmente os trabalhos foram analisados com base na leitura do título e do resumo. Nos casos em que o título e o resumo não eram capazes de indicar que o artigo atendia aos critérios de inclusão foi realizada uma leitura completa do texto. A aplicação de todas as etapas descritas resultou em **64** estudos. A Figura 3.1 resume a seleção dos estudos primários através da exibição do número de artigos em cada etapa.

| Base de Dados | Total |
|---------------------|-------|
| ACM Digital Library | 109 |
| IEEE Explore | 100 |
| Inspec/Compendex | 22 |
| Scopus | 55 |

Tabela 3.1. Número de Estudos Recuperados por Base de Dados

3.2.3 Esquemas de Classificação

O mapeamento foi conduzido utilizando dois esquemas de classificação. O primeiro organiza os artigos pela pertinência da funcionalidade proposta no estudo com alguma das dimensões de melhoria proposta por Zimmermann e outros [Zimmermann et al., 2009]. A segunda classificação distribui os estudos pelo relacionamento com o suporte dado a determinado papel no processo de manutenção de software e que foi adotado nesta dissertação. Entendemos que estes dois esquemas nos fornecem uma visão de como as melhorias das funcionalidades foram propostas tanto do ponto de vista de quem desenvolve quanto das diferentes partes interessadas dos projetos de software. As próximas subseções discutem com mais detalhe cada esquema.

3.2.3.1 Classificação por Dimensão de Melhoria

Em um estudo sobre o aperfeiçoamento das FGRMs [Zimmermann et al., 2009], os autores argumentam que ter informações completas nas RMs, tão logo quanto possível, ajuda os desenvolvedores a resolver com mais rapidez o problema. Neste mesmo estudo, eles discutem como melhorar as funcionalidades oferecidas pelas FGRMs de forma integral, ou seja, que atenda aos diversos contextos em que este tipo software está integrado. Para isso, os autores propõe quatro dimensões de melhoria, conforme descritas a seguir.

Foco na Informação Estas melhorias focam diretamente na informação fornecida pelo reportador da RM. Com ajuda da FGRM, o responsável por descrever uma falha, por exemplo, poderia ser motivado a coletar mais informações sobre o problema. O sistema poderia verificar a validade e consistência do que foi repassado pelo Reportador (detalhes sobre este papel pode ser encontrado na Subseção 2.1.3).

Foco no Processo Melhorias com foco no processo visam dar suporte às atividades de administração focadas na solução das RMs. Por exemplo, a triagem de RM, poderia ser automatizada visando acelerar o processo. Um outro exemplo de melhoria poderia ocorrer no aumento do entendimento do progresso realizado em cada RM ou mesmo fornecer ao usuário afetado por uma falha uma estimativa de tempo ou esforço necessário para atendimento.

Foco no Usuário Nesta dimensão estão incluídos tanto os usuários que relatam as RMs (Reportadores) quanto os desenvolvedores responsáveis por solucioná-las. Os reportadores podem ser orientados sobre qual informação fornecer e como

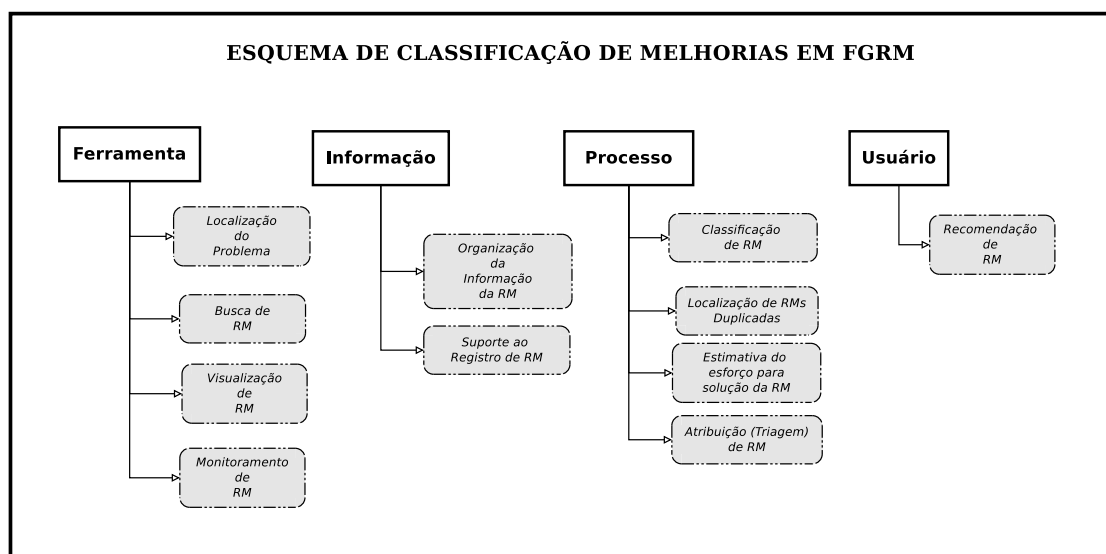


Figura 3.2. Esquema de classificação das melhorias propostas na literatura. Os retângulos representam as dimensões de melhorias e os polígonos de cantos arredondados representam tópicos de problemas do gerenciamento das RMs.

coletá-la. Os desenvolvedores também podem se beneficiar de um treinamento sobre qual informação esperar e como esta informação pode ser utilizada para solucionar determinada RM.

Foco na Ferramenta As melhorias centradas na ferramenta são discutidas com vistas às funcionalidades das FGRMs. Elas podem reduzir a complexidade da coleta e fornecimento das informações necessárias para solucionar a RM. Por exemplo, as FGRMs poderiam ser configuradas para automaticamente identificar a cadeia de registros de ativação de funções (*stack trace*) e adicioná-la ao erro reportado. A ferramenta poderia ainda simplificar o processo de reprodução do erro mediante a captura automatizada de tela (*screenshots*).

Para a classificação dos estudos nos esquemas utilizados foi realizado um processo baseado no trabalho de Petersen e outros [Petersen et al., 2008]. Os autores recomendam que nos casos em que o resumo e o título do estudo não sejam capazes de caracterizá-lo, as seções de introdução e conclusão também devem ser analisadas. Para as bases de pesquisa de dados em que era informado mais de um conjunto de palavras-chaves para um mesmo artigo, utilizamos aquelas que foram definidas pelos autores. Mediante a aplicação do processo descrito foi construído o esquema de classificação apresentado na Figura 3.2.

3.2.3.2 Classificação por Suporte ao Papel da Manutenção de Software

Neste esquema de classificação estamos interessado em avaliar como os estudos dão suporte aos papéis apresentados na Subseção 2.1.3. A construção da classificação utiliza a mesma metodologia descrita na seção anterior e utiliza a versão modificada do conjunto de papéis propostos por Polo e outros [Polo et al., 1999b] e que está descrita na Subseção 2.1.3.

3.3 Resultados

Nesta seção apresentamos os estudos divididos para cada um dos esquemas de classificação utilizados. Iniciamos com uma análise da frequência de publicações e posteriormente apresentamos os resultados para cada uma das dimensões de melhoria. Seguimos com a análise dos estudos pelo papel ao qual a funcionalidade proposta visa dar suporte.

Para os artigos recuperados, em 2010, primeiro ano do período analisado, obtivemos um total de 05 trabalhos publicados. A maior quantidade de publicação ocorreu entre os anos de 2012, 2013 e 2014, com, respectivamente, 14, 12 e 13 artigos. No ano de 2016, último ano do período de referência, encontramos 03 estudos publicados. A Tabela 3.2 exibe o número de estudos primários identificados entre os anos de 2010 e 2016.

| Ano | Frequência |
|------|------------|
| 2010 | 5 |
| 2011 | 8 |
| 2012 | 14 |
| 2013 | 12 |
| 2014 | 13 |
| 2015 | 9 |
| 2016 | 3 |

Tabela 3.2. Número de estudos primários por ano de publicação.

3.3.1 Classificação por Dimensões de Melhoria

Nesta seção apresentamos estudos relacionados com a dimensão denominada “Melhoria das funcionalidades das FGRMs”. A classificação está estruturada de modo que no primeiro nível temos as dimensões de melhoria discutidas na Subseção 3.2.3.1. O

segundo nível é composto por tópicos representando os problema relacionados com o gerenciamento das RMs, conforme discutidos na Subseção 2.1.4.3. A Tabela 3.3 exibe a distribuição dos estudos pela dimensão de melhoria e por sua pertinência com determinado problema do gerenciamento das RMs.

| Dimensão de Melhoria | Tópico | Estudos | Total |
|----------------------|--------------------------------------|---|-------|
| Processo | Localização de RMs Duplicadas | [Alipour et al., 2013, Banerjee et al., 2012, Hindle et al., 2016, Koopaei & Hamou-Lhadj, 2015] [White et al., 2015, Prifti et al., 2011, Song et al., 2010, Sun et al., 2010, Sun et al., 2011] [Sun et al., 2011, Thung et al., 2014a, Tian et al., 2012, Tomašev et al., 2013, Lerch & Mezini, 2013] | 13 |
| Processo | Atribuição de RM | [Banitaan & Alenezi, 2013, Hosseini et al., 2012, Hu et al., 2014, Naguib et al., 2013] [Nagwani & Verma, 2012, Shokripour et al., 2012, Tian et al., 2015, Valdivia Garcia & Shihab, 2014] [Wu et al., 2011, Xuan et al., 2012, Zanetti et al., 2013, Zhang et al., 2014] | 12 |
| Processo | Classificação de RM | [Behl et al., 2014, Chawla & Singh, 2015, Gegick et al., 2010, Izquierdo et al., 2015] [Kochhar et al., 2014, Nagwani et al., 2013, Netto et al., 2010] [Somasundaram & Murphy, 2012, Tian et al., 2013, Zhang & Lee, 2011] | 10 |
| Ferramenta | Localização do Problema | [Bangcharoensap et al., 2012, Corley et al., 2011, Nguyen et al., 2012] [Thung et al., 2014b, Wong et al., 2014] [Romo & Capiluppi, 2015, Thung et al., 2013] | 7 |
| Informação | Suporte ao Registro da RM | [Zimmermann et al., 2010, Correa et al., 2013, Moran et al., 2015, Moran, 2015] [Tu & Zhang, 2014, White et al., 2015, Kaiser & Passonneau, 2011] | 7 |
| Processo | Estima de esforço para solução da RM | [Bhattacharya & Neamtiu, 2011, Nagwani & Verma, 2010, Thung et al., 2012b] [Vijayakumar & Bhuvaneshwari, 2014, Xia et al., 2015] | 5 |
| Ferramenta | Visualização de RM | [Dal Sasso & Lanza, 2013, Dal Sasso & Lanza, 2014, Hora et al., 2012, Takama & Kurosawa, 2013] | 4 |
| Informação | Organização da Informação da RM | [Mani et al., 2012, Otoom et al., 2016] | 2 |
| Usuário | Recomendação de RM | [Malheiros et al., 2012, Wang & Sarma, 2011] | 2 |
| Ferramenta | Busca de RM | [Liu & Tan, 2014] | 1 |
| Ferramenta | Monitoramento de RM | [Aggarwal et al., 2014] | 1 |

Tabela 3.3. Lista de artigos de acordo com o esquema de classificação

3.3.1.1 Melhorias Propostas na Dimensão Ferramenta

Este ramo do esquema de classificação inclui os estudo que possuem relação com tópicos como Localização do Problema e Visualização de RMs.

Localização do Problema: Os estudos incluídos neste tópico focam em localizar a origem do problema no software com base nos dados da RM [Hovemeyer & Pugh, 2004]. Com objetivo de melhorar a eficiência da localização de um problema, a informação contida nas RMs vem sendo utilizada. As abordagens propostas utilizam a cadeia de registros de ativação [Wong et al., 2014], a descrição e campos estruturados das RMs [Thung et al., 2014b] e os históricos de versões do código fonte do sistema [Bangcharoensap et al., 2012, Corley et al., 2011, Romo & Capiluppi, 2015]. Algumas das melhorias propostas foram incluídas em ferramentas que estavam disponíveis quando esta dissertação foi escrita por meio dos mecanismos de extensão que elas oferecem. A ferramenta *BugLocalizer*⁴, implementada como extensão do Bugzilla, extrai o texto do sumário e do relato de uma RM e calcula a semelhança entre o texto relatado e o código fonte para encontrar os arquivos onde a falha possivelmente está localizada [Thung et al., 2014b]. A ferramenta *BugTrace* [Corley et al., 2011] é uma

⁴<https://github.com/smagsmu/buglocalizer>

extensão do Bugzilla que analisa os *patches*⁵ inseridos em RM para determinar um elo de rastreabilidade entre uma falha e o código fonte.

Visualização de RM: Os artigos neste tópico estão relacionados com melhoria da visualização da informação contida na RM. Com o objetivo de apresentar diferentes formas de visualizar os dados de uma RM, novos conceitos estão sendo propostos. No estudo de Hora e outros [Hora et al., 2012] é apresentado o conceito de Mapas de Defeitos (*BugsMaps*) que mostra a RM e uma ligação dela com outros artefatos de software, por exemplo, o histórico de versões. O conceito de hiperligação entre documentos é utilizado para permitir a navegação entre os artefatos que podem estar relacionados com a RM [Dal Sasso & Lanza, 2014].

Verificamos ainda no artigo proposto por Takama e Kurosawa [Takama & Kurosawa, 2013] a aplicação de tecnologias de visualização de informação empregada para o monitoramento das informações contidas nas RMs. Uma FGRM atualiza quase toda informação de uma RM como texto, sem maiores estruturações. A solução proposta pelos autores visa suportar o monitoramento das RMs apresentando ao usuário da FGRM, seja ele o afetado por uma falha ou responsável por relatar a requisição ou mesmo um membro da equipe de manutenção, a situação das RMs mediante animações produzidas com base nas atualizações ocorridas nas mesmas.

Por conta da natureza das melhorias propostas neste tópico de pesquisa, verificamos que diversos estudos foram implementados como protótipos. Desta forma, é possível avaliar as propostas contidas neste tópico através das ferramentas como o *bugMaps*⁶ [Hora et al., 2012] e *In* Bug*⁷ [Dal Sasso & Lanza, 2014].

3.3.1.2 Melhorias Propostas na Dimensão Informação

Apresentamos os trabalhos relacionados com a melhoria da qualidade da informação fornecida na RM. A melhoria pode envolver suporte ao registro da RM antes que ela seja armazenada na FGRMs; a melhoria também pode envolver a organização da informação contida no relato para facilitar o entendimento pelos desenvolvedores e demais profissionais envolvidos na manutenção do software.

⁵Um *patch* é um software projetado para atualizar um programa de computador ou seus dados de suporte, para corrigi-lo ou melhorá-lo.

⁶<http://rmod.lille.inria.fr/web/pier/software/BugMaps>

⁷<http://inbug.inf.usi.ch>

Suporte ao Registro da RM: Em geral, com base nos estudos identificados neste mapeamento, foi possível verificar que os trabalhos relacionados com o suporte ao registro das RMs definem um atributo de interesse, como por exemplo a inclusão de anexos, e o seu respectivo limiar. Caso este limiar não seja alcançado alguma ação é tomada, como por exemplo, a exibição de uma mensagem de alerta para o responsável pela criação da RM. Uma possível definição do que seria uma descrição com qualidade de um problema de software foi feita pelo estudo de Zimmermann e outros [Zimmermann et al., 2010] utilizando uma pesquisa com profissionais envolvidos com manutenção de software. Em outro estudo os próprios autores definiram as métricas que posteriormente foram utilizadas para avaliar o relato da RM [Tu & Zhang, 2014].

Nos artigos encontrados verificamos uma outra linha de estudo que tem como objetivo suportar a reprodução da falha do software. Estes estudos incluem tanto registrar o conjunto de ações que podem ter resultado na falha [White et al., 2015], quanto em autocompletar o texto que compõe o relato da RM [Moran et al., 2015]. Um ponto em comum destes dois estudos é que eles foram pensados para o ambiente de desenvolvimento de aplicações para dispositivos móveis, mais especificamente para dispositivos baseados no sistema Android⁸. Uma possível justificativa para o foco em aplicações móveis pode ser a dificuldade em registrar uma falha neste tipo de ambiente [White et al., 2015, Moran et al., 2015].

Muitos dos estudos resultaram em ferramentas com a finalidade de realizar uma prova de conceito sobre como ajudar ao Reportador a fornecer um relato de boa qualidade [Tu & Zhang, 2014, Zimmermann et al., 2010, Kaiser & Passonneau, 2011, White et al., 2015, Moran et al., 2015].

Organização da Informação da RM: Em diversas situações o desenvolvedor precisa examinar manualmente o relato das RMs que podem variar em tamanho e complexidade [Mani et al., 2012]. Neste contexto, o resumo (sumarização) automático do texto contido em uma RM é uma maneira de reduzir a quantidade de dados que o desenvolvedor precisa analisar. A ferramenta denominada AUSUM [Mani et al., 2012] propõe uma abordagem, utilizando técnicas não supervisionadas de aprendizado de máquina, para aprender e sumarizar um ou mais relatos relacionados.

3.3.1.3 Melhorias Propostas na Dimensão Processo

Identificação de RMs Duplicadas O processo de identificação de RMs duplicadas consiste em avaliar se duas ou mais RMs correspondem a uma mesma requisição. A lite-

⁸<https://www.android.com/>

ratura discute dois tipos de tratamento para o problema [Kaushik & Tahvildari, 2012, Tian et al., 2012]:

- (i) remoção de duplicadas
- (ii) identificação de duplicatas

No primeiro tipo, o objetivo é evitar que RMs duplicadas sejam inseridas no repositórios de RMs e, desta forma, reduzir o esforço e o tempo extra necessário para identificá-las posteriormente. Por outro lado, no segundo tipo o objetivo é sugerir uma lista de possíveis duplicatas durante o processo de registro de uma nova RM. Um ponto importante é que o segundo tipo se baseia na premissa que registrar um mesmo problema por mais de uma vez nem sempre é ruim, já que a possível “cópia” pode fornecer informações adicionais [Bettenburg et al., 2008]. É importante que novas abordagens tentem equilibrar estes dois tipos de tratamento para evitar o tempo extra para análise de uma RM bem como apoiar os desenvolvedores com informações adicionais [Lerch & Mezini, 2013, Thung et al., 2014a].

Uma forma de tratar o problema é utilizar modelos de espaços vetoriais para medir a similaridade entre as RMs [Liu & Tan, 2014, Sun et al., 2010, Thung et al., 2014a, Tomašev et al., 2013]. Outros trabalhos tentam utilizar técnicas em que os termos específicos do domínio do projeto de software, contidos no relato das RMs, são utilizados na determinação da probabilidade que duas requisições sejam duplicadas [Hindle et al., 2016, Alipour et al., 2013]. Em resumo verificamos que o relato contido na RM é utilizado como fonte de informação para técnicas de Recuperação da Informação visando determinar a similaridade entre duas RMs.

Atribuição de RM: Os estudos apresentados neste tópico foram classificados pela pertinência com a automatização do processo de encontrar o desenvolvedor mais apto para solucionar determinada RM. A principal fonte de informação utilizada nas abordagens propostas é o relato contido na RM, todavia, outros dados são utilizados, tais como a prioridade [Tian et al., 2015], registros (log) do sistema de controle de versão [Shokripour et al., 2012, Hu et al., 2014] e itens do contexto do projeto como por exemplo: o perfil e preferências do desenvolvedor, quantidade de RMs atribuídas e o tempo estimado de correção [Hosseini et al., 2012]. Em outros trabalhos verificamos que é explorada a característica colaborativa que existe no processo de triagem das RMs. Nestes estudos é desenvolvida uma “rede de colaboração” que possibilita determinar o desenvolvedor mais apto [Zhang et al., 2014, Zanetti et al., 2013,

Wu et al., 2011]. Em geral técnicas de Recuperação da Informação (RI) são utilizadas pelos estudos que espaço vetorial e ranqueamento de páginas.

Classificação da RM: Os estudos neste tópico visam automatizar o processo de classificação de uma RM. Este tipo de abordagem faz uso da funcionalidade de atribuição de rótulos que é comum a grande parte das FGRMs. Em muitos projetos esta atividade é realizada manualmente pelo *Escalonador*, *Desenvolvedor* ou *Analista de Qualidade*, o que pode resultar em classificações equivocadas.

Esta classificação pode ser realizada pelo tipo de manutenção (Corretiva, Adaptativa, Perfectiva e Preventiva), se a RM trata de questões relativas à segurança do sistema [Gegick et al., 2010, Behl et al., 2014] ou pelo nível de prioridade que a requisição deve ser analisada [Behl et al., 2014].

Estimativa de Esforço da RM: Identificamos três tipos de estimativas de esforço relacionadas a uma RM: determinar o tempo para solucionar novas RMs; definir os artefatos que são impactados pela RM; prever o número de RMs que poderão surgir em futuras versões do sistema. Nos estudos que tratam da primeira forma de estimativa a preocupação é o tempo necessário para tratar a mudança solicitada em determinada requisição. A principal complexidade está em produzir uma estimativa precisa em função das muitas atividades envolvidas e dos diferentes níveis de capacitação do responsável pela execução das tarefas [Xia et al., 2015]. No segundo grupo temos os artigos que tentam identificar previamente o conjunto de artefatos que serão impactados pela tarefa de manutenção [Nagwani & Verma, 2010]. Neste mapeamento o foco foi em estudos em que as RMs são o ponto de partida para a análise de impacto. O último grupo de estudos discute técnicas sobre como prever o número de RMs que possivelmente serão incluídas em futuras versões do sistema. A predição do que será registrados inclui RMs que não existiam em versões anteriores como aquelas que serão reabertas, ou seja, problemas que não foram solucionados previamente [Xia et al., 2015].

3.3.1.4 Melhorias Propostas na Dimensão Usuário

Recomendação de RM: Os estudos deste tópico dão suporte aos desenvolvedores com pouca experiência mediante a redução da curva de aprendizagem. Para facilitar a inclusão de desenvolvedores menos experientes alguns estudos propõem sistemas de recomendação de RMs [Malheiros et al., 2012, Wang & Sarma, 2011]. Estes sistemas podem ajudar o recém-chegado a solucionar uma RM mediante a apresentação do código fonte potencialmente relevante que o ajudará na solução do pro-

blema [Malheiros et al., 2012]. O segundo tipo de abordagem pode ser vista como ambiente de exploração do repositório de RMs. Esta funcionalidade permite que novos desenvolvedores pesquisem descrições das requisições que possam ser do seu interesse bem como dos artefatos relacionados (por exemplo, arquivos relacionados, desenvolvedores contribuintes, registros de comunicação) [Wang & Sarma, 2011]. Com base nos estudos que compõem esta categoria, verificamos que modelos de RI vêm sendo utilizados para possibilitar a recomendação das RMs, tais como VSM [Wang & Sarma, 2011] e o modelo estatístico PPM [Malheiros et al., 2012].

3.3.2 Suporte aos Papéis desempenhados na Manutenção de Software

Nesta subseção são discutidos os estudos que foram considerados relacionados com papéis abordados na Subseção 2.1.3. A Tabela 3.4 exibe o total de artigos por papel que a funcionalidade proposta visa dar suporte. Como pode ser observado verificamos um maior número de estudos para os papéis de *Escalonador* e *Desenvolvedor*. Na Tabela 3.5 é possível observar os estudos por papel que consideramos que eles podem oferecer suporte. Durante a nossa classificação verificou-se que um mesmo estudo poderia dar suporte a mais de um papel. Por exemplo, o estudo de Zimmermann e outros propõe uma ferramenta que mede a qualidade do relato das RMs e recomenda quais elementos devem ser adicionados para melhorar a qualidade [Zimmermann et al., 2010]. Os possíveis benefícios podem ajudar o *Reportador*, que pode ter reduzido o tempo para analisar a RM que ele registrou já que a RM fornece a informação necessária para sua análise; o *Desenvolvedor*, que recebe uma RM com mais qualidade nos dados fornecidos; o *Analista de Qualidade* que consegue avaliar se a RM foi atendida tendo em vista a maior facilidade em entender o que foi solicitado.

| Papel | Total de Artigos |
|----------------------------------|------------------|
| Escalonador | 27 |
| Desenvolvedor | 26 |
| Analista de Qualidade | 13 |
| Gerente de Requisição de Mudança | 11 |
| Atribuidor | 9 |
| Reportador | 6 |
| Líder da Manutenção | 4 |
| Todos | 3 |

Tabela 3.4. Total de artigos por papel na manutenção de software

| Papel Suportado | Estudos |
|----------------------------------|--|
| <i>Escalonador</i> | [Gegick et al., 2010, Izquierdo et al., 2015, Liu & Tan, 2014] [Nagwani et al., 2013, Behl et al., 2014, Chawla & Singh, 2015] [Mani et al., 2012, Sun et al., 2011, Somasundaram & Murphy, 2012] [Bhattacharya & Neamtiu, 2011, Kaiser & Passonneau, 2011, Zhang et al., 2014, Zanetti et al., 2013] [Valdivia Garcia & Shihab, 2014, Koopaei & Hamou-Lhadj, 2015, Prifti et al., 2011] [Thung et al., 2014a, Tian et al., 2013, Lerch & Mezini, 2013, Tomašev et al., 2013] [Tian et al., 2012, Song et al., 2010] [Aggarwal et al., 2014, Nagwani & Verma, 2010, Tu & Zhang, 2014] [Otoom et al., 2016, Liu et al., 2013] |
| <i>Atribuidor</i> | [Hosseini et al., 2012, Tian et al., 2015, Shokripour et al., 2012] [Naguib et al., 2013, Xuan et al., 2012, Wu et al., 2011] [Bangcharoensap et al., 2012] [Nagwani & Verma, 2012, Hu et al., 2014] |
| <i>Analista de Qualidade</i> | [Izquierdo et al., 2015, Gegick et al., 2010, Aggarwal et al., 2014, Zimmermann et al., 2010] [Corley et al., 2011, Song et al., 2010, Nguyen et al., 2012, White et al., 2015] [Thung et al., 2012b, Xia et al., 2015, Tu & Zhang, 2014, Romo & Capiluppi, 2015, White et al., 2015] |
| <i>Desenvolvedor</i> | [White et al., 2015, Zimmermann et al., 2010, Thung et al., 2014b, Nguyen et al., 2012] [Wang & Sarma, 2011, Romo & Capiluppi, 2015, Valdivia Garcia & Shihab, 2014, Nagwani & Verma, 2010] [Koopaei & Hamou-Lhadj, 2015, Prifti et al., 2011, Thung et al., 2012b, White et al., 2015] [Tomašev et al., 2013, Thung et al., 2013, Banitaan & Alenezi, 2013, Corley et al., 2011] [Vijayakumar & Bhuvaneswari, 2014, Gegick et al., 2010, Izquierdo et al., 2015, Tian et al., 2012] [Malheiros et al., 2012, Song et al., 2010, Mani et al., 2012] [Tu & Zhang, 2014, Aggarwal et al., 2014, Wong et al., 2014] |
| Gerente de Requisição de Mudança | [Vijayakumar & Bhuvaneswari, 2014, Mani et al., 2012, Hindle et al., 2016] [Gegick et al., 2010, Sun et al., 2010, Alipour et al., 2013, Zhang & Lee, 2011] [Nagwani & Verma, 2010, Kochhar et al., 2014, Banerjee et al., 2012, Valdivia Garcia & Shihab, 2014] |
| Líder da Manutenção | [Vijayakumar & Bhuvaneswari, 2014, Tian et al., 2012, Netto et al., 2010, Nagwani & Verma, 2010] |
| Reportador | [Zimmermann et al., 2010, Tu & Zhang, 2014, Vijayakumar & Bhuvaneswari, 2014] [Moran, 2015, Thung et al., 2014a, Moran et al., 2015] |
| Todos | [Hora et al., 2012, Takama & Kurosawa, 2013, Dal Sasso & Lanza, 2014] |

Tabela 3.5. Lista de artigos de acordo com o papel suportado

Escalonador Esta função planeja a fila de RMs. Para dar suporte a essa atividade os estudos propõem classificação automatizada [Gegick et al., 2010, Liu & Tan, 2014, Behl et al., 2014, Chawla & Singh, 2015, Tian et al., 2015]; visualização das RMs armazenadas no repositórios de RMs [Izquierdo et al., 2015]; agrupamento (clustering) das requisições [Liu & Tan, 2014]; identificação do tempo necessário para solucionar a RM (*time to fix*) [Hosseini et al., 2012, Bhattacharya & Neamtiu, 2011]; sumarização da informação contida na RM [Mani et al., 2012]; determinação de RMs duplicadas [Sun et al., 2011, Kaiser & Passonneau, 2011].

Atribuidor Esta função essencialmente deve atribuir as RMs aos desenvolvedores considerando o planejamento do Escalonador. Idealmente deve-se selecionar o desenvolvedor mais apto [Banitaan & Alenezi, 2013]. Alguns trabalhos descrevem técnicas de atribuição automática [Banitaan & Alenezi, 2013, Shokripour et al., 2012, Somasundaram & Murphy, 2012, Naguib et al., 2013, Zhang et al., 2014, Zanetti et al., 2013].

Desenvolvedor: Apresentamos aqui os trabalhos com foco em aspectos de codificação, depuração e testes. No suporte ao desenvolvedor identificamos estudos que propõem a atribuição de RMs a um conjunto de desenvolvedores, em contraposição da tradicional atribuição a um único desenvolvedor [Banitaan & Alenezi, 2013], visando minimizar os problemas decorrentes da propriedade de código e proporcionar um maior nivelamento de informações entre os membros da equipe. Não obstante, o maior grupo de estudos nesta categoria está relacionado com a ajuda ao desenvolvedor na vinculação de determinado problema do software à sua efetiva origem, que nesta dissertação foi denominado como Localização do Problema [Corley et al., 2011, Wong et al., 2014, Thung et al., 2014b, Nguyen et al., 2012, Thung et al., 2013, Romo & Capiluppi, 2015]. Nesta mesma categoria verificamos estudos que dão suporte ao desenvolvedor na classificação da RM que lhe foi atribuída, em especial aquelas que estão relacionadas às questões de segurança do sistema [Gegick et al., 2010] ou aquelas que impedem a resolução de outras (*blocking-bugs*) [Valdivia Garcia & Shihab, 2014].

Analista de Qualidade: Cabe ao Analista de qualidade avaliar se uma RM considerada “solucionada” por um desenvolvedor foi corretamente resolvida. De maneira similar ao que ocorre nos estudos que estão relacionados com o tópico de classificação “Desenvolvedor” verificamos uma prevalência dos estudos com foco no apoio para encontrar o defeito no código fonte a partir do relato da falha durante execução do software [Corley et al., 2011, Wong et al., 2014, Thung et al., 2014b, Nguyen et al., 2012, Thung et al., 2013, Romo & Capiluppi, 2015]. Verificamos ainda estudos que tentam determinar a probabilidade que determinada RM será reaberta [Xia et al., 2015], o que pode ajudar ao Analista de Qualidade na priorização das requisições com alta possibilidade de reabertura.

Gerente de Requisição de Mudança: O papel que representa esta classe está vinculado ao gerenciamento do processo de manutenção de software, em especial por decidir se uma RM será aceita ou rejeitada. As melhorias relacionadas à classificação quanto ao nível de segurança [Gegick et al., 2010, Zhang & Lee, 2011, Valdivia Garcia & Shihab, 2014], identificação de duplicadas [Hindle et al., 2016, Sun et al., 2010, Alipour et al., 2013, Banerjee et al., 2012] pode ajudar no desempenho desta atividade.

Reportador: Os estudos que fazem parte desta categoria partem da premissa que melhorar a qualidade da informação fornecida na RM é o ponto de partida para tratar ou-

tros problemas relacionados ao processo de manutenção de software [Moran et al., 2015, Moran, 2015, Zimmermann et al., 2010]. Neste sentido verificamos trabalhos para autocompletar as informações fornecidas pelo Reportador [Moran et al., 2015], suporte à reprodução do problema [Moran, 2015]; análise da qualidade da informação fornecida [Zimmermann et al., 2010, Tu & Zhang, 2014]. Esta categoria também contempla um estudo que verifica se o problema relatado já foi registrado [Thung et al., 2014a].

Chefe da Manutenção: O Chefe da Manutenção tem por responsabilidade definir os padrões e procedimentos que compõem o processo de manutenção que será utilizado. Para ajudar neste trabalho alguns estudos propõem melhorar a alocação de tarefas do processo de resolução das Requisições de Mudanças [Netto et al., 2010]. Outros estudos visam estimar o esforço necessário para solucionar determinada RM [Vijayakumar & Bhuvaneswari, 2014, Nagwani & Verma, 2010], estes aspectos têm o potencial de ajudar o Chefe de Manutenção no planejamento de liberações de novas versões do sistema mantido.

Todos: Esta categoria abarca os estudos para o qual a melhoria proposta possui impacto positivo para todos os papéis envolvidos na manutenção de software. A definição que o foco da melhoria é geral decorre do que foi dito como objetivo dos autores dos estudos que fazem parte desta categoria ou ainda por não ser possível determinar uma atividade específica sendo beneficiada.

Conforme pode ser observado, os estudos estão relacionados principalmente com a melhoria da visualização das informações contidas nas RMs [Hora et al., 2012, Takama & Kurosawa, 2013, Dal Sasso & Lanza, 2014]. Os aperfeiçoamentos podem estar vinculados a questões de usabilidade das ferramentas, como por exemplo a navegabilidade entre as RMs [Dal Sasso & Lanza, 2014].

3.4 Discussão

Ao realizarmos este mapeamento verificamos uma prevalência de estudos na dimensão *Processo* especialmente para os tópicos de *Localização de RMs Duplicadas*, *Atribuição de RMs* e *Classificação de RMs*, respectivamente. A prevalência destes tópicos pode estar relacionada ao fato de que eles afetam projetos de diferentes tipos e tamanhos. No caso da *Localização de RMs Duplicadas* apesar de ser o de maior frequência não é um problema identificado como o de impacto mais significativo por alguns desenvolvedores [Zimmermann et al., 2010].

Dos estudos que fizeram parte do mapeamento um total de 10 foram implementados como extensões ou protótipos. No nosso entendimento este número poderia ser maior a fim de permitir avaliações pelos profissionais envolvidos em manutenção de software. Cabe ressaltar que no escopo de um estudo pode não estar prevista a efetiva implementação da melhoria proposta de modo a ser utilizada efetivamente pelo seu público-alvo, como por exemplo, a criação ou melhoria de uma funcionalidade em determinada FGRM. Além disso, não colocamos como objetivo de nossa dissertação avaliar ou discutir a facilidade que as FGRMs possuem para criar novas funcionalidades ou melhorias.

Quando analisamos o esquema de Classificação por Papéis, verificamos uma prevalência de estudos com foco no papel de *Escalonador*. Os estudos que fazem parte desta classe destacam que um considerável conhecimento sobre o projeto é necessário bem como a capacidade de negociação com os desenvolvedores e demais partes interessadas são importantes para o desempenho do papel. Todavia, tendo em vista o esforço e tempo gasto por esta tarefa, especialmente quando realizada manualmente, seria importante que as FGRMs automatizassem algumas destas atividades. Um outro ponto a destacar é que as FGRMs deveriam dar suporte ao Reportador que, na maioria das vezes, é o primeiro a registrar as informações que serão necessárias à solução da RM.

3.5 Limitações e Ameaças à Validade

Alguns dos procedimentos adotados neste trabalho não acompanharam exatamente as diretrizes existente na literatura para condução de uma Mapeamento Sistemático. A seleção dos estudos foi realizada pelo autor sem que outra pessoa fizesse a revisão. O mapeamento realizado nesta pesquisa utilizou o método de aplicação de sentenças de busca nas bases de pesquisa selecionadas para coletar os estudos primários. Outros estudos, além da estratégia descrita, fazem uso de uma técnica conhecida como bola de neve (*snowballing*) [Wohlin, 2014] em que as referências dos estudos primários podem ser usadas para compor o conjunto de artigos do mapeamento. O uso de uma única estratégia pode levar a perda de artigos relevantes e, portanto, subestimar a extensão dos resultados encontrados. Em particular, por termos optado por escolher artigos apenas em língua inglesa também pode ter havido falta de material publicado em revistas e conferências nacionais. Assim, nossos resultados devem ser considerados apenas com base em artigos em inglês contidos nas bases de pesquisa escolhidas e publicados nas principais conferências da área de Engenharia de Software.

O fato que o autor foi o único responsável pela análise dos estudos aumenta o

risco de erros. O processo de seleção e validação dos estudos primários pode levar a problemas de extração e agregação das informações quando há um grande número de artigos ou os dados são complexos [Keele, 2007].

No tocante às questões deste estudo é possível que as perguntas de pesquisa definidas possam não abranger completamente o campo de investigação sobre as funcionalidades das FGRMs. No entanto, algumas discussões com membros do projeto e especialistas em Manutenção de Software foram realizadas para validar as perguntas. Assim, mesmo que não tenhamos considerado o melhor conjunto de questões, acreditamos que foi possível abordar as indagações mais frequentes e abertas no campo, tanto do ponto de vista do praticante como do investigador.

Como as bases de pesquisa não funcionam com regras de busca compatíveis entre si, todas as sequências de pesquisa foram adaptadas e calibradas em cada uma delas. No entanto, não conhecemos todas as regras que as bases de pesquisa utilizam para indexar um documento. Neste sentido, a forma que as sentenças de busca foram estruturadas pode não ser a mais otimizada para pesquisa do maior número de documentos relevantes.

O nosso estudo considerou publicações até maio de 2016. De lá pra cá verificamos que assuntos como Identificação de RMs Duplicadas [Aggarwal et al., 2017, Chaparro, 2017, Sadat et al., 2017] e Classificação da RM [Karim et al., 2017, Zibran, 2016, Ohira et al., 2016] ainda permanecem entre aqueles com a maior frequência de publicação.

3.6 Trabalhos Relacionados

No estudo proposto por Kagdi e outros [Kagdi et al., 2012] foi realizada uma revisão da literatura sobre abordagens para mineração de repositórios de RMs. No contexto daquele trabalho este tipo de repositório pode ser comparado ao repositório de RMs empregados nas FGRMs. O resultado foi uma taxonomia baseada em quatro classes: o tipo de repositório extraído (o que), o propósito (por que), o método proposto (como) e o método de avaliação (qualidade). No entanto, a sua classificação não fornece um entendimento extensivo sobre as investigações em repositórios de RMs. De acordo com seus critérios de exclusão para estudos, eles estavam muito preocupados com artigos que abordavam mudanças evolutivas de artefatos de software investigando múltiplos repositórios de RMs. Como consequência, muitos trabalhos que usaram dados de um único repositório de RM estavam fora do seu escopo.

Por outro lado, o estudo realizado neste capítulo aumentou o escopo da análise

sobre as funcionalidades oferecidas pelas FGRMs possibilitando um acréscimo na visão do estado da arte deste tipo de investigação. Uma outra diferença com o trabalho de Kagdi [Kagdi et al., 2012] é que sua taxonomia considera as técnicas e métodos para mineração de repositórios de RMs como o foco principal do seu estudo, por outro lado este trabalho considera as FGRM, sobre o prisma de suas funcionalidades, como entidades de primeira classe.

Na pesquisa realizada por Cavalcanti e outros [Cavalcanti et al., 2014] houve a classificação de estudos sobre repositórios de RMs em desafios e oportunidades. Desafios referem-se a problemas enfrentados no gerenciamento das RMs, enquanto oportunidades referem-se às vantagens proporcionadas pelos dados obtidos das RMs para o desenvolvimento de software. Além disso os autores utilizam a classificação proposta por Cerulo e Canfora [Cerulo & Canfora, 2004]. Ela consiste em duas visões sobrepostas: uma taxonomia vertical que classifica os modelos de RI em relação ao seu conjunto de características básicas; e uma taxonomia horizontal que classifica os objetos de RI com respeito às suas tarefas, forma e contexto.

Nosso trabalho estende a classificação realizada por Cavalcanti [Cavalcanti et al., 2014] tendo em vista que avalia as funcionalidades das FGRMs que encaixam no conceito de repositórios de RMs. Ou seja, o foco deles é no repositório de RMs, seja ele automatizado ou não. Contudo, o nosso objeto de estudo são as propostas de melhorias para as funcionalidades das FGRMs.

3.7 Resumo do Capítulo

Neste capítulo realizamos um mapeamento sistemático envolvendo 64 estudos divididos em dois esquemas de classificação: dimensões de melhoria e suporte ao papel exercido na manutenção de software. Verificamos que tópicos como Localização de RMs Duplicadas, Atribuição de RMs e Classificação de RMs estão sendo tratados com maior frequência na literatura. Da mesma forma, o *Escalonador* e *Desenvolvedor* tiveram um maior número de artigos com funcionalidades que podem dar-lhes suporte. Verificamos ainda que é reduzido o número de estudos que efetivaram as melhorias propostas em protótipos de ferramentas. Esta última constatação pode causar um distanciamento entre o estado da arte e o estado da prática.

Capítulo 4

Levantamento de Funcionalidades de FGRMs

4.1 Introdução

Neste capítulo apresentamos um levantamento por questionário com o objetivo de coletar os aspectos mais importantes das funcionalidades oferecidas pelas FGRMs do ponto de vista dos profissionais que trabalham com desenvolvimento e manutenção de software. O planejamento e o desenho do estudo seguiram as diretrizes propostas nos trabalhos de Wohlin [Wohlin et al., 2012] e Kasunic [Kasunic, 2005]. Em especial, para selecionarmos a população e a amostra de interesse utilizamos o arcabouço (framework) proposto por De Mello e outros [de Mello et al., 2015, de Mello et al., 2014].

Para este levantamento foi definido que a população de interesse é a comunidade envolvida com o processo de manutenção de software e que faça uso de FGRMs. Pela abrangência e dificuldade de caracterização da população acabamos por lidar com uma amostra de conveniência. Contamos com a colaboração de profissionais que estão envolvidos no projeto de código aberto Python¹. Coletamos também a opinião de profissionais com um conjunto de características que esperamos ser mais abrangente: os usuários da rede social de desenvolvedores Stack Overflow². Neste último caso, estamos interessados nos usuários da rede que tenham participado de discussões sobre assuntos relacionados à manutenção de software.

A contribuição deste levantamento é que ele permitiu avaliar se os estudos conduzidos na literatura que propõem melhorias que podem ser aplicadas para as funcionalidades das FGRMs estão em consonância com as necessidades dos profissionais.

¹<http://bugs.python.org/>

²<http://stackoverflow.com>

Neste sentido é possível analisar como está o distanciamento entre o estado da arte e o da prática.

4.2 Objetivo do Levantamento com Profissionais

Em linhas gerais, o objetivo desta etapa do projeto da dissertação é analisar, através da percepção e opinião dos profissionais envolvidos em Manutenção de Software, a situação das funcionalidades atualmente oferecidas pelas FGRMs, bem como sobre a adoção das práticas propostas pelos agilistas no processo de manutenção de software. Com intuito de atingir os objetivos propostos foram definidas as seguintes questões de pesquisa:

Questão 01 Qual a opinião dos profissionais envolvidos em Manutenção de Software com relação as funcionalidades oferecidas pelas FGRM?

Questão 02 Na visão dos profissionais envolvidos em Manutenção de Software quais melhorias nas funcionalidades das FGRMs propostas na literatura teriam maior relevância em suas atividades?

Questão 03 As práticas propostas pelos agilistas estão sendo utilizadas no processo de Manutenção de Software?

Questão 04 Como as FGRMs podem ajudar as equipes de manutenção na adoção das práticas propostas pelos agilistas?

O desenho da pesquisa é detalhado na próxima seção onde discutimos a estrutura do questionário bem como detalhamos o processo de seleção da amostra que foi utilizado.

4.3 Desenho e Método da Pesquisa com Profissionais

4.3.1 Conceitos Básicos

Estudos primários em Engenharia de Software (SE), como os levantamentos por questionário, são muitas vezes conduzidos em amostras que são mais de conveniência do que adequadas [Sjøberg et al., 2005, Dybå et al., 2006]. Um desafio na determinação de amostras representativas, especialmente em Engenharia de Software, é a

identificação de fontes relevantes e disponíveis que permitam a criação de amostragem [de Mello et al., 2014]. Uma alternativa é a utilização de fontes disponíveis na Internet, como rede sociais e projetos de código aberto, que permitem aumentar o acesso à potenciais participantes [de Mello & Travassos, 2013].

O levantamento descrito neste capítulo consistiu de um estudo exploratório sem uma hipótese prévia. Idealmente, ele deveria ser respondido por todos os profissionais envolvidos com desenvolvimento e manutenção de software. Como não é possível alcançar essa população, nos conformamos com a utilização de uma *amostra de conveniência*. Neste tipo de amostragem a seleção de indivíduos é realizada por conta de sua facilidade de acesso ou proximidade [Marshall, 1996]. Este é um dos riscos à validade do estudo e é discutido na Seção 4.3.2.1.

Para caracterizar a amostra foi utilizado o estudo de Mello e outros [de Mello et al., 2014]. Nele os autores apresentam um arcabouço (framework) conceitual para a determinação de fontes adequadas para amostragens com foco em estudos na área de Engenharia de Software. Decidimos utilizar alguns aspectos deste arcabouço para discutir algumas características da nossa amostra. O modelo inclui termos estatísticos, tais como público-alvo, população, amostragem e unidade de observação [Thompson, 2012], e discute conceitos como *Fonte de Amostragem*, *Unidade de Pesquisa*, *Plano de Pesquisa* e *Estratégia de Amostragem*. No estudo os autores apresentam alguns atributos, denominado Requisitos Essenciais - Essential Requirements (ER), que podem ser utilizadas para determinar que uma Fonte de Amostragem é válida e que estão descritos a seguir.

ER1 Uma Fonte de Amostragem não deve representar intencionalmente um subconjunto segregado do público-alvo, ou seja, dado um público-alvo “X”, não seria adequado pesquisar por unidades na fonte intencionalmente desenhada para compor um subconjunto específico de “X”.

ER2 Uma Fonte de Amostragem não deve apresentar qualquer viés, como incluir na sua base de dados determinados subconjuntos do público-alvo. Critérios desiguais para inclusão de Unidades de Pesquisa significam oportunidades desiguais para oportunidades de amostragem.

ER3 Todas as Unidades de Pesquisa³ das amostras e suas Unidades de Observação⁴ devem identificados de forma única.

³Uma Unidade de Pesquisa caracteriza como uma ou mais Unidade de Observação podem ser recuperadas de uma *Fonte de Amostragem*.

⁴Unidade de Observação é a entidade que é estudada em determinado experimento.

ER4 Todas as amostragem de determinada Unidade de Pesquisa devem ser acessíveis. Se houver unidades de pesquisa ocultas, não é possível contextualizar a população.

4.3.2 Método de Pesquisa

No escopo deste levantamento, o público-alvo é o conjunto de profissionais que trabalham com desenvolvimento e manutenção de software. Adicionalmente, seria importante que o participante tivesse um mínimo de experiência de uso de alguma FGRM. A caracterização e estratificação da população que temos interesse não é simples. Neste sentido, é difícil dizer que um extrato com uma certa experiência com FGRMs é mais relevante do que outro ou ainda questões como processo de software ou linguagem de programação. Salvo melhor juízo, todos os desenvolvedores de código aberto e código proprietário, que de alguma forma tenham utilizado alguma FGRM, podem ser relevantes nesta investigação.

4.3.2.1 Fontes de Amostragem

Uma *Fonte de Amostragem* corresponde a um banco de dados, não necessariamente automatizado, em que um subconjunto válido da população pode ser recuperado. Outra característica é permitir a extração aleatória de amostras da população de interesse [de Mello et al., 2014]. Utilizamos nesta dissertação as duas Fontes de Amostragem exibidas na Tabela 4.1. Na primeira fonte, temos a expectativa de encontrarmos indivíduos ligados ao desenvolvimento da linguagem Python que correspondam ou representem profissionais do extrato de código aberto. A segunda fonte, FA02, corresponde a indivíduos com interesse na rede social Stack Overflow em que é possível que encontremos um perfil mais abrangente de desenvolvedores e mantenedores de software⁵.

| Identificador | Fonte de Amostragem | URL |
|---------------|---------------------|---|
| FA01 | Python | https://bugs.python.org/ |
| FA02 | Stack Overflow | https://stackoverflow.com |

Tabela 4.1. Fontes de Amostragem utilizadas no estudo

A fonte FA01 foi utilizada por apresentar as seguintes características: *(i)* pelo menos 5 anos de existência; *(ii)* comunidade bem estabelecida, no sentido de um número relevante e participativo de contribuidores e usuários; *(iii)* permite acesso aos

⁵Não tentamos distinguir se o foco da atividade do usuário do Stack Overflow é desenvolvimento, manutenção ou outra categoria

dados históricos de suas RMs. Por outro lado, a fonte FA02 foi selecionada devido sua extensão: envolve mais de 6 milhões de usuários e poderia nos fornecer o acesso a um perfil abrangente de participantes.⁶

O fato de lidarmos com amostras de conveniência pode resultar em limitações devido a forma subjetiva que a amostra se apresenta. Uma amostra de conveniência se apresenta quando a randomização não é possível, como no caso de uma população muito grande ou de difícil caracterização [Boxill et al., 1997]. Os requisitos *ER1* e *ER2*, apresentados na Seção 4.3 são atendidos no sentido que cada membro vinculado a uma das FAs têm igual possibilidade de participação no levantamento. O requisito *ER3* foi atendido pela atribuição de um identificador único para cada participante que foi coletado pelo processo de extração. Considerando que as FAs consideram apenas usuários com o endereço eletrônico público, o requisito *ER4* é atendido no sentido que os participantes estão de alguma forma acessíveis.

4.3.2.2 Construção das Fontes de Amostragem

Cada Fonte de Amostragem (FA) utilizou uma estratégia distinta para a sua construção. Para a FA01 utilizamos a lista de RMs disponível na Internet através da FGRM do projeto⁷. No caso da FA02 a fonte primária de informação são as discussões realizadas pelos seus usuários, especialmente aquelas sobre a temática da Manutenção de Software. Em ambos os casos foram coletados automaticamente os atributos:

- Nome do Participante
- E-mail do Participante
- Data de Ação
- Tipo de Ação

O Tipo de Ação representa aquilo que o participante realizou na lista de discussão ou na rede social. Exemplos de ação estão no relato ou solução de RM, no caso da FA01 ou ainda responder a uma pergunta de determinada discussão, no caso da FA02. O tipo e a data da Ação foram utilizados para avaliar se o indivíduo estaria no conjunto final de potenciais participantes do estudo. Além daqueles atributos, foram coletadas outras informações através do questionário de pesquisa, como por exemplo a localização geográfica, o tempo de experiência, o nome da função desempenhada, as principais atribuições, dentre outros.

⁶Disponível em <http://stackexchange.com/sites>. Acessado em novembro de 2016.

⁷<http://bugs.python.com>

No caso do Stack Overflow utilizamos para seleção dos participantes uma métrica da própria rede social conhecida como reputação⁸. Trata-se de uma medida aproximada de quanto a comunidade avalia as contribuições de um usuário. Neste trabalho ela foi utilizada como um dos critérios de seleção do participante, que incluiu ainda a sua frequência de participação em discussões sobre Manutenção de Software.

Para extrairmos os dados da rede social Stack Overflow utilizamos a interface de busca avançada que a plataforma disponibiliza e que permite consultar e analisar os dados de todas as páginas da rede Stack Exchange⁹. A interface possibilita a utilização da linguagem SQL para acesso aos dados. A Figura 4.1 exibe uma tela da interface utilizada para coleta dos dados.

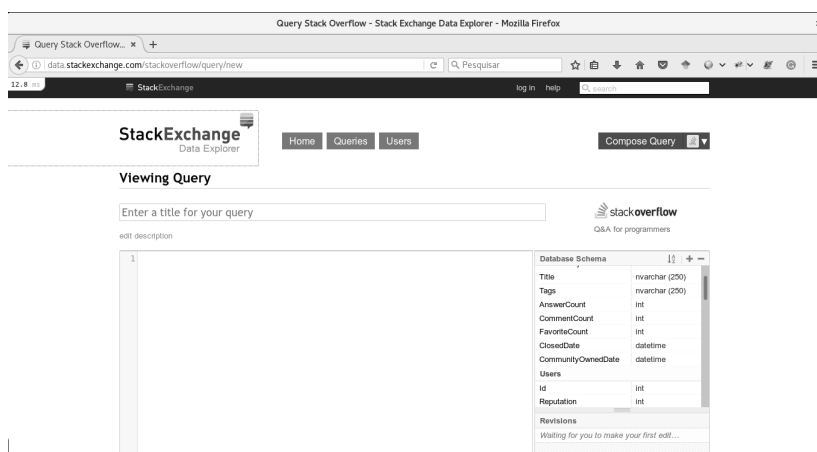


Figura 4.1. Ferramenta de coleta de dados da rede Stack Overflow

Para a fonte FA01 foi desenvolvido um robô (web crawler) para coletar as informações dos participantes. A partir de uma lista de RMs previamente selecionada, a ferramenta coletou os dados dos possíveis participantes a partir do histórico de modificações de cada RM. A Figura 4.2 apresenta o histórico de registros de uma RM do projeto Python em que os dados dos participantes podem ser visualizados nos quadros inseridos. Os dados coletados também foram armazenadas em um banco de dados para posterior aplicação de critérios de inclusão e exclusão.

4.3.2.3 Seleção dos Participantes

Utilizamos estratégias distintas em cada fonte de amostragem para escolher os potenciais participantes do levantamento. Para a fonte FA01 utilizamos os registros históricos das RMs ocorridos nos últimos 05 anos. Além disso, foi coletada a frequência que

⁸<http://stackoverflow.com/help/whats-reputation>

⁹<http://data.stackexchange.com/stackoverflow>

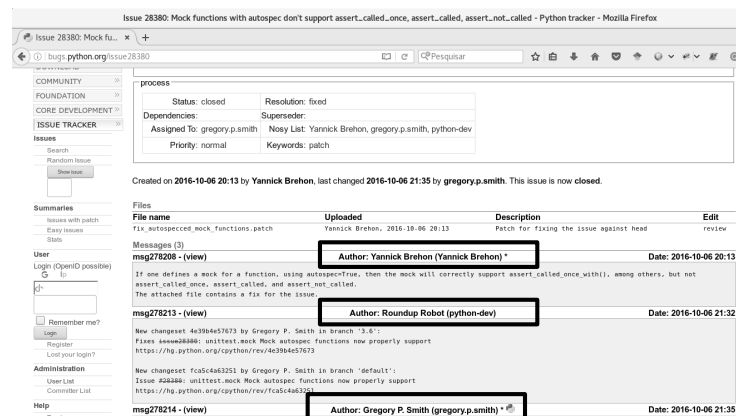


Figura 4.2. Histórico de relatos de uma RM do projeto Python

o participante teve contato com o projeto, como por exemplo abertura, solução ou comentários em RMs. Um participante seria incluído caso tivesse pelo menos uma interação no período avaliado.

No caso do Stack Overflow realizamos a busca de discussões com base nas sentenças de busca exibidas na Figura 4.3. Um conjunto similar de sentenças foi utilizado no mapeamento sistemático descrito no Capítulo 3. De modo a considerar as preferências de privacidade dos indivíduos que iriam compor as Fontes de Amostragens, não incluímos os participantes que proíbem a utilização dos seus dados, especialmente do seu endereço eletrônico. Nesta mesma linha, não incluímos pessoas que utilizam uma língua diferente do inglês, tendo em vista que apenas existiam versões em inglês e português para o questionário utilizado no estudo.

("issue tracking" OR "bug tracking" OR
 "issue-tracking" OR "bug-tracking" OR
 "bug repository" OR "issue repository")
 AND
 ("issue report" OR "bug report" OR
 "bug prioritization" OR
 "bug fix" OR "bug assignment" OR
 "bug reassignment" OR "bug triage" OR
 "duplicate bug" OR "reopened bug" OR
 "bug impact" OR "bug localization" OR
 "bug prediction" OR "bug risk" OR
 "bugseverity" OR "bug classification")

Figura 4.3. Sentenças utilizadas para seleção das discussões no Stack Overflow

4.3.2.4 Formulário

O formulário enviado aos participantes foi estruturado em três partes, cada uma coletando um conjunto de informação. Na primeira estávamos interessados na formação do participante. O segundo conjunto de perguntas tinha por objetivo coletar a percepção dos participantes sobre as funcionalidades oferecidas pelas FGRMs. Na terceira parte estão as perguntas sobre as melhorias e proposição de novas funcionalidades para as FGRMs. Antes de aplicarmos o questionário foi realizado um processo de avaliação constituído de quatro etapas:

- (i) Avaliação por Pesquisadores: Nesta etapa a primeira versão do formulário foi enviada para dois pesquisadores da área de manutenção de software.
- (ii) Avaliação por Profissionais: O formulário resultante da análise anterior foi encaminhado a dois profissionais que trabalham com manutenção de software.
- (iii) Piloto da Pesquisa: O formulário obtido da fase anterior foi utilizado em um piloto com dez profissionais envolvidos da manutenção de software de uma empresa pública de informática.
- (iv) Tradução do Formulário: Em cada uma das etapas anteriores o formulário foi aplicado em português, tendo em vista a falta de fluência em Inglês de alguns profissionais envolvidos no processo de avaliação, em especial na fase Piloto da Pesquisa. Neste sentido, a última etapa consistiu na tradução do formulário para a língua inglesa. Esta etapa foi conduzida com o suporte de um pesquisador experiente na área de Engenharia de Software.

Após o processo de avaliação do questionário¹⁰, enviamos uma mensagem de correio eletrônico solicitando a colaboração com nosso trabalho de mestrado. O gabarito (*template*) da mensagem enviada pode ser visualizado no Apêndice F. Foram enviadas um total de 452 mensagens de correio eletrônico no período de 02/01/2017 a 27/01/2017.

4.4 Resultados

Nesta seção apresentamos os resultados obtidos na aplicação do questionário. Após o envio das mensagens obtivemos 85 participações. É importante salientar que nenhuma

¹⁰A versão final do questionário pode ser encontrada em <https://archive.org/download/dissertacao-vagner-clementino-um-estudo/form-melhorias-funcionalidades.pdf>

das questões do formulário era de preenchimento obrigatório, desta forma, alguns dos resultados não necessariamente apresentam o total de respostas recebidas. Começamos com a análise do perfil dos respondentes. Em seguida, avaliamos o nível de satisfação com as ferramentas que utilizam. Posteriormente verificamos o grau de adoção das práticas propostas pelos agilistas no processo de desenvolvimento e manutenção de software.

4.4.1 Perfil dos Participantes

O total para cada função declarada pelos participantes pode ser visualizado na Tabela 4.2. A função com maior frequência é a de desenvolvedor, com cerca de um terço dos participantes. Todavia, grande parte dos respondentes pode estar envolvida com tarefas de desenvolvimento e manutenção de software, uma vez que mais de 80% da amostra é formada por desenvolvedores, engenheiros de software, gerentes e arquitetos.

| Função Desempenhada | Total |
|----------------------------|--------------|
| Desenvolvedor | 23 |
| Engenheiro de Software | 17 |
| Gerente | 12 |
| Arquiteto de Software | 5 |
| Pesquisador | 5 |
| Consultor | 4 |
| Estudante | 3 |
| Analista de Qualidade | 1 |
| Designer | 1 |

Tabela 4.2. Função desempenhada pelos participantes

A distribuição geográfica dos participantes demonstra uma proeminência de pessoas da Ásia (32%), Europa (27%) e em seguida das América do Norte (17%) e América do Sul (12%). A Tabela 4.3 exibe o total de participações por localização geográfica. Esta distribuição pode atenuar possíveis enviesamentos que por ventura algum nicho geográfico possa apresentar. Todavia, não está no escopo deste estudo discutir como que as diferenças de localização do participante podem influenciar nos resultados. Os respondentes trabalham em sua maioria em empresas privadas de software (74%). Existem também aqueles que participam de projetos de código aberto (6%) e empresa pública de software (4%). O restante do grupo que respondeu esta questão é composto por contribuidores de projetos de software livre e estudantes. É importante considerar que grande parte dos respondentes pertencem à empresas privadas, em que os processos e ferramentas não podem ser modificados pelo desenvolvedor. Esta característica

pode afetar os resultados, especialmente quando avaliarmos o nível de satisfação das funcionalidades das FGRMs.

| Localização | Participações |
|------------------|---------------|
| Ásia | 28 |
| Europa | 23 |
| América do Norte | 15 |
| América do Sul | 11 |
| África | 4 |
| América Central | 2 |
| Oceania | 2 |

Tabela 4.3. Localização Geográfica dos Participantes

A equipe que o participante faz parte possui em geral mais de dez pessoas (31%). Em segundo lugar, temos equipes de médio porte, entre seis e dez membros (28%). A Tabela 4.4 apresenta a frequência de respostas para o tamanho da equipe. Os participantes possuem com maior frequência entre três e dez anos de experiência. Existem ainda 09 participantes que possuem mais de dez anos trabalhando com desenvolvimento ou manutenção de software. Em síntese, temos um grupo com significativa experiência o que pode agregar valor aos resultados finais.

| Tamanho da Equipe | Número de Respostas |
|-------------------|---------------------|
| Mais do que 10 | 23 |
| Entre 6 e 10 | 21 |
| Entre 2 e 5 | 1 |
| 1 (eu mesmo) | 13 |

Tabela 4.4. Tamanho da equipe dos participantes

4.4.2 Nível de Satisfação com as FGRM

A avaliação da ferramenta utilizada pelo participante é importante tendo em vista que as opiniões dadas podem estar relacionadas com a versão utilizada, podendo os resultados se mostrarem diferentes se a pesquisa fosse realizada com outras versões dos sistemas. A maior frequência ocorre para a ferramenta *Jira* (28%). Na segunda posição visualizamos o *Github* (17%) que é um serviço de web para armazenamento de projetos que usam o controle de versionamento *Git* e que possui um módulo que oferece funções existentes nas FGRMs. Uma outra ferramenta bem posicionada foi o *Trello* (10%), que é um software de planejamento no estilo *Kanban* e que segundo os

nossos resultados está sendo utilizado para gestão das RMs. Um conjunto de dezenove ferramentas, correspondendo a um total de 32% das respostas, foram escolhidas uma única vez, dando um indício da extensão das FGRMs disponíveis.

Verificamos o nível de satisfação dos participantes com as funcionalidades oferecidas pelas FGRMs que ele utiliza. Em grande parte os respondentes estão satisfeitos com as funcionalidades. A resposta com maior frequência foi *Nem satisfeito ou insatisfeito*, com cerca de 32 (44%) respostas. Na segunda posição, 21 profissionais (29%) responderam que estão *Satisfeitos*. A opção *Muito satisfeito* foi escolhida por 11 (15%) dos profissionais. As alternativas que podem refletir uma insatisfação sobre as funcionalidades (*Desapontado ou Muito Desapontado*) foram escolhidas por 8 (11%) participantes. O item *desapontado* teve 6 respostas e a opção *Muito Desapontado* foi escolhida por 2 participantes. Se desconsiderarmos aqueles que selecionaram *Nem satisfeito ou insatisfeito*, é possível verificar que a maior parte dos respondentes (44%) estão satisfeitos com as funcionalidades da FGRM que utiliza. Em contrapartida, os participantes insatisfeitos representam 11% da amostra. O número de respostas não nos permite generalizar o resultado, entretanto, ele não segue o que a literatura sobre melhorias em funcionalidades das FGRMs em que se discute um possível descontentamento dos usuários deste tipo de software. Uma possível explicação seria o desconhecimento dos profissionais de funcionalidades que estão sendo propostas na literatura que podem melhorar as suas atividades.

No mesmo questionário verificamos se o respondente recomendaria a ferramenta que utiliza para outro projeto. A probabilidade de recomendação é exibida na Tabela 4.5. De maneira similar ao nível de satisfação grande parte dos participantes tendem a recomendar a FGRM. Com base neste resultado, podemos deduzir que os profissionais estão realmente satisfeitos com as funcionalidades da ferramenta que utilizam ao ponto de recomendá-la.

| Recomendação da Ferramenta Utilizada | Total |
|--------------------------------------|-------|
| Com certeza | 22 |
| Provável | 32 |
| Pouco Provável | 9 |
| Muito Improvável | 3 |
| Não Recomendaria | 5 |

Tabela 4.5. Probabilidade de Recomendação da Ferramenta Utilizada

4.4.3 Avaliação das Funcionalidades Existentes

Nesta seção apresentamos a opinião dos profissionais sobre as funcionalidades oferecidas atualmente pelas FGRMs. O conjunto de funcionalidades apresentado ao participante é o resultado do estudo descrito na Seção 2.3. No questionário apresentamos ao participante uma lista de funcionalidades e pedimos que para cada uma fosse escolhido um item de uma escala de importância (*Nada Importante*, *Pouco Importante*, *Importante*, *Levemente Importante*, *Muito Importante*). Com base nas respostas, as seguintes funcionalidades foram consideradas como as mais importantes: *Suporte ao Unicode*, *Múltiplos Projetos*, *Integração com Sistemas de Controle de Versão (VCS Integration)*.

Por outro lado, apresentamos aos profissionais funcionalidades que poderiam ser integradas à FGRM que ele utiliza. As funcionalidades foram baseadas no Mapeamento Sistemático descrito no Capítulo 3. A Figura 4.4 apresenta as funcionalidades que os participantes sentem falta. As funcionalidades foram apresentadas aos profissionais através de uma lista e foi permitido que eles escolhessem mais de uma opção. As funções tais como *Identificação Automática de RMs Duplicadas*, *Atribuição Automática de RM e Análise de Impacto* foram de maior escolha.

4.4.4 Práticas Ágeis na Manutenção de Software

Nesta etapa do levantamento com profissionais, estamos interessados em analisar como as práticas propostas pelos agilistas estão sendo utilizadas no desenvolvimento e em especial na manutenção de software. Após a apresentação de um cardápio de opções, obtidas de um livro [Meyer, 2014], os participantes selecionaram como as práticas mais adotadas: *Integração Contínua* (17%), *Padrões de Programação* (16%), *Refatoração* (15%), *Reunião Diária (daily)* (13%) e *Propriedade compartilhada de código* (10%).

A fim de avaliar como as FGRMs podem ajudar as equipes de manutenção de software na adoção das práticas propostas pelos agilistas, apresentamos aos participantes do levantamento uma lista de possíveis funcionalidades com este viés. Foi solicitado a eles que escolhessem a ordem em que estas melhorias seriam implementadas na ferramenta que utilizam, sendo 1 a maior prioridade e 7 a menor. Segundo o nosso entendimento as funções que tivessem uma maior prioridade para serem implementadas poderiam ser consideradas mais relevantes para os profissionais. A Tabela 4.6 apresenta a opinião dos profissionais sobre as funcionalidades mais relevantes. Segundo eles, a priorização automática de RMs urgentes e não esperadas, ajuda o desenvolvedor nas reuniões diárias e o suporte a tarefas compartilhadas foram as respostas mais frequentes.

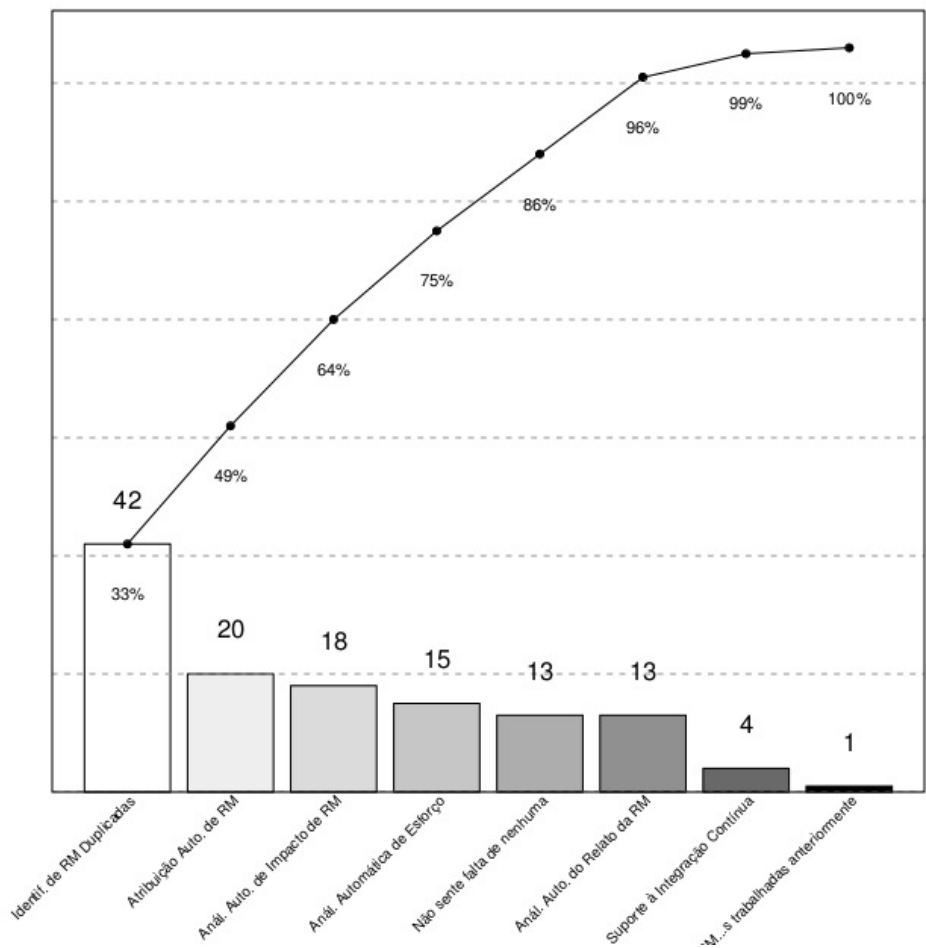


Figura 4.4. Funcionalidades que o participantes sentem falta.

| Melhorias Propostas | Classificação |
|---|---------------|
| Priorização automatizada de RMs urgentes e inesperadas | 1 |
| Sugestão automatizada das RMs que farão parte da iteração. | 2 |
| Suporte aos desenvolvedores na preparação para reunião diária | 3 |
| Suporte à divisão de tarefas de forma compartilhada | 4 |
| Facilitar a propriedade compartilhada de código | 5 |

Tabela 4.6. Classificação das funcionalidades que possam dar suporte ao uso das práticas dos agilistas.

4.5 Discussão

Nível de Satisfação com a Ferramenta Utilizada: Em geral, o nível de satisfação com as funcionalidades oferecidas pelas FGRMs é alto. Esta medida foi observada na análise do nível da satisfação dos participantes em que verificamos que cerca de 44% estão de alguma forma satisfeito com a ferramenta que utilizam. Em contrapartida, os participantes que mostraram algum tipo de insatisfação representaram 11% da amostra. Este mesmo sentimento pode ser observado pela alta probabilidade de recomendação da FGRM utilizada para um novo projeto. Naquela medida verificamos que o mesmo percentual de participantes pretende recomendar o software que utiliza.

Funcionalidades Faltantes: Apesar dos profissionais estarem satisfeitos com as funcionalidades ofertadas pela FGRM que utilizam, quando foi apresentado um conjunto de novas funções grande parte deles aprova a inclusão de algumas delas. Por exemplo, cerca de um terço dos participantes disseram sentir falta de um processo de identificação automatizada de RMs duplicadas. Este resultado também foi encontrado no trabalho de Zimmermann e outros [Zimmermann et al., 2010] que ao conduzir um levantamento com questionário em que o problema da duplicação de RMs foi descrito como um dos problemas que pode ocasionar em atrasos na solução das RMs.

Um ponto interessante é que as funcionalidades que os participantes mais sentiram falta, também representam a maior quantidade de estudos na literatura. Posto de outra forma, a automatização da detecção de RMs duplicadas e atribuição de RMs são as soluções mais demandadas e representam o maior número de trabalhos na literatura. Este resultado pode sugerir a necessidade de uma maior divulgação do que está sendo proposto na literatura tendo em vista que os profissionais se mostraram interessados nestes tipos de funcionalidades.

Suporte às Práticas dos Agilistas: Apesar de ser pouco discutido na literatura, as FGRMs podem oferecer suporte às praticas propostas pelos agilistas. Os participantes se mostraram interessados em funções tais como a priorização automática de RMs urgentes e não esperadas, ajuda na reunião diária e o suporte a tarefas compartilhadas. Com a crescente adoção das práticas dos agilistas por equipes de desenvolvimento e manutenção de software seria importante que este tipo de ferramenta incorporasse em suas funcionalidades tal tendência. Conforme discutido na Seção 2.3 as FGRMs, em sua maioria, não apresentam funcionalidades que suportem as práticas propostas pelos agilistas.

4.6 Ameaças à Validade

Uma ameaça à validade deste trabalho está no número de respondentes da pesquisa. Apesar do esforço de seleção de uma amostra representativa da população o número de participantes limita a extrapolação do resultados. O fato de ao final termos uma amostragem de conveniência implica que as generalizações são limitadas. Por outro lado, utilizamos o arcabouço proposto por de Mello [de Mello et al., 2014] visando minimizar o enviesamento da amostra.

Não temos garantias que as regras para seleção de participantes resultaram em um conjunto bem representativo da população. Vale ressaltar que todas as opiniões coletadas devem levar em conta a ferramenta que o profissional utilizava quando da aplicação do questionário. Caso este mesmo estudo fosse realizado com outras versões do mesmo sistema os resultados poderiam ser diferentes. Neste sentido, qualquer tentativa de generalização deve observar por esta característica do estudo.

4.7 Resumo do Capítulo

Neste capítulo realizamos um levantamento mediante questionário com o objetivo de entender e analisar a opinião de profissionais de desenvolvimento e manutenção de software sobre as funcionalidades oferecidas pelas FGRMs. O questionário foi preenchido por 85 participantes o que nos permitiu observar que existia um bom nível de aceitação das funcionalidades no momento da realização do estudo. Em contrapartida, quando apresentadas melhorias das funcionalidades da ferramenta, muito dos desenvolvedores se mostraram interessados. As propostas de melhorias foram baseadas nos resultados obtidos do Mapeamento Sistemático descrito no Capítulo 3. Este fato pode ilustrar a necessidade de que os estudos propostos na literatura se integrem nas ferramentas, através de protótipos, por exemplo, de modo a atender as necessidades dos profissionais.

Capítulo 5

Sugestões de Melhorias para as FGRMs

5.1 Introdução

No levantamento por questionário descrito no Capítulo 4 os profissionais consultados se mostraram, em geral, satisfeitos com as funcionalidades disponibilizadas pelas FGRMs. Cerca de 44% dos participantes fizeram uma avaliação positiva da ferramenta que utilizavam quando consultados, além disso, também cerca de 76% dos participantes disseram que recomendariam as FGRMs que utilizava para um novo projeto (opções *Provável* e *Com certeza*).

Não obstante, naquela mesma pesquisa, apresentamos uma lista de possíveis novas funcionalidades para as FGRMs e perguntamos aos participantes quais eles gostariam que fizessem parte de uma FGRM. O resultado desta pergunta foi que cerca de 85% se mostraram interessados na inclusão de pelo menos uma das funções propostas nas FGRMs que utilizavam. A partir da análise deste resultado é possível inferir que o grupo de desenvolvedores que participaram do levantamento estão satisfeitos com a ferramenta utilizada, contudo, *não conhecem ou não têm acesso ao potencial de funcionalidades que este tipo de software pode oferecer*. Apesar do número de participações não nos permitir extrapolar o resultado, entendemos que podemos contribuir com o estado atual das funcionalidades das FGRMs propondo um conjunto de melhorias.

As sugestões foram construídas utilizando a literatura da área e os levantamentos realizados nesta dissertação, especialmente com base nos Capítulos 3 e 4, na Seção 2.3 e nos estudos que propõem melhorias para as FGRM [Zimmermann et al., 2009, Zimmermann et al., 2010, Singh & Chaturvedi, 2011]. Estas recomendações podem ser

utilizadas por pesquisadores interessados em conduzir estudos sobre o avanço da produtividade dos desenvolvedores mediante o uso das FGRMs. Além disso, os responsáveis pelo desenvolvimento deste tipo de software, podem utilizar algumas das recomendações para a criação ou aperfeiçoamento das funcionalidades das FGRMs. Na mesma linha, os profissionais envolvidos com Manutenção de Software podem criar extensões (*plug-in*) com base no que foi proposto de modo a aplicar essas melhorias em sua rotina de trabalho.

Este capítulo está organizado da seguinte forma: a Seção 5.2 apresenta as sugestões de melhorias propostas, cada sugestão é seguida de uma breve discussão de como foi obtida e justificativa de sua consideração; na Seção 5.3 realizamos uma avaliação do que foi recomendado com base na opinião de profissionais que contribuem para projetos relacionados ao desenvolvimento de FGRMs; os resultados do processo de avaliação são apresentados na Seção 5.4; na Seção 5.5 discutimos os resultados obtidos no processo de avaliação; na Seção 5.6 apresentamos as ameaças à validade; encerramos o capítulo com um resumo na Seção 5.7.

5.2 Sugestões de Melhorias para FGRMs

As sugestões propostas neste capítulo não estão vinculadas exclusivamente às melhorias de funcionalidades existentes nas FGRMs. As recomendações podem representar o desenvolvimento de um novo comportamento ou a melhoria de outros já existentes. Cabe-nos ressaltar que não houve a intenção de apresentar um conjunto exaustivo de melhorias.

É possível que algumas das recomendações propostas já estejam implementadas de maneira parcial ou integral. Infelizmente não tivemos como verificar isso em função do esforço exigido pelo grande volume de ferramentas disponíveis quando esta dissertação foi escrita. Além disso, com base no processo de validação descrito na Seção 5.3 seria possível identificar se alguma das sugestões proposta já existe como funcionalidade em determinada FGRM@. Ao longo da elaboração das sugestões verificamos que não conseguiríamos implementá-las e também não conseguiríamos analisar a complexidade de estratégias de implementação. Entretanto, como prova de conceito, a sugestão descrita na Seção 5.2.1 foi implementada como extensão da FGRM existente nos repositórios da plataforma Github, conforme pode ser visto no Capítulo 6. As sugestões foram estruturadas como seções deste capítulo, em que apresentamos a *justificativa*, o *benefício gerado*, as *limitações* e *exemplos de utilização*.

5.2.1 Suporte à Qualidade do Texto Relatado

Sugestão #01: As FGRMs devem fornecer realimentação (*feedback*) relacionada à qualidade do texto relatado.

Justificativa: Conforme discutido na Seção 2.1.3 o responsável por reportar uma RM pode ser tanto um usuário do sistema quanto um membro da equipe de manutenção. Por esta razão, podemos encontrar reportadores com diferentes níveis de conhecimento sobre o sistema. Do ponto de vista dos desenvolvedores, um problema recorrente é a baixa qualidade do texto no relato da RM, tipicamente pela falta da informação necessária à solução. Alguns estudos mostram que a ausência de informações, tais como as etapas para reproduzir a falha e a cadeia de registros de ativação, dificultam mais o andamento do projeto do que a ocorrência de RMs duplicadas [Zimmermann et al., 2010, Bettenburg et al., 2007]. Neste sentido, as FGRMs poderiam fornecer uma funcionalidade capaz de reduzir o número de relatos de baixa qualidade através, por exemplo, de uma realimentação ao Reportador envolvendo uma estimativa da qualidade do que foi informado no relato da RM.

Benefício Gerado: Com este tipo de funcionalidade uma FGRM poderia reduzir o tempo de análise das RMs uma vez que o responsável por criá-la estaria ciente das informações necessárias à sua solução. Neste caso, o desenvolvedor seria diretamente beneficiado já que teria a sua disposição um relato mais completo. Não obstante, um trabalho adicional seria dado aos reportadores que em algumas situações devem rever as informações incluídas na RM.

Limitações: Alguns estudos sobre a melhoria da qualidade do relato da RM focam prioritariamente nas requisições que descrevem defeitos do software. Conforme discutimos na Seção 2.1.4, uma RM pode também estar relacionada com um pedido de melhoria. Uma dificuldade desta recomendação de funcionalidade é separar de forma automatizada as duas dimensões das RMs. Da mesma forma, seria importante definir padrões distintos para analisar a qualidade do relato por conta de suas diferentes características e necessidades de uma RM.

Exemplo de Utilização: Após o usuário relatar um problema ou pedido de melhoria, a ferramenta poderia avaliar o texto corresponde ao atributo *relato* da RM gerada e apresentar ao responsável realimentação sobre como a informação fornecida poderia ser melhorada, como por exemplo através da inclusão de um arquivo com o histórico de

execução do software (log). Como prova de conceito foi implementada uma extensão para uma FGRM com estas características no Capítulo 6.

5.2.2 Acesso Facilitado ao Código Fonte Incluído nas RMs

Sugestão #02: As FGRMs devem fornecer busca pelo código fonte contido no relato, comentários ou anexos das RMs.

Justificativa: As RMs permitem a inclusão de fragmentos de código fonte em seu relato ou nos comentários em diversas etapas do seu ciclo de vida. O código pode ser incluído durante a criação das RMs, nas discussões realizadas para a sua solução ou mesmo quando ela é concluída (fechada). Quando o código corresponde a uma solução então recebe o nome de *patch*. Os fragmentos de código podem ser utilizados para descrever uma falha ou apresentar uma solução candidata. Apesar de sua importância este tipo de informação não é facilmente recuperada no contexto de uso de uma FGRM. O estudo de Damevski e outros [Damevski et al., 2016], que analisa o problema da localização de funcionalidades no código fonte (feature location), ressalta a importância que a facilidade de acesso ao código fonte pode propiciar na redução do tempo de conclusão da tarefa de manutenção e no aumento da qualidade das alterações realizadas. Este é um caso particular de uma sugestão de melhoria que envolve generalizar ou especializar a interface de busca das FGRMs. Esta interface tem relação com a *Sugestão #06* porque pode ser só texto (Recuperação da Informação) ou pode envolver elementos não textuais.

Benefício Gerado: Com um fácil acesso ao código fonte um desenvolvedor pode obter exemplos de solução para RMs similares. Este tipo de funcionalidade pode ser vantajosa em comparação com a busca estruturada, presente em grande parte das FGRMs, por permitir a recuperação com base em elementos específicos da linguagem de programação utilizada pelo software que a FGRM suporta, como por exemplo classes, funções, constantes e outros.

Exemplo de Utilização: Em certas ocasiões, uma RM em análise pode ter similaridades com outras solucionadas anteriormente. A similaridade pode ser devido a afetarem o mesmo módulo do sistema, por exemplo. Um desenvolvedor poderia realizar uma busca por código fonte na RM solucionada com o objetivo de encontrar fragmentos de código que o ajudem no entendimento e solução do pedido atual.

5.2.3 Ranqueamento pela Reputação do Reportador

Sugestão #03: As FGRMs devem permitir um ranqueamento das RMs de acordo com a reputação do Reportador.

Justificativa: Um problema recorrente em diversos projetos de software é a definição da ordem que o conjunto de RMs deve ser analisado. Conforme discutido na Seção 3.3.1.3 alguns estudos vêm se dedicando em classificar as RMs sob determinados critérios. Por outro lado, é possível observar que determinados *reportadores* têm por hábito relatar pedidos que possuem um maior grau de relevância no projeto. Por exemplo, existem certos usuários cujos relatos frequentemente envolvem questões de segurança do sistema. Neste contexto, seria interessante se as FGRMs aplicassem algum tipo de métrica de relevância aos seus usuários, em especial aos reportadores. Em um segundo momento, esta mesma medida poderia ser utilizada com a finalidade de ranquear as RMs. Neste sentido, conforme a conveniência, um desenvolvedor poderia priorizar as requisições de reportadores com um maior grau de reputação.

Benefício Gerado: Uma das possíveis atividades desempenhadas pelo *Escalonador* é organizar a ordem que as RMs devem ser analisadas. Ele pode utilizar diversos critérios no exercício desta atividade, como por exemplo a prioridade do que foi relatado. Segundo a nossa proposta, o *Escalonador* pode previamente ordenar uma lista de RMs pelo grau de reputação de quem as redigiu. A partir disso, ele poderia atribuir primeiro as RMs de reportadores com maior grau de reputação. Com base nesta estratégia, é possível que RMs com maior relevância sejam analisadas primeiro. O conceito de relevância pode variar em diferentes projetos. Contudo, uma RM poderia ser classificada como relevante caso descreva um problema que afete um grande número de usuários ou represente uma falha de segurança do software. Além disso, deve ser redigida de forma clara e fornecer as informações necessárias para sua solução.

Exemplo de Utilização: Conforme descrito anteriormente, um *Escalonador* poderia ordenar uma lista de RMs pelo grau de reputação do *Reportador*. Em seguida, o *Atribuidor* daria início ao processo de distribuição das RMs analisando primeiro aquelas mais bem ranqueadas. Caso as elas sejam relevantes o profissional poderia realizar a atribuição.

5.2.4 Atalhos para filtros e classificação (*rankings*) das RMs

Sugestão #04: As FGRMs devem fornecer atalhos para filtros personalizáveis e classificações (*rankings*).

Justificativa: As RMs atribuídas a determinado desenvolvedor podem estar em diferentes estados. Existem aquelas que não foram analisadas, que estão aguardando informações adicionais ou que estejam aguardando o Analista de Qualidade, por exemplo. Em geral, conforme discutido na Seção 2.3, as FGRMs permitem visualizar a situação das RMs de um desenvolvedor mediante relatórios pré-definidos. Contudo, no levantamento mediante questionário, apresentado no Capítulo 4, identificamos que uma parte dos profissionais solicitou um acesso mais facilitado a este tipo de informação. Por exemplo, na questão em que deixamos livre ao profissional sugerir uma nova funcionalidade, obtivemos a seguinte respostas: *“The ability to clearly visualize how many tickets are at the to do, in progress, to validate or done steps.”*. Desta forma, sugerimos uma alteração nas interfaces das FGRMs de modo a fornecer acesso facilitado a filtros personalizáveis e outros tipos de classificações.

Benefício Gerado: Com um acesso mais rápido às últimas RMs analisadas o desenvolvedor poderia ter uma noção geral do trabalho desenvolvido. Este panorama poderia ajudá-lo no planejamento de suas atividades diárias.

Exemplo de Utilização: Ao acessar a FGRM o desenvolvedor tem acesso as últimas n RMs que ele analisou. Além disso, ele poderia criar filtros para acessar outras informações que julgar importante no desenvolvimento de suas atividades.

5.2.5 Suporte a Processos de Integração Contínua

Sugestão #05: As FGRMs devem fornecer suporte a Processos de Integração Contínua.

Justificativa: A solução de determinada RM pode levar a resultados não esperados em outros módulos do sistema mantido. Para tomar conhecimento dos possíveis problemas recomenda-se a avaliação do impacto da RM. A Análise de Impacto estima o que será afetado no software e na documentação relacionada caso uma mudança proposta seja feita [Arnold, 1996]. A literatura sobre RMs discute algumas soluções com o objetivo de realizar a Análise de Impacto. Alguns exemplos de trabalhos nesta linha são apresentados na Seção 3.3.1.3. Dentro das propostas feitas pelos agilistas uma das

possibilidades de reduzir os efeitos colaterais de uma mudança é periodicamente realizar a construção (*build*) do sistema. A *Integração Contínua* (IC) é a prática de construir e implantar (*deploy*) imediatamente após um desenvolvedor compromissar (*commit*) o código fonte [Aiello & Sachs, 2010]. Neste sentido, as FGRMs poderiam vincular a solução de uma RM com a execução do processo de IC. Desta forma, seria possível associar uma versão do sistema com o conjunto de RMs solucionadas até a sua geração. Este tipo de integração foi descrita como uma funcionalidade ausente nas FGRMs por alguns participantes do levantamento por questionário descrito no Capítulo 4.

Benefício Gerado: A integração de uma FGRM com processos de IC traria para as atividades de manutenção os benefícios desta prática, tais como a redução de riscos e a facilidade de encontrar e remover falhas [Fowler & Foemmel, 2006]. Além disso, segundo o nosso entendimento, o fato de associar a solução de uma RM com determinada versão de um sistema, pode minimizar problemas levantados no Mapeamento Sistemático descrito no Capítulo 3, por exemplo a Localização do Problema (Seção 3.3.1.1) e a Estimativa de Esforço da RM (Seção 3.3.1.3). Em ambos os casos é possível aproveitar a facilidade que a IC propicia em fornecer a localização de uma falha que, por exemplo, pode ter sido causada pela solução de outra RM.

Limitações: Algumas vezes a mudança de situação de uma RM para *Fechada* pode não representar a sua efetiva solução. Por exemplo, a falha descrita pode ser definida como de baixo impacto e desta maneira não ser tratada, ou ainda o conjunto de fatores que geraram o problema descrito na RM deixa de existir. Nestas situações não faz sentido que responsável por fechar a RM engatilhe um processo de Integração Contínua.

Exemplo de Utilização: Após um desenvolvedor solucionar determinada RM, mudando a sua situação para *Fechada*, por exemplo, a FGRM dispara o processo de compilação do sistema. O resultado da compilação poderia ser exibido em um painel de controle incluindo o responsável pela mudança mais recente no sistema e as compilações que resultaram em falhas. O painel poderia incluir ainda dados da RM que engatilhou o processo de compilação como por exemplo o seu número e título.

5.2.6 Suporte ao Registro do Relato além de Texto Simples

Sugestão #06: As FGRMs devem dar suporte além da especificação de texto simples.

Justificativa: Quando uma nova RM é registrada as informações mais relevantes estão no texto correspondente ao atributo *relato*. Além do problema da falta de informação no relato da RM, discutido na Seção 5.2.1, o Reportador enfrenta a dificuldade de expressar a falha ou o pedido de melhoria do software. A baixa expressividade do texto do relato pode estar relacionada com o fato que algumas ferramentas analisadas utilizam texto simples (vide Seção 2.3). A possibilidade de usar linguagens com semântica de apresentação, como por exemplo Rich Text Format - RTF¹, ou que permitam realce da sintaxe do código, poderia ajudar ao Reportador a expressar com maior qualidade a falha ou pedido de melhoria.

Benefício Gerado: Em um trabalho sobre a transcrição de materiais de estudo, Voegler e outros [Voegler et al., 2014] mostraram que o uso da linguagem Markdown pode melhorar a qualidade técnica e a acessibilidade do documento resultante. As FGRMs poderiam se apropriar destas facilidades com o objetivo de melhorar a legibilidade do texto contido na RM. É possível que com o uso deste tipo de formato, os reportadores poderiam, por exemplo, incluir no próprio relato uma parte do código fonte onde eles supõem que esteja localizada a falha.

Limitações: Em algumas situações os responsáveis por reportar uma RM possuem diferentes níveis de conhecimento sobre o sistema. Neste sentido, é possível que nem todos os reportadores consigam fazer uso de todas as facilidades oferecidas por um novo formato de texto para o relato da RM. Além disso, a utilização de uma linguagem que exija conhecimento prévio pode inibir o desejo de reportar uma RM.

Exemplo de Utilização: Conforme discutido na Seção 2.3, algumas FGRMs permitem a utilização de linguagens com semântica de apresentação no processo de relato. No Github, o módulo para a criação de uma RM, (*issue* no contexto da plataforma), permite o uso da linguagem Markdown como um dos formatos disponíveis.

5.2.7 Classificação Automática pela Urgência da RM

Sugestão #07: As FGRMs devem fornecer uma classificação automática em termos da urgência da RM.

Justificativa: Conforme discutido na Seção 5.2.3 a escolha das RMs que serão analisadas é um desafio para as equipes de manutenção. Em determinados contextos, certas

¹[https://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa140280\(office.10\).aspx](https://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa140280(office.10).aspx)

equipes estão adotando práticas propostas pelos agilistas em suas rotinas de manutenção de software [Svensson & Host, 2005b]. Nestes ambientes, um dos problemas existente é que as iterações (*sprint*) estão sujeitas a interrupções por demandas urgentes de clientes [Bennett & Rajlich, 2000]. Uma possível solução é a utilização de uma reserva de tempo (*buffer*) que não é alocada no planejamento da iteração de modo a atender eventuais demandas não esperadas [Schwaber & Beedle, 2002]. Para apresentação da solução proposta ainda é necessário definir quais RMs devem ser priorizadas durante a iteração, o que geralmente é realizado manualmente. As FGRMs poderiam dar suporte à priorização automática de RMs urgentes.

Benefício Gerado: Ao realizarmos a priorização automática estamos reduzindo o esforço desempenhado por alguns membros da equipe de manutenção, em especial pelo *Escalonador*. No caso em que as RMs forem corretamente classificadas como urgentes, elas poderão ser solucionadas em um prazo mais curto. Para as equipes que organizam as suas atividades em iterações (*sprints*) pode ocorrer a redução de iterações interrompidas o que pode evitar algum tipo de frustração e desmotivação com relação ao planejamento e objetivos da iteração.

Limitações: A priorização automática pode ser vista como um problema de *Classificação de RM*, conforme discutido na Seção 3.3.1.3. Em geral, são utilizadas técnicas de Mineração de Dados com o objetivo de classificar uma RM, o que possui diversas limitações. Neste sentido, o uso de técnicas supervisionadas, ou seja, com suporte de membros da equipe de manutenção, pode ajudar na melhoria dos resultados.

Exemplo de Utilização: Após uma nova RM ser criada, a FGRM dispara um processo para determinar se ela deve ser classificada como urgente conforme critérios previamente definidos. Caso positivo, a ferramenta realiza a priorização da RM através, por exemplo, da atribuição automatizada para um desenvolvedor disponível.

5.2.8 Suporte à tarefas compartilhadas

Sugestão #08: As FGRMs devem suportar tarefas compartilhadas, permitindo o trabalho colaborativo.

Justificativa: Dentro do que é proposto pelos agilistas, o compartilhamento de código é visto como uma boa prática [Meyer, 2014]. Por outro lado, mantenedores tendem a se tornarem especialistas nos sistemas que são responsáveis [Singer, 1998]. A propriedade compartilhada de tarefas permite que a carga de trabalho seja distribuída

de forma mais flexível, permitindo que os desenvolvedores sejam capazes de ajudar uns aos outros. No contexto das FGRMs, as tarefas compartilhadas poderiam ser representadas com a “propriedade” de uma RM por dois ou mais desenvolvedores. A literatura sobre o tema apresenta uma abordagem semelhante em que os autores construíram uma comunidade de desenvolvedores baseada nos comentários realizados nas RMs [Banitaan & Alenezi, 2013]. Cada RM criada era atribuída para uma comunidade. Os resultados mostraram que a abordagem atingiu uma precisão razoável de atribuição de RMs, além de construir um conjunto de desenvolvedores com experiência em solucionar determinadas RMs.

Benefício Gerado: A atribuição de uma RM a mais de um desenvolvedor flexibiliza a carga de trabalho e pode aumentar a moral da equipe. Em algumas situações os desenvolvedores deixam de ser especialistas em determinados sistemas para se tornarem generalistas, trabalhando com outros projetos. Esses benefícios são discutidos na literatura sobre o desenvolvimento e a manutenção que adotam as práticas propostas pelos agilistas [Dybå & Dingsøyr, 2008, Rudzki et al., 2009].

Limitações: Uma funcionalidade com suporte ao compartilhamento de tarefas tem os mesmos desafios e problemas do processo de atribuição automatizada de RMs, conforme discutido na Seção 3.3.1.3. Além disso, a RM deve permitir a divisão atômica de tarefas de modo que cada atividade fique com um único desenvolvedor o que nem sempre é possível.

Exemplo de Utilização: Quando uma nova RM é criada um processo automatizado define dois ou mais desenvolvedores como responsáveis. Posteriormente, a RM pode ser dividida em tarefas que serão compartilhadas entre os desenvolvedores.

5.3 Avaliação das Melhorias Propostas

Este capítulo apresentou um conjunto de sugestões que foram construídas tomando como base a literatura da área e os levantamentos desta dissertação. Com o objetivo de avaliar a relevância e o grau de facilidade de implementação das recomendações propostas, conduzimos um levantamento mediante questionário com profissionais que contribuem em projetos de código aberto hospedados no Github que possuem relação com o desenvolvimento de FGRMs. O processo de seleção dos participantes, o desenho do questionário e como foi realizada a aplicação estão descritos a seguir.

5.3.1 Seleção dos Participantes

O público-alvo deste questionário é o conjunto de profissionais que estejam ligados ao processo de desenvolvimento e manutenção de algum projeto de FGRMs. Esta escolha se deu em função de envolver a avaliação da relevância das sugestões propostas e verificar a viabilidade de implementação do que foi recomendado. Tivemos que nos conformar com uma amostra composta por profissionais que atuam como *contribuidores* em projetos de código aberto hospedados no Github. Com cerca de 38 milhões de repositórios², o Github é atualmente o maior repositório de código na Internet. Sua popularidade e a disponibilidade de metadados, acessíveis através de uma API, têm tornado Github bastante atrativo para a realização de pesquisas na área de Engenharia de Software.

A seleção dos participantes iniciou com a escolha dos projetos através da interface de busca avançada oferecida pela plataforma Github. Ela permite recuperar projetos utilizando critérios tais como data de criação, linguagem utilizada no desenvolvimento e proprietário do repositório, dentre outros. O fato de utilizarmos apenas o Github como a única fonte para seleção de participantes implica em certas ameaças à validade do estudo que são discutidas na Seção 5.6. Os critérios de seleção dos projetos inclui os seguintes requisitos:

- Os projetos devem representar o desenvolvimento de uma FGRM.
- Os projetos devem ter no mínimo seis meses de desenvolvimento, para evitar aqueles que não tenham passado por um tempo de manutenção relevante.
- Os projetos devem ter no mínimo 200 revisões (commits) pelos mesmos motivos da restrição anterior.
- Os projetos obtidos devem estar entre os 50 mais populares que atendam aos demais critérios e estejam entre os melhores classificados pela ordenação via a opção “most stars”, que representa o número de usuário do Github que mostraram apreciação sobre o trabalho desenvolvido no repositório.

Após aplicação destes critérios descritos obtivemos os projetos retratados no Apêndice G. Com base nos projetos selecionados ficou definido que a amostra a ser utilizada no levantamento seriam os respectivos contribuidores. Um contribuidor é alguém que participa efetivamente do desenvolvimento de um projeto, tendo o privilégio

²Disponível em <https://github.com/features>. Acesso em junho/2016. Uma definição do conceito de repositório no contexto da plataforma Github é realizada no Capítulo 6

de acesso para alterar o código fonte. A solicitação de participação foi realizada por meio de correio eletrônico. O atributo foi coletado de forma automatizada apenas dos usuários da plataforma que disponibilizam esta informação como pública, de modo a preservar a privacidade dos contribuidores. A Figura 5.1 exibe uma página do projeto com seus respectivos colaboradores.

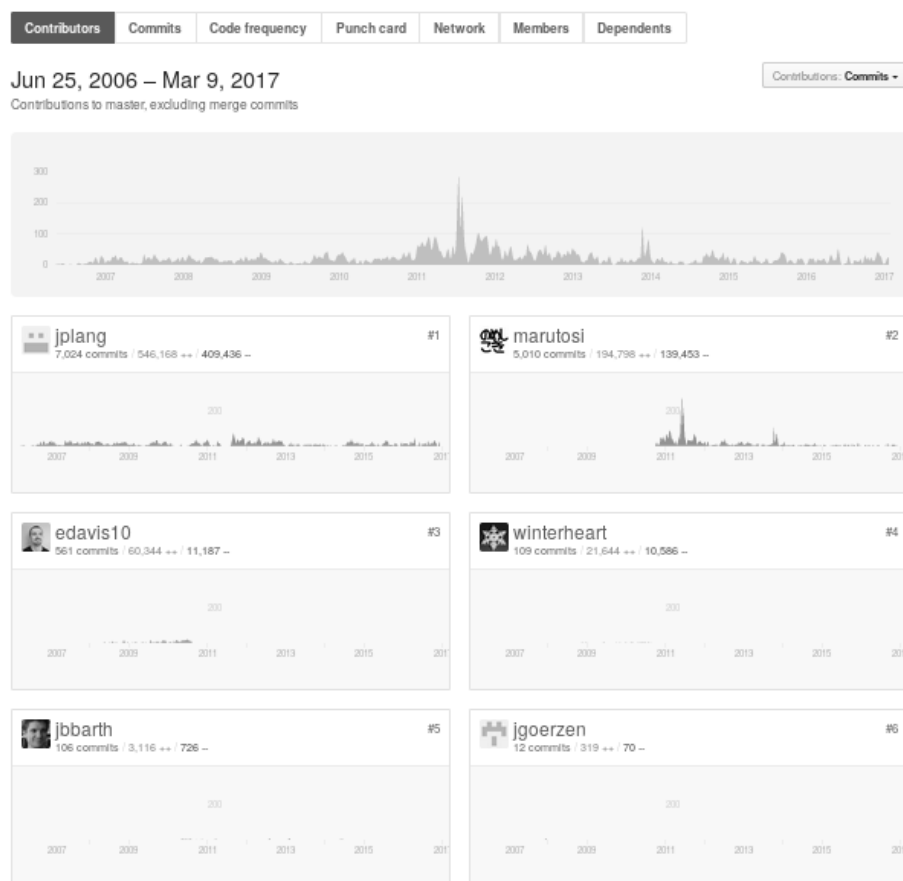


Figura 5.1. Lista de contribuidores do projeto Redmine

5.3.2 Desenho do Questionário

A fim de coletar a opinião dos participantes foi utilizado um questionário eletrônico. O formulário foi desenhado com a premissa de ser respondido em um prazo curto, de preferência entre 5 e 10 minutos. Neste sentido, as perguntas foram organizadas em dois grupos principais. As questões do primeiro grupo têm por objetivo coletar a opinião dos profissionais sobre a relevância da recomendação proposta e o grau de dificuldade em implementá-la. As perguntas foram estruturadas de maneira a permitir respostas na forma de uma escala de Likert em que o respondente deveria fornecer o seu nível

de concordância para as declarações que lhe foram apresentadas. No segundo grupo estamos interessados na formação dos profissionais. Optamos por definir algumas das questões como não obrigatórias por entendermos que a impossibilidade ou falta de interesse em responder determinada pergunta não deveria impedir o participante de enviar os dados de outras questões respondidas. A versão final do questionário está Apêndice H.

5.3.3 Processo de Aplicação

O questionário foi encaminhado via correio eletrônico. O endereço foi coletado diretamente do projeto hospedado no Github. O pedido de participação foi enviado para um total de 121 contribuidores no período de 28/04/2017 a 01/05/2017. A mensagem enviada pode ser visualizada no Apêndice I.

O processo de envio consistia ainda de uma segunda mensagem de “lembrete” após dois dias. Esta estratégia foi adotada com base em estudos que discutem os resultados de que o reenvio pode ser um dos fatores que aumenta a taxa de participação em levantamentos por questionários realizados através da web [Fan & Yan, 2010].

5.4 Resultados da Avaliação das Sugestões de Melhorias

Após o envio do formulário aos participantes obtivemos um total de 29 respostas. Como algumas das questões do formulário não eram de preenchimento obrigatório é possível encontrar resultados que não totalizem 29 participações. O nível de participação foi similar ao observado em outros estudo em Engenharia de Software que utilizam o levantamento por questionário como método de coleta de dados [Fan & Yan, 2010]. Nas próximas seções apresentamos o perfil dos participantes, a relevância das sugestões propostas e o grau de facilidade de implementação das mesmas.

5.4.1 Perfil dos Participantes

No levantamento realizado incluímos uma questão sobre qual sistema o desenvolvedor contribui. A Tabela 5.1 exibe o nome dos projetos que tiveram contribuidores que preencheram o nosso formulário. Verificamos nas primeiras posições ferramentas tradicionais como Mantis, Trac e Debbugs. As FGRMs que tiveram menos de duas participações foram agrupados sob o termo “OUTROS”.

| Projeto | Participantes |
|----------|---------------|
| DEBBUGS | 4 |
| MANTISBT | 4 |
| TRAC | 4 |
| FOSSIL | 3 |
| BUGZILLA | 2 |
| REDMINE | 2 |
| OUTROS | 6 |

Tabela 5.1. Projetos que os participantes contribuem.

Com relação à função desempenhada mais da metade dos participantes são desenvolvedores (53%). O segundo grupo de função com maior frequência são aqueles ligados ao gerenciamento de equipes (Gerentes de Projetos, *Chief Technical Officer* e etc.). Verificamos ainda a participação de Engenheiros e Arquitetos de Software. Sobre o tempo de experiência, cerca de 13 participantes têm entre dez e vinte anos de experiência. A maior parte desempenha suas atividades em equipes com 2 a 5 pessoas ou com mais do 10 membros. Quando questionamos sobre qual o tipo de atividade desempenhada pelo participante, cerca de 25 deles trabalham com desenvolvimento ou manutenção de software.

5.4.2 Relevância das Sugestões

As sugestões de melhorias foram apresentadas aos participantes e eles respondiam se achavam as sugestões pertinentes mediante uma escala do tipo Likert. A Tabela 5.2 apresenta a frequência e o percentual de escolha para cada sugestão de melhoria. A Figura 5.2 exibe o nível de aceitação das sugestões propostas. Em uma primeira análise verificamos que a maioria das recomendações tiveram uma avaliação positiva dos participantes (Concordo ou Concordo Fortemente). A exceção foi para a Sugestão #3 - *As FGRMs devem permitir um ranqueamento das RMs de acordo com a reputação do Reportador* que trata da possibilidade de ordenar as RMs a serem analisadas pela reputação do Reportador. Por outro lado, as Sugestões #6 - *As FGRMs devem dar suporte além da especificação de texto simples* e #8 - *As FGRMs devem suportar tarefas compartilhadas, permitindo o trabalho colaborativo* tiveram uma boa aceitação dos participantes.

Para avaliar quais sugestões tiveram maior aceitação definimos um ranqueamento. O ordenamento consistiu em aplicar pesos para cada item da escala de Likert conforme a Tabela 5.3. O valor é obtido multiplicando a frequência de determinado item da escala pelo seu respectivo peso. A Tabela 5.2 exibe as recomendações ordenadas pelo

| Sugestão | Discordo Fortemente | Discordo | Não concordo e nem discordo | Concordo | Concordo Fortemente |
|-------------|---------------------|-----------|-----------------------------|------------|---------------------|
| Sugestão #1 | 1 (3,4%) | 3 (10,3%) | 10 (34,5%) | 13 (44,9%) | 2 (6,9%) |
| Sugestão #2 | 0 (0,0%) | 2 (6,9%) | 7 (24,1%) | 13 (44,9%) | 7 (24,1%) |
| Sugestão #3 | 3 (10,3%) | 9 (31,0%) | 13 (44,9%) | 2 (6,9%) | 2 (6,9%) |
| Sugestão #4 | 0 (0,0%) | 1 (3,4%) | 6 (20,7%) | 12 (41,4%) | 10 (34,5%) |
| Sugestão #5 | 1 (3,4%) | 0 (0,0%) | 5 (17,2%) | 10 (34,5%) | 13 (44,9%) |
| Sugestão #6 | 0 (0,0%) | 1 (3,4%) | 2 (6,9%) | 6 (20,7%) | 20 (69,0%) |
| Sugestão #7 | 1 (3,4%) | 5 (17,2%) | 8 (27,7%) | 6 (20,7%) | 9 (31,0%) |
| Sugestão #8 | 0 (0,0%) | 1 (3,4%) | 1 (3,4%) | 15 (51,7%) | 12 (41,4%) |

Tabela 5.2. Frequência e percentual das respostas sobre a relevância das sugestões de melhorias

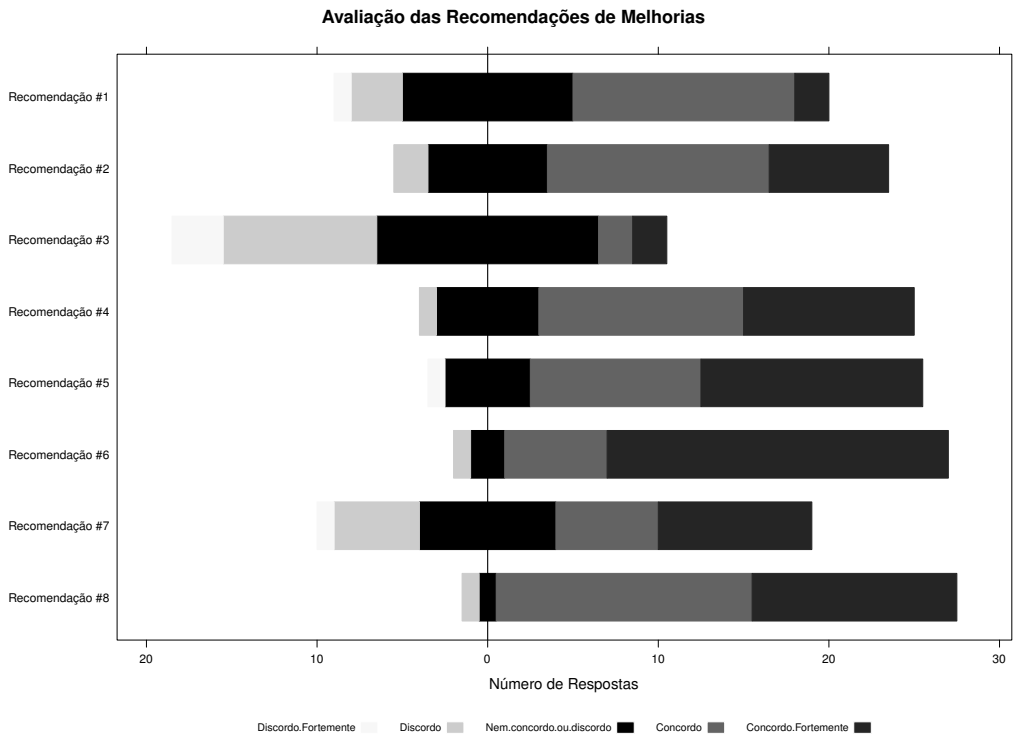


Figura 5.2. Avaliação das Sugestões de Melhorias

nível de aceitação dos participantes, conforme o valor atribuído a cada opção da escala. É possível visualizar o número de respostas que cada item recebeu.

| Item da Escala | Peso |
|--------------------------|------|
| Discordo Fortemente | -2 |
| Discordo | -1 |
| Nem concordo ou discordo | 0 |
| Concordo | 1 |
| Concordo Fortemente | 2 |

Tabela 5.3. Pesos utilizados para ordenar as sugestões propostas.

Com base na Tabela 5.4 verificamos que recomendações que sobressaíram: utilização nas FGRMs de uma linguagem além do texto simples para redigir uma RM

(#3), suporte à tarefas colaborativas (#8) e incorporação de processos de Integração Contínua (#5). Por outro lado as sugestões de diferenciar as RMs pela reputação do Reportador (#3) e avaliar a qualidade do relato (#1) não foram avaliadas como as mais relevantes pelos participantes. É importante notar que as recomendações que ficaram nas últimas posições tiveram a opção “Não concordo nem discordo” selecionadas com maior frequência.

| Sugestão | Discordo Fortemente | Discordo | Não concordo e nem discordo | Concordo | Concordo Fortemente | Ranking |
|--------------------|---------------------|----------|-----------------------------|----------|---------------------|---------|
| <i>Sugestão #6</i> | 0 | 1 | 2 | 6 | 20 | 45 |
| <i>Sugestão #8</i> | 0 | 1 | 1 | 15 | 12 | 38 |
| <i>Sugestão #5</i> | 1 | 0 | 5 | 10 | 13 | 34 |
| <i>Sugestão #4</i> | 0 | 1 | 6 | 12 | 10 | 31 |
| <i>Sugestão #2</i> | 0 | 2 | 7 | 13 | 7 | 25 |
| <i>Sugestão #7</i> | 1 | 5 | 8 | 6 | 9 | 17 |
| <i>Sugestão #1</i> | 1 | 3 | 10 | 13 | 2 | 12 |
| <i>Sugestão #3</i> | 3 | 9 | 13 | 2 | 2 | -9 |

Tabela 5.4. Ranking das sugestões propostas

5.4.3 Implementação das Sugestões

Neste etapa do estudo estávamos interessados em avaliar o nível de dificuldade para implementar as sugestões propostas. A frequência e o percentual das respostas para cada sugestão de melhoria estão disponíveis na Tabela 5.5 e podem ser visualizados na Figura 5.3

| Sugestão | Discordo Fortemente | Discordo | Não concordo e nem discordo | Concordo | Concordo Fortemente |
|--------------------|---------------------|-----------|-----------------------------|------------|---------------------|
| <i>Sugestão #1</i> | 1 (3,4%) | 3 (10,3%) | 10 (34,5%) | 13 (44,9%) | 2 (6,9%) |
| <i>Sugestão #2</i> | 0 (0,0%) | 2 (6,9%) | 7 (24,1%) | 13 (44,9%) | 7 (24,1%) |
| <i>Sugestão #3</i> | 3 (10,3%) | 9 (31,0%) | 13 (44,9%) | 2 (6,9%) | 2 (6,9%) |
| <i>Sugestão #4</i> | 0 (0,0%) | 1 (3,4%) | 6 (20,7%) | 12 (41,4%) | 10 (34,5%) |
| <i>Sugestão #5</i> | 1 (3,4%) | 0 (0,0%) | 5 (17,2%) | 10 (34,5%) | 13 (44,9%) |
| <i>Sugestão #6</i> | 0 (0,0%) | 1 (3,4%) | 2 (6,9%) | 6 (20,7%) | 20 (69,0%) |
| <i>Sugestão #7</i> | 1 (3,4%) | 5 (17,2%) | 8 (27,7%) | 6 (20,7%) | 9 (31,0%) |
| <i>Sugestão #8</i> | 0 (0,0%) | 1 (3,4%) | 1 (3,4%) | 15 (51,8%) | 12 (41,4%) |

Tabela 5.5. Frequência e percentual das respostas sobre a dificuldade de implementação das sugestões de melhoria

As sugestões foram ordenadas pelo grau de dificuldade de implementação. Utilizamos um mecanismo similar ao descrito na Seção 5.4.2 em que o valor é obtido multiplicando a frequência de um item da escala por um peso previamente definido. Os pesos estão apresentados na Tabela 5.6.

Foram consideradas ser de fácil implementação: o suporte do relato de uma RM além do texto simples (#6), a criação de atalhos e filtros personalizáveis (#4) e o ranqueamento das RMs pela reputação do Reportador (#3). Segundo os participantes

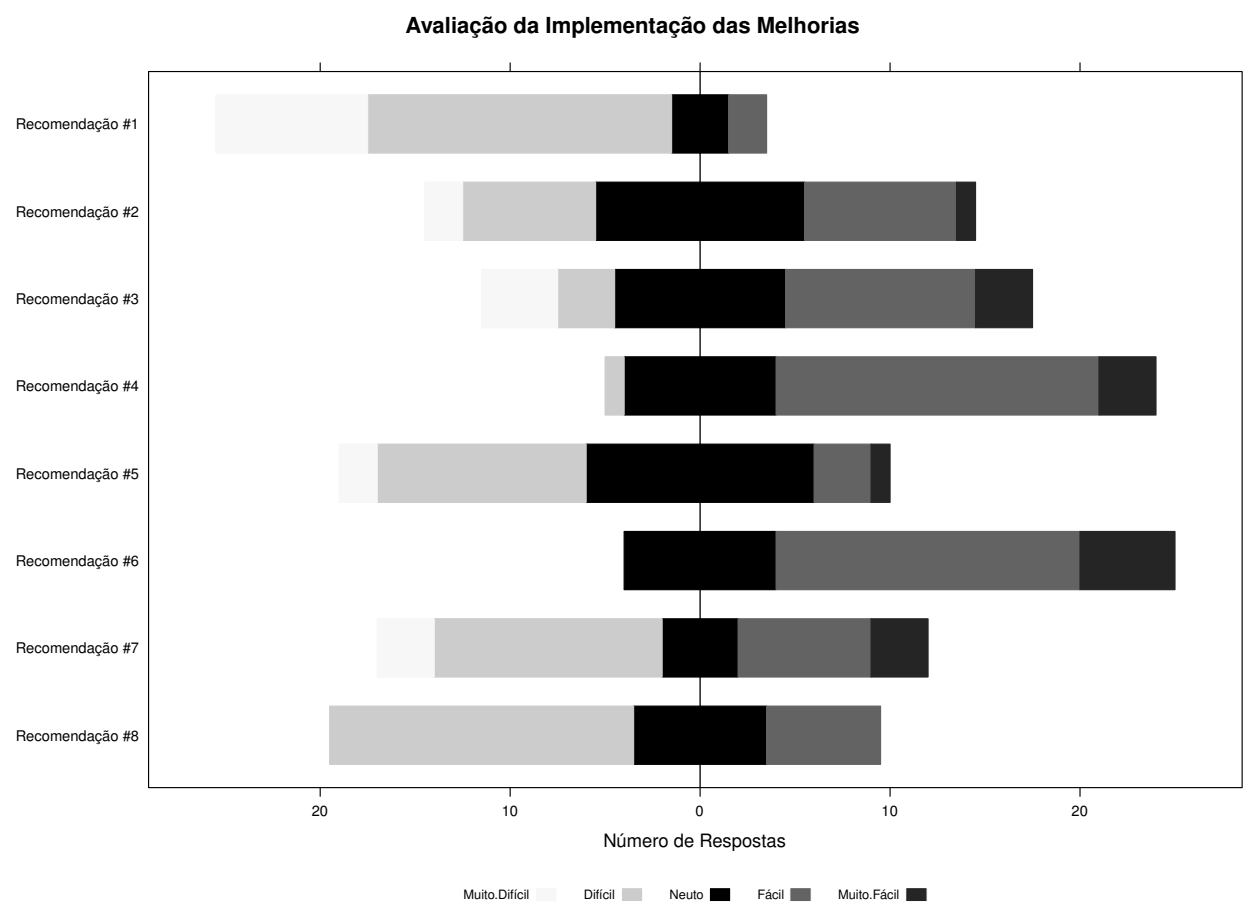


Figura 5.3. Avaliação sobre a implementação das sugestões propostas.

| Item da Escala | Peso |
|----------------|------|
| Muito Dificil | -2 |
| Difícil | -1 |
| Neutro | 0 |
| Fácil | 1 |
| Muito Fácil | 2 |

Tabela 5.6. Pesos utilizados no ranqueamento das sugestões de melhorias

funções como o suporte a tarefas compartilhadas (#8) e análise da qualidade do relato (#1) foram consideradas de um maior grau de dificuldade de implementação. O fato interessante é que a Sugestão #3 foi considerada como uma das mais fáceis de implementar, entretanto, está entre aquelas que tiveram menor aceite entre os participantes. Este fato pode sugerir que sua possível rejeição não estaria ligada à sua complexidade de desenvolvimento, mas a fatores como não haver interesse em classificar aqueles que reportam uma RM. Contudo, para comprovarmos este tipo de hipótese seria necessário conduzir um novo tipo de estudo com os participantes, como por exemplo uma entrevista em questões deste tipo poderiam ser melhor esclarecidas.

| Recomendações | Muito Difícil | Difícil | Neutro | Fácil | Muito Fácil | Ranking |
|---------------|---------------|---------|--------|-------|-------------|---------|
| Sugestão #6 | 0 | 0 | 8 | 16 | 5 | 26 |
| Sugestão #4 | 0 | 1 | 8 | 17 | 3 | 22 |
| Sugestão #3 | 4 | 3 | 9 | 10 | 3 | 5 |
| Sugestão #2 | 2 | 7 | 11 | 8 | 1 | -1 |
| Sugestão #7 | 3 | 12 | 4 | 7 | 3 | -5 |
| Sugestão #5 | 2 | 11 | 12 | 3 | 1 | -10 |
| Sugestão #8 | 0 | 16 | 7 | 6 | 0 | -10 |
| Sugestão #1 | 8 | 16 | 3 | 2 | 0 | -30 |

Tabela 5.7. Ordenamento das sugestões pelo grau de dificuldade.

5.5 Discussão

Em geral podemos considerar que as sugestões propostas tiveram uma boa aceitação dos participantes. Em média 32% dos participantes avaliaram as recomendações “Concordo” ou “Concordo Fortemente”. Além disso, por volta de 22% em média selecionaram a opção “Nem concordo ou discordo”. Uma questão a ser futuramente investigada é se as respostas poderiam ser alteradas para uma visão mais positiva, como por exemplo “Concordo” ou “Concordo Fortemente”, caso fossem fornecidos mais detalhes aos participantes. Com este objetivo um estudo do tipo entrevista poderia ser conduzido.

Com relação às recomendações propostas, verificamos que a utilização de uma linguagem além do texto simples, como por exemplo o Markdown, foi muito bem aceita. Este tipo de sugestão tem como principal objetivo aumentar o poder de expressão do relato, tal como a possibilidade do destaque da sintaxe do código fonte. Conforme pode ser observado na Seção 2.3 trata-se de uma funcionalidade encontrada em uma das FGRMs analisadas. Entretanto, o nosso resultado demonstra, com base na amostra utilizada, que deveria ser estendida para outras ferramentas.

O suporte a tarefas compartilhadas (sugestão #8) também foi muito bem aceito. Esta recomendação surgiu das tentativas de implantação das propostas dos agilistas [Svensson & Host, 2005b]. A sugestão defende que uma determinada RM não tenha um único “dono”, mas que a responsabilidade seja dividida entre dois ou mais membros da equipe. Esta divisão de tarefas pode resultar na melhoria da distribuição do conhecimento entre a equipe. A prevalência deste tipo de funcionalidade pode estar relacionada com o desejo das equipes de manutenção de utilizar algumas das práticas dos agilistas. Seria necessário um aprofundamento da opinião dos participantes para confirmarmos esta hipótese. Apesar da sua popularidade entre os participantes, esta sugestão ficou entre aquelas com maior grau de dificuldade de implementação.

Por outro lado, as sugestões que têm algum tipo de relação com a interface das FGRMs (sugestões #6, #4, e #2) foram consideradas como mais “fáceis” de implementar com mais frequência. Entretanto, a sugestão sobre a qualidade do relato (#1) ficou entre aquelas com maior grau de dificuldade. Esta classificação pode ser decorrente do caráter subjetivo que a qualidade do relato pode ter. Em cada projeto a qualidade do relato pode ter características distintas o que pode dificultar o seu suporte.

5.6 Ameaças à Validade

Para avaliarmos as sugestões propostas nos conformamos em empregar uma amostra que se caracteriza como de conveniência, apresentando os vícios desse tipo de amostragem. Apesar da taxa de resposta estar dentro da faixa observada na literatura, o total de participantes não nos permite extrapolar os resultados para todos os contextos em que as FGRMs estão inseridas. Adicionalmente, os critérios utilizados para seleção, como por exemplo, seis meses de desenvolvimento ou ter no mínimo duzentas revisões, não nos permite afirmar que foram escolhidos os projetos mais representativos para o nosso público-alvo. A utilização de apenas projetos públicos hospedados no Github pode ter causado algum tipo de direcionamento, por exemplo, o foco em projetos de código aberto.

A estrutura das perguntas do formulário pode ter causado impacto na quantidade de respostas ou na opção escolhida pelos participantes. Esta situação pode ter ocorrido especialmente quando apresentamos as sugestões. No caso de escrevermos de maneira extensa a explicação corremos o risco do respondente desistir do item. Por outro lado, se o texto for escrito de forma “concisa” corremos o risco de ficar vago, o que pode ter impacto nas respostas. Uma boa opção talvez fosse uma descrição concisa associada com uma explicação detalhada. A opção por apenas uma descrição concisa pode ter

feito a pesquisa ficar superficial.

No espaço destinado a comentários do formulário enviado aos participantes, verificamos que um deles citou que seria possível que as sugestões propostas podem ter funcionalidades similares em outras FGRMs. Acreditávamos que a escolha destas 08 sugestões envolveria as principais melhorias para as funcionalidades das FGRMs, mas existia a possibilidade de alguma sugestão existir de forma parcial ou completa em determinada ferramenta. A condução da avaliação das sugestões melhorias foi realizada também para identificar este tipo de situação.

5.7 Resumo do Capítulo

O objetivo do levantamento foi avaliar as sugestões de melhorias de funcionalidades das FGRMs. A avaliação foi realizada com base na opinião de desenvolvedores que contribuem para projetos de código aberto deste tipo de software. Em geral, as sugestões de melhorias foram bem avaliadas. Das 8 sugestões propostas 5 foram avaliadas de forma positiva (“Concordo” ou “Concordo Fortemente”). Quanto à dificuldade de implementação, metade delas foi considerada de fácil implementação. No próximo capítulo discutimos aspectos de implementação da Sugestão #1 na plataforma Github.

Capítulo 6

Implementação de uma Extensão para FGFRM

6.1 Introdução

Neste capítulo complementamos a contribuição do Capítulo 5 com a discussão de aspectos de implementação da Sugestão #1-*As FGFRMs devem fornecer realimentação (feedback) relacionada à qualidade do texto relatado* na plataforma Github. A escolha da Sugestão #1 e da plataforma Github envolve mais aspectos de conveniência do que algum tipo de decisão formal.

6.2 Qualidade do Relato de uma RM

É possível considerar que as informações mais relevantes estejam no relato de uma RM, que é o atributo que representa o texto redigido pelo *Reportador*. Sabemos que o ato de relatar uma RM pode ser realizado por um usuário do software ou por um membro da equipe de desenvolvimento ou manutenção. Por esta razão, podemos encontrar reportadores com diferentes níveis de conhecimento sobre o sistema. Em determinados contextos, este tipo de situação pode resultar na baixa qualidade no relato de uma RM, por exemplo, a falta da informação necessária para sua solução.

A literatura discute que a baixa qualidade do relato prejudicam o andamento do projeto mais do que RMs duplicadas [Bettenburg et al., 2007]. No estudo realizado por Zimmermann e outros [Zimmermann et al., 2010] foi desenvolvido um levantamento com questionário entre desenvolvedores e usuários de três projetos de código

aberto^{1,2,3}. O objetivo era coletar informação de modo a verificar o que produziria um bom relato. Os resultados demonstraram que, do ponto de vista dos desenvolvedores, são consideradas informações úteis para estar no relato de uma RM:

- a sequência de ações executadas até o aparecimento da falha, também conhecida como *etapas para reproduzir*;
- a cadeia de registros de ativação (*stack traces*) que corresponde à descrição das chamadas de funções ou métodos que ocorreram antes do aparecimento da falha.

No estudo proposto por Zimmermann e outros [Zimmermann et al., 2009] é discutida a importância de que a informação descrita em uma RM seja relevante e completa a fim de que o problema relatado seja resolvido rapidamente. Contudo, na prática, a informação apenas chega ao desenvolvedor com a qualidade requerida após diversas interações com o usuário afetado. Com o objetivo de minimizar este problema os autores propõem um conjunto de diretrizes para a construção de uma extensão capaz de reunir informações relevantes a partir do usuário além de identificar arquivos que precisam ser corrigidos para resolver o defeito.

Conforme exposto, a utilização de uma extensão que suporte a melhoria da qualidade do relato pode resultar nas seguintes vantagens: redução no tempo necessário para análise do que foi solicitado na RM; facilidade na identificação de RMs duplicadas; melhor disciplina dos reportadores sobre a boa prática de fornecer um relato com maior qualidade. Estas vantagens têm impacto no custo e qualidade do software produzido.

6.3 Extensão de Suporte à Qualidade do Relato

Considerando as vantagens de analisar a qualidade do relato de uma RM, desenvolvemos uma extensão para o módulo de gerenciamento de RMs da plataforma Github⁴. De uma maneira geral, a extensão proposta realiza a análise do relato contido em uma RM e com base nele gera uma realimentação contendo “dicas” com ações que podem melhorar a qualidade da informação prestada. Nas próximas seções apresentamos com mais detalhes o desenho e o funcionamento da extensão proposta.

¹Apache (<http://www.apache.org/>)

²Eclipse (<https://www.eclipse.org>)

³Mozilla (<https://www.mozilla.org>)

⁴<https://guides.github.com/features/issues/>

6.3.1 Desenho da Extensão

O objetivo da extensão é analisar de maneira automatizada a qualidade do relato de uma *RM* em repositórios do GitHub. No contexto da extensão proposta, o elemento correspondente ao conceito de uma *RM* nesta dissertação representa o elemento *issue* no âmbito da plataforma Github. Um Repositório é o elemento mais básico do GitHub e contém os arquivos do projeto (incluindo documentação) e armazena o histórico de revisões de cada arquivo⁵. A execução da extensão resulta em um conjunto de dicas para o responsável por redigir a *RM* com o intuito de melhorar a qualidade da informação fornecida no relato, por esta razão recebeu o nome de *IssueQuality*.

6.3.1.1 Visão Geral

A extensão proposta pode ser vista como um cliente para API do Github⁶ que possibilita analisar a qualidade da informação fornecida no relato. Uma visão geral sobre o funcionamento da *IssueQuality* pode ser visualizada na Figura 6.1. A partir de uma lista pré-definida de repositórios (1) a extensão solicita, através da API do Github (2), o conjunto de *RMs* que estão com a situação “aberta” (etapas 3 e 4). Para cada uma das *RMs* recebidas, a ferramenta cria um comentário por meio da API (5) que é registrado e armazenado no repositório de *RMs* do Github (etapas 6 e 7). A partir do comentário gerado o próprio Github se encarrega de notificar (8) o responsável por relatar a *RM* (9). A partir desta notificação espera-se que o responsável inclua a informação solicitada através, por exemplo, da criação de um comentário ou a inclusão de um anexo.

Para gerar o comentário descrito anteriormente, a extensão avalia alguns atributos do texto que compõe o relato da *RM*. Os detalhes de como estes atributos são analisados e o comentário construído quando certos limiares não são atingidos estão descritos na próxima seção.

6.3.1.2 Análise da Qualidade do Relato

Para cada *RM* analisada a extensão cria um *vetor de características* que armazena uma pontuação para cada atributo do texto que será analisado. A análise dos atributos utiliza da sintaxe da linguagem de marcação Markdown⁷, que é o padrão para as *RMs* dos repositórios no GitHub.

⁵<https://help.github.com/articles/github-glossary/>

⁶<https://api.github.com/>

⁷<https://help.github.com/categories/writing-on-github/>



Figura 6.1. Visão geral do funcionamento da extensão *IssueQuality*

Conforme descrito, o resultado da análise feita pela extensão é uma realimentação na forma de um comentário que é criado na RM. O comentário é composto de três partes: *cabeçalho*, *corpo* e *dicas*. O cabeçalho apresenta um texto padrão que é personalizado com o nome do usuário no Github. Ao utilizarmos a sintaxe *[Github login]* o próprio Github se encarrega de enviar um e-mail notificando o usuário sobre o comentário. A Figura 6.2 exhibe o cabeçalho padrão incluídos nos comentários.

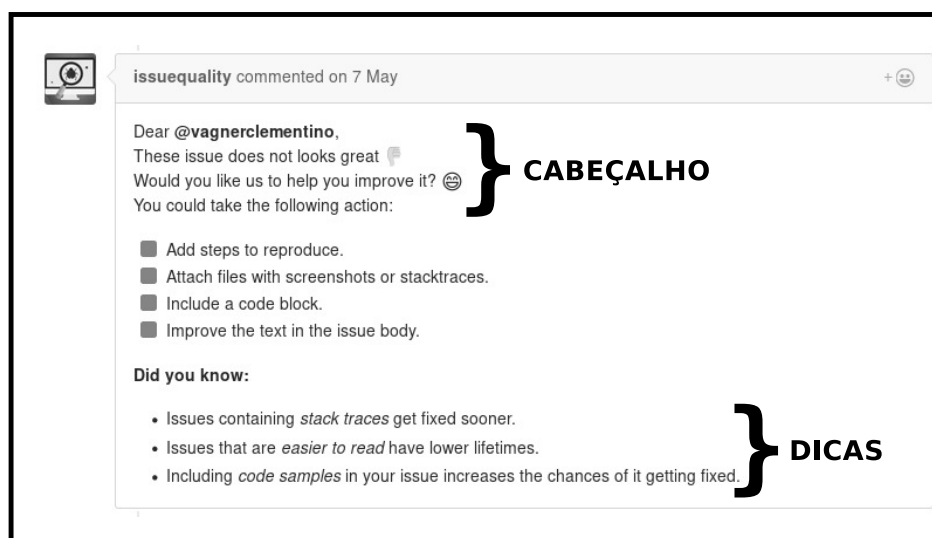


Figura 6.2. Comentário produzido pela extensão *IssueQuality* com os cabeçalhos e dicas padrões.

Ao final do comentário é incluído um conjunto de dicas com objetivo de reforçar os

benefícios que a melhoria da qualidade do relato pode ter na solução da RM correspondente, como por exemplo dizendo: “*as RMs que são mais fáceis de serem lidas possuem um tempo de solução menor*”. Estas dicas foram obtidas com base na literatura sobre melhoria da qualidade do relato, especialmente nos trabalhos de Zimmermann e Bettenburg [Bettenburg et al., 2007, Zimmermann et al., 2010]. Na Figura 6.2 é possível visualizar como algumas dicas são apresentadas.

O corpo é a parte dinâmica do comentário. Ele é construído incluindo fragmentos de texto quando certos critérios de aceitação não foram atendidos. Por exemplo, caso não seja detectada a presença de “*etapas para reproduzir*” no relato de uma RM o seguinte fragmento de texto é incluído no corpo do comentário: “*Add steps to reproduce*”. Os atributos avaliados e os critérios de aceitação estão descritos na Tabela 6.1.

| Atributo | Critério de Aceitação |
|---------------------------------|---|
| Completeness de Palavras-chaves | Existência de uma lista representando as etapas executadas até ocorrência do erro. |
| Arquivos Anexados | Pelo menos um arquivo anexado a RM |
| Fragmentos de Código | Existência de pelo menos um fragmento de código no relato da RM. |
| Completeness do Texto | As palavras que compõem o relato da RM devem fazer parte de pelo menos duas categorias. |
| Legibilidade do Texto | Dois testes de legibilidade apresentarem valores acima dos limites. |

Tabela 6.1. Critérios de aceitação e forma de análise utilizados na análise de qualidade do relato.

O corpo do comentário é produzido com análise dos seguintes atributos do relato da RM: *Etapas para Reproduzir*, *Arquivos Anexados*, *Fragmentos de Código*, *Completeness do Texto* e *Legibilidade do Texto*. Estes atributos foram baseados no estudo realizado por Zimmermann e outros [Zimmermann et al., 2010]. A seguir apresentamos os detalhes de como cada atributo é avaliado.

Etapas para Reproduzir: Verifica se o reportador incluiu uma lista, na forma de itens, descrevendo as etapas executadas até a ocorrência da falha. Para detectar este padrão a extensão aproveita a linguagem Markdown, que é o padrão utilizado para redigir o relato da RM, e que possui uma sintaxe pré-definida para listas. O padrão é detectado através da utilização de expressões regulares. Pode ocorrer que o Reportador utilize outro formato para relatar as etapas executadas até a ocorrência da falha, contudo, o fato da extensão exigir a informação através de uma lista, pode criar no Reportador uma boa prática. Cabe ressaltar que uma lista com etapas para reproduzir uma falha foi considerada uma das informações mais relevantes de um relato [Zimmermann et al., 2010].

Arquivos Anexados: Nesta dimensão avaliamos a existência de arquivos anexados à RM, tais como capturas de telas (*screenshots*) e cadeia de registros de ativação de

funções (*stack trace*). A detecção é realizada utilizando expressões regulares que é a sintaxe padrão para o relato da RM⁸. Não houve avaliação sobre o conteúdo do anexo, contudo, conforme descrito na Tabela 6.1, uma mensagem é incluída no corpo do comentário no caso de nenhum anexo ser detectado. A existência de anexos em uma RM consta como uma das informações mais relevantes do ponto de vistas dos desenvolvedores [Zimmermann et al., 2010].

Fragmentos de Código Este atributo de avaliação verifica se fragmentos de código foram adicionados no relato da RM. O processo de detecção faz uso de expressões regulares e da sintaxe oferecida pela versão do Markdown utilizado pelo Github⁹. De forma similar aos atributos descritos anteriormente, a verificação de fragmentos de código fonte é binária, ou seja, foi avaliada a existência ou não de trecho de código.

Completo do Texto: Nesta dimensão da avaliação há uma premissa que possa existir um vocabulário comum no relato de diferentes RMs. Sendo assim, algumas palavras aparecem com determinada frequência no relato de uma RM, independente do projeto. Com o objetivo de compreender como as pessoas descrevem problemas de software, Ko e outros [Ko et al., 2006] analisaram o título de 200.000 RMs de cinco projetos de código aberto desenvolvidos na linguagem Java. Nós empregamos esta base de dados¹⁰ para construir uma distribuição da frequência de ocorrências de palavras no relato de uma RM. Em uma primeira etapa, removemos as palavras de parada (stopwords), reduzimos as vocábulos¹¹ e selecionamos as 100 palavras com maior frequência. Em seguida, categorizamos as palavras nos seguintes grupos:

- itens de ação (do, work, open)
- relacionado com compilação (build, task)
- relacionado com documentação (support, help, content)
- comportamento esperado ou observável (fail, error, crash)
- relacionado com projeto (management, list)
- relacionado com código fonte (java, code, method)

⁸<https://guides.github.com/features/mastering-markdown/>

⁹<https://guides.github.com/features/mastering-markdown/#GitHub-flavored-markdown>

¹⁰Disponível para download em <http://www.cs.cmu.edu/~marmalade/reports.html>.

¹¹Do inglês *stemming* é o processo de reduzir palavras flexionadas (ou às vezes derivadas) ao seu tronco (stem), base ou raiz, geralmente uma forma da palavra escrita. Por exemplo um algoritmo de stemming reduz as palavras “fishing”, “fished” e “fisher” para a raiz “fish”.

- elementos da interface do usuário (menu, display, button)

Legibilidade do Texto Por fim a extensão avalia o nível de legibilidade do texto com base em testes largamente utilizados na literatura [Si & Callan, 2001]. Os testes são formulados para avaliar a legibilidade do texto, geralmente contando sílabas, palavras e frases. Neste estudo utilizamos os testes de legibilidade *Flesch-Kincaid*, *Automated Readability Index - ARI* e *Dale-Chall Readability Formula*. As avaliações foram selecionadas por apresentarem metodologias distintas para determinar a legibilidade do texto.

O Flesch-Kincaid (FK) é baseado no número de sílabas das palavras que compõem as sentenças do texto. Existem dois testes, o Flesch Reading Ease e Flesch-Kincaid Grade Level, que diferem pelo fator de ponderação utilizado. A extensão utilizou o Flesch Reading Ease que recebe um texto em língua inglesa e retorna um valor inteiro representando a dificuldade de entendimento. Pontuações mais altas indicam que o material é mais fácil de ler [Kincaid et al., 1975]. Desta forma, foi considerada como legibilidade baixa uma pontuação *menor do 50*. Este valor foi baseado em uma tabela pré-definida pelo próprio teste [Kincaid et al., 1975].

O ARI considera o número de caracteres de cada palavra. O resultado do teste é uma representação aproximada do grau de escolaridade no estilo K-12 dos Estados Unidos necessário para compreender o texto [Senter & Smith, 1967]. De maneira aproximada, o grau 1 corresponde a idades 6-8. O nível de leitura 8 corresponde a jovem de 14 anos. O grau 12, o mais alto no ensino secundário dos EUA, corresponde ao nível de leitura de 17 anos de idade.

Por outro lado, o teste Dale-Chall é baseado em um conjunto mínimo de palavras. A fórmula usa uma lista de 3000 vocábulos que grupos de estudantes americanos de quarta série poderiam entender de forma confiável, partindo-se da premissa que qualquer palavra nessa lista não seja de difícil compreensão [Dale & Chall, 1948]. No caso dos testes ARI e Dale-Chall a legibilidade será considerada ruim se o valor do teste *for maior ou igual a 13*, ou seja, uma pessoa deveria estudar no mínimo 13 anos para “entender”. Esta limiar foi utilizado no trabalho de Zimmermann e outros [Zimmermann et al., 2010].

6.4 Uso da Extensão em Projetos Reais

A extensão descrita neste Capítulo foi desenvolvida como prova de conceito. Neste sentido, o desenho e o desenvolvimento tiveram mais foco na viabilidade do que estava sendo proposto do que melhorar ou sobrepor determinada solução do estado da arte.

Entretanto, com o objetivo de avaliar a extensão em um contexto mais próximo do cotidiano de desenvolvedores, ela foi executada utilizando os dados de *RM*s de projetos código aberto hospedados no Github.

6.4.1 Seleção dos Projetos

Para realizarmos a avaliação a partir de execuções da extensão usamos, por motivos já explicados, uma amostra de conveniência composta de projetos hospedados na plataforma Github. Para isso utilizamos os mesmos critérios descritos na Seção 5.3.1. As exceções foi que incluímos a restrição de que o projeto fosse desenvolvido em Java e avaliamos os dez primeiros projetos ordenados pelo critério “most stars”. O condicionante da linguagem Java é por conta de algumas decisões tomadas durante o desenvolvimento da extensão que exigem a utilização da linguagem. Após aplicação dos critérios descritos obtivemos os projetos apresentados na Tabela 6.2.

| Projeto | Revisões | Ramificações | Lançamentos |
|------------------|----------|--------------|-------------|
| elasticsearch | 27.118 | 94 | 174 |
| guava | 4.081 | 84 | 175 |
| spring-framework | 14575 | 12 | 106 |

Tabela 6.2. Projetos utilizados no testes de execução da extensão. Os dados apresentados têm como referência 23/04/2017.

6.4.1.1 O Processo de Execução

Para avaliarmos a extensão começamos por criar uma ramificação (fork) dos projetos escolhidos. Este processo é realizado de forma automatizada pelo Github, contudo, não realiza a cópia das *RM*s, que no caso deste teste é a informação mais relevante. Para transpor os dados das *RM*s foi desenvolvido um processo automatizado que copiava o título e o relato (corpo da *RM*) do projeto original para a sua ramificação. Para cada projeto realizamos a cópia de 100 *RM*s escolhidas de forma aleatória. A Figura 6.3 exibe uma *RM* do projeto Guava no lado esquerdo e sua cópia na ramificação criada. Como pode ser observado título e o relato são idênticos.

Após finalizado o processo de cópia executamos a extensão com as 100 *RM*s de cada projeto. Na Figura 6.4 visualizamos o comentário gerado para a *RM* apresentada na Figura 6.3. Na próxima seção apresentamos algumas métricas do processo de execução da extensão nos projetos escolhidos. Como se trata de uma prova de conceito estes dados podem nos ajudar na avaliação da viabilidade de implantação da extensão proposta.



Figura 6.3. Cópia de uma RM do projeto Guava para a sua ramificação.

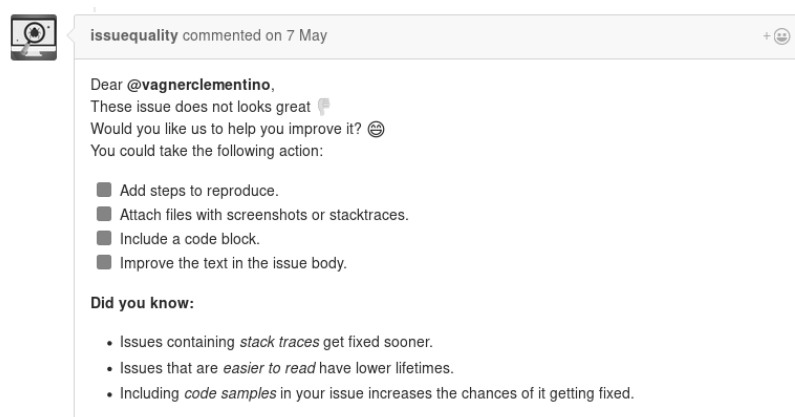


Figura 6.4. Comentário para a RM do projeto Guava exibida na Figura 6.3

6.4.2 Resultados

Fizemos algumas medidas de desempenho mas infelizmente não tivemos condições de elaborar uma estrutura que nos desse medidas repetíveis. Em uma estrutura sujeita a aspectos não muito bem controlados observamos que o tempo médio para avaliação de uma RM é de 02 segundos. Em alguns casos o processo é finalizado em menos de 01 segundo. Entretanto, é possível verificar situações em que o tempo para uma gerar uma realimentação na forma de um comentário é de 30 segundos.

Com a execução utilizando os dados de *RMs* de projetos reais queríamos verificar em qual atributo do relato os problemas são mais frequentes. Conforme apresentado na Tabela 6.1 a extensão avalia os seguintes atributos do relato: Etapas para Reproduzir, Arquivo Anexado, Fragmentos de Código, Completude de Palavras-Chaves e Legibilidade do Texto. Um comentário é gerado caso o relato não atenda a determinados

critérios para cada atributo analisado. A Figura 6.5 exibe a frequência que um item foi incluído no comentário para atributo.

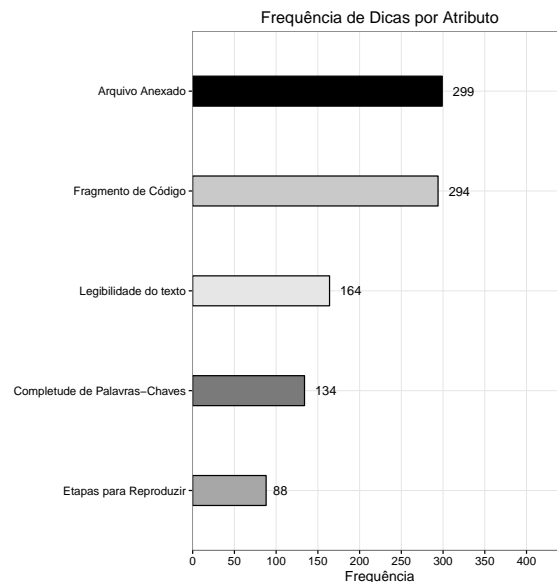


Figura 6.5. Frequência de dicas por atributo analisados.

Verificamos na figura que em quase todas as RMs analisadas não foi detectada a inclusão de arquivos anexados ou de fragmentos de código. É possível observar que mais da metade do texto relatado apresentou uma legibilidade ruim do ponto de vista da nossa extensão. A situação menos frequente está relacionada com a inclusão de “Etapas para Reproduzir”, em que é avaliada a existência de uma lista detalhando os passos executados até a ocorrência da falha.

| Projeto | Média (seg) | Mediana (seg) | Desvio Padrão (seg) | Min (seg) | Max (seg) |
|------------------|-------------|---------------|---------------------|-----------|-----------|
| Todos | 3,26 | 3 | 0,96 | 1 | 5 |
| elasticsearch | 2,95 | 3 | 0,85 | 1 | 5 |
| guava | 3,16 | 3 | 0,88 | 2 | 5 |
| spring-framework | 3,68 | 4 | 1,01 | 1 | 5 |

Tabela 6.3. Número de dicas retornadas pela extensão.

Durante a execução estávamos interessados em avaliar o número de dicas de melhorias na qualidade do relato que a extensão gerou. Esta informação está exibida na Tabela 6.3. É possível observar que em média 03 dicas são incluídas em cada *RM*, ou seja, três em cada cinco dos itens apresentaram algum tipo de problema. Entretanto, para que possamos extrapolar qualquer discussão sobre este resultado era necessário uma avaliação de pessoas envolvidas nos projetos utilizados de modo a detectar falsos positivos.

6.4.3 Discussão

As execuções que foram realizadas têm como foco avaliar a viabilidade da extensão proposta. Neste sentido, os resultados obtidos na Seção 6.4 devem ser avaliados sobre esta ótica. Tomando como base os testes executados, verificamos que, em média, o tempo que a extensão leva para analisar uma RM, não causa impacto no seu processo de solução. Contudo, seria importante replicar os mesmos testes de duração em um ambiente controlado de modo a diminuir algum qualquer tipo de enviesamento.

Com relação aos problemas mais frequentes, é possível que exista uma tendência dos usuários em não incluir anexos, mas de relatar o problema copiando, por exemplo, as mensagens contendo a cadeia de registros de ativação no próprio corpo da RM. Não verificamos estudos que comprovem esta hipótese nem os nossos resultados permitem comprová-la. Por outro lado, um fator a destacar é que mais da metade das RMs analisadas apresentaram um texto com baixa legibilidade. Esta situação já foi verificada em estudos anteriores [Ko et al., 2006, Bettenburg et al., 2007]. Esta métrica depende menos de uma análise de alguém vinculado ao projeto pelo fato de utilizar índices existentes e utilizados em diversas áreas para medir legibilidade. Neste sentido pode ser interessante ao projeto de software instruir os reportadores em fornecer sempre que possível um relato mais simples e direto.

6.5 Limitações e Ameaças à Validade

O desenvolvimento da extensão possui limitações que ameaçam a sua validade. Inicialmente não é possível determinar se os atributos avaliados são os mais indicados para medir a qualidade do relato. Eles foram utilizados com base em estudos já realizados [Bettenburg et al., 2007] em que os atributos foram baseados na opinião de desenvolvedores.

Para que uma dica de melhoria seja disparada é necessário que um ou mais dos critérios descritos na Tabela 6.1 não sejam atendidos. No caso do atributo “Completeness de Palavras-Chaves” utilizou-se o conjunto de termos do trabalho de Ko e outros [Ko et al., 2006]. Apesar de ambos os estudos utilizarem projetos desenvolvidos na linguagem Java não podemos garantir que o conjunto de termos é o mesmo nas RMs de diferentes projetos.

A legibilidade do texto foi implementada considerando testes descritos na literatura. Em todos os testes existem os limites que definem o grau de legibilidade de um texto. Entretanto, não sabemos qual o impacto de utilizarmos estes valores no relato de uma falha de software, por exemplo. Em geral, os testes de legibilidade são bastante

genéricos, contudo, certas adequações podem ser necessárias para serem utilizados na análise do relato de uma RM.

A principal limitação deste estudo está na extrapolação dos resultados. O ideal é que a execução da extensão fosse avaliada por profissionais vinculados aos projetos utilizados. Esta análise poderia ajudar na detecção de falsos positivos, por exemplo.

6.6 Conclusão

Neste capítulo discutimos alguns dos aspectos envolvidos na implementação de melhorias de funcionalidades de FGRMs. Entendemos que existem vários aspectos que não foram discutidos, como por exemplo planejamento de capacidade e segurança, mas acreditamos que foram explicitados alguns aspectos importantes.

Capítulo 7

Conclusão

A contribuição deste trabalho de dissertação está na proposição de melhorias para as FGRMs tomando como base a literatura da área e a opinião de profissionais envolvidos com Manutenção de Software. As atividades empregadas para manter e evoluir software são complexas e caras e, portanto, merecem atenção da comunidade científica e da indústria. Surge então a necessidade do desenvolvimento de técnicas, processos e ferramentas que reduzam o custo e o esforço envolvidos nas atividades de manutenção e evolução de software. Conforme discutido, as FGRMs desempenham um papel fundamental que ultrapassa apenas registrar as falhas e os pedidos de melhorias dos softwares.

Com base no estudo descrito na Seção 2.3 verificamos que as FGRMs dispõem de funcionalidades para gerenciar a criação, consulta, atualização e destruição de uma RM. Entretanto, em algumas plataformas, tais como o Github e o Gitlab, não existe uma clara separação entre o gerenciamento das RMs e o controle de versão do código. Um possível desdobramento desta dissertação é avaliar o impacto deste tipo de abordagem no processo de manutenção de software. Este tipo de análise poderia modificar o desenvolvimento de futuras versões das FGRMs, especialmente para aquelas que estão acopladas a repositórios de software.

No Capítulo 3, ao revisarmos a literatura sobre melhorias nas FGRMs, apresentamos estudos que discutem diversos aspectos dos problemas e desafios do gerenciamento das RMs. A maior frequência de trabalhos está relacionada com temas como atribuição automática e RMs duplicadas. Conforme discutimos, alguns autores afirmam que, do ponto de vista dos desenvolvedores, a duplicação dos pedidos de manutenção não seria o principal problema a ser tratado. Em contrapartida, os profissionais estariam mais interessados em propostas que melhorem a qualidade do relato. Esta situação pode ser o sinal de um possível desacoplamento entre as necessidades dos desenvolvedores e o

que está sendo proposto na literatura. Apesar da qualidade dos estudos sobre melhorias das funções das FGRMs, tais avanços, aparentemente, não são de conhecimento das equipes de manutenção. Com base nos resultados da amostra do levantamento realizado no Capítulo 4 percebemos que os profissionais consultados estão satisfeitos com as funcionalidades oferecidas. Todavia, a nossa visão é que existem muitos outros comportamentos que poderiam ser acoplados a este tipo de software de modo a melhorar as atividades de manter e evoluir um software. Da mesma forma, as práticas propostas pelos agilistas vêm sendo adotadas por algumas equipes de manutenção de software. Um trabalho futuro desta dissertação é aprofundar no estudo da relação entre as práticas dos agilistas e a manutenção de software. Em especial, entender como as FGRMs poderiam implantar funcionalidades com o objetivo de suportar alguns dos métodos.

De maneira relacionada, em uma das classificações feitas no Mapeamento conduzido, os estudos foram agrupados pelo tipo de papel desempenhado na Manutenção de Software. Utilizamos uma classificação baseada na que foi proposta por Polo e outros [Polo et al., 1999b] apresentada em 1999. Em nossas pesquisas na literatura não foi possível identificar uma discussão mais recente sobre os papéis desempenhados na Manutenção de Software. Entendemos que seria importante a condução de um novo trabalho com o objetivo de descrever e avaliar os papéis presentes no processo de manter um software. Este estudo poderia avaliar, por exemplo, como as práticas propostas pelos agilistas podem ter alterado a estrutura de trabalho das equipes de manutenção.

O nível de satisfação dos profissionais com as funcionalidades das FGRMs pode ser considerado alto. Esta percepção foi obtida mediante um levantamento por questionário apresentado no Capítulo 4. Entretanto, o mesmo estudo demonstrou que os participantes desconhecem o potencial deste tipo de software. Esta situação pode ser observada pelo fato que, ao apresentarmos propostas de melhorias que eram discutidas na literatura, o grau de aceitação foi elevado. Isto poderia ser considerado um distanciamento entre o estado da arte e o estado da prática das melhorias para as FGRMs. Entendemos que esta dissertação contribuiu neste sentido ao apresentar para os profissionais algumas das melhorias discutidas na literatura. Este conhecimento pode ser utilizado pelos desenvolvedores para exigir ferramentas que atendam às suas demandas. Ao mesmo tempo, o nosso trabalho conseguiu coletar, discutir e apresentar algumas das necessidades dos desenvolvedores. Da mesma forma, pesquisadores podem usar esta informação para propor estudos propondo melhorias para as FGRMs.

Esta dissertação contribuiu para o estudo das FGRMs com a apresentação de um conjunto de melhorias no Capítulo 5. Considerando que a maioria delas teve uma boa aceitação, as recomendações podem ser utilizadas por pesquisadores, pelos responsá-

veis por desenvolver e manter projetos de FGRMs e por os profissionais envolvidos com Manutenção de Software. Um possível trabalho futuro é a avaliação do impacto da implantação destas sugestões. Esta análise poderia ser realizada mediante um Estudo de Caso. Além disso, seria importante conduzir uma análise qualitativa da relevância das sugestões propostas. Um estudo com base em entrevistas poderia melhorar o entendimento da opinião dos profissionais e esclarecer como tratar situações onde os critérios definidos nas sugestões de melhorias não possam ser atendidos. Neste eventual estudo seria importante realizar uma avaliação mais aprofundada sobre questões que surgiram durante a avaliação das sugestões de melhorias e que não puderam ser esclarecidas, como por exemplo, o ranqueamento pela reputação do Reportador.

Na elaboração do modelo conceitual do contexto das FGRMs, que pudesse dar suporte as discussões realizadas nesta dissertação, verificamos que o tratamento da ambiguidade e inconsistência, entre os diversos artigos que tratam do assunto, exigia maior esforço do que foi possível investir. Neste sentido, entendemos que seria importante a realização de um estudo com o objetivo de melhorar a organização dos conceitos da área de Manutenção de Software, em especial sobre as RMs e FGRMs.

No Capítulo 6 implementamos uma das sugestões como uma extensão para o módulo de gerenciamento de RMs *issues* da plataforma Github. Por ser tratar de uma Prova de Conceito, não foi realizada uma avaliação com membros dos projetos selecionados. Por esta razão não é possível generalizar os resultados. Um trabalho futuro é conduzir um estudo em uma configuração em que seja possível avaliar a opinião de alguém envolvido no projeto estudado. Entendemos que seria importante conduzir um estudo com os mesmos objetivos desta dissertação, entretanto, coletando a opinião daqueles que reportam as RMs.

Conforme apresentado na Seção 2.3 as FGRMs disponibilizam diversos métodos para o registro de uma RM: envio de e-mail, formulários que podem ser disponibilizados em sítios da Web e etc. Entretanto, a maneira mais comum é o formulário disponibilizado pelas FGRMs, conforme exibido na Figura 2.5. Segundo o nosso entendimento, o processo de criação de RMs poderia ser melhorado com a utilização de uma interface que estimule e possibilite o *Reportador* fornecer as informações necessárias à análise da RM. Uma possível abordagem é a utilização pelas FGRMs de uma interface de criação de RMs através de um *chatbot* [Mauldin, 1994, Huang et al., 2007]. Esta maneira interativa de criação de uma RM, dentre outros aspectos, pode ajudar no fornecimento das informações necessárias para a correspondente solução.

Os dados obtidos e os artefatos utilizados nesta dissertação (questionários dos levantamentos, cartões de classificação, planilha e etc) estão disponíveis no endereço eletrônico <https://archive.org/details/>

dissertacao-vagner-clementino-um-estudo.

Referências Bibliográficas

- [Aggarwal et al., 2014] Aggarwal, A.; Waghmare, G. & Sureka, A. (2014). Mining issue tracking systems using topic models for trend analysis, corpus exploration, and understanding evolution. Em *Proceedings of the 3rd International Workshop on Realizing Artificial Intelligence Synergies in Software Engineering*, RAISE 2014, pp. 52--58, New York, NY, USA. ACM.
- [Aggarwal et al., 2017] Aggarwal, K.; Timbers, F.; Rutgers, T.; Hindle, A.; Stroulia, E. & Greiner, R. (2017). Detecting duplicate bug reports with Software Engineering domain knowledge. *Journal of Software: Evolution and Process*, 29(3).
- [Aiello & Sachs, 2010] Aiello, B. & Sachs, L. (2010). *Configuration Management Best Practices: Practical Methods that Work in the Real World (Adobe Reader)*. Pearson Education.
- [Alipour et al., 2013] Alipour, A.; Hindle, A. & Stroulia, E. (2013). A contextual approach towards more accurate duplicate bug report detection. Em *Proceedings of the 10th Working Conference on Mining Software Repositories*, pp. 183--192. IEEE Press.
- [Aljarah et al., 2011] Aljarah, I.; Banitaan, S.; Abufardeh, S.; Jin, W. & Salem, S. (2011). Selecting discriminating terms for bug assignment: a formal analysis. Em *Proceedings of the 7th International Conference on Predictive Models in Software Engineering*, p. 12. ACM.
- [Antoniol et al., 2008] Antoniol, G.; Ayari, K.; Di Penta, M.; Khomh, F. & Guéhéneuc, Y.-G. (2008). Is it a bug or an enhancement?: a text-based approach to classify change requests. Em *Proceedings of the 2008 conference of the Center for Advanced Studies on collaborative research: meeting of minds*, p. 23. ACM.

- [Anvik et al., 2005] Anvik, J.; Hiew, L. & Murphy, G. C. (2005). Coping with an open bug repository. Em *Proceedings of the 2005 OOPSLA workshop on Eclipse technology eXchange*, pp. 35--39. ACM.
- [Arnold, 1996] Arnold, R. S. (1996). *Software change impact analysis*. IEEE Computer Society Press.
- [Banerjee et al., 2012] Banerjee, S.; Cukic, B. & Adjero, D. (2012). Automated duplicate bug report classification using subsequence matching. Em *High-Assurance Systems Engineering (HASE), 2012 IEEE 14th International Symposium on*, pp. 74--81. IEEE.
- [Bangcharoensap et al., 2012] Bangcharoensap, P.; Ihara, A.; Kamei, Y. & Matsumoto, K.-i. (2012). Locating source code to be fixed based on initial bug reports—a case study on the eclipse project. Em *Empirical Software Engineering in Practice (IWESEP), 2012 Fourth International Workshop on*, pp. 10--15. IEEE.
- [Banitaan & Alenezi, 2013] Banitaan, S. & Alenezi, M. (2013). Decoba: Utilizing developers communities in bug assignment. Em *Machine Learning and Applications (ICMLA), 2013 12th International Conference on*, volume 2, pp. 66--71. IEEE.
- [Baysal & Holmes, 2012] Baysal, O. & Holmes, R. (2012). A Qualitative Study of Mozillas Process Management Practices. *David R. Cheriton School of Computer Science, University of Waterloo, Waterloo, Canada, Tech. Rep. CS-2012-10*.
- [Baysal et al., 2013] Baysal, O.; Holmes, R. & Godfrey, M. W. (2013). Situational awareness: Personalizing issue tracking systems. Em *Proceedings of the 2013 International Conference on Software Engineering, ICSE '13*, pp. 1185--1188, Piscataway, NJ, USA. IEEE Press.
- [Behl et al., 2014] Behl, D.; Handa, S. & Arora, A. (2014). A bug mining tool to identify and analyze security bugs using naive Bayes and TF-IDF. Em *Optimization, Reliability, and Information Technology (ICROIT), 2014 International Conference on*, pp. 294--299. IEEE.
- [Bennett & Rajlich, 2000] Bennett, K. H. & Rajlich, V. T. (2000). Software maintenance and evolution: a roadmap. Em *Proceedings of the Conference on the Future of Software Engineering*, pp. 73--87. ACM.
- [Bertram et al., 2010] Bertram, D.; Volda, A.; Greenberg, S. & Walker, R. (2010). Communication, collaboration, and bugs: The social nature of issue tracking in

- small, collocated teams. Em *Proceedings of the 2010 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work, CSCW '10*, pp. 291--300, New York, NY, USA. ACM.
- [Bettenburg et al., 2007] Bettenburg, N.; Just, S.; Schröter, A.; Weiß, C.; Premraj, R. & Zimmermann, T. (2007). Quality of bug reports in Eclipse. Em *Proceedings of the 2007 OOPSLA workshop on eclipse technology eXchange*, pp. 21--25. ACM.
- [Bettenburg et al., 2008] Bettenburg, N.; Premraj, R.; Zimmermann, T. & Kim, S. (2008). Duplicate bug reports considered harmful... really? Em *Software Maintenance, 2008. ICSM 2008. IEEE international conference on*, pp. 337--345. IEEE.
- [Bhattacharya & Neamtiu, 2011] Bhattacharya, P. & Neamtiu, I. (2011). Bug-fix time prediction models: can we do better? Em *Proceedings of the 8th Working Conference on Mining Software Repositories*, pp. 207--210. ACM.
- [Boxill et al., 1997] Boxill, I.; Chambers, C. M. & Wint, E. (1997). *Introduction to social research: With applications to the Caribbean*. University of The West Indies Press.
- [Breu et al., 2010] Breu, S.; Premraj, R.; Sillito, J. & Zimmermann, T. (2010). Information needs in bug reports: improving cooperation between developers and users. Em *Proceedings of the 2010 ACM conference on Computer supported cooperative work*, pp. 301--310. ACM.
- [Cavalcanti et al., 2014] Cavalcanti, Y. C.; Mota Silveira Neto, P. A.; Machado, I. d. C.; Vale, T. F.; Almeida, E. S. & Meira, S. R. d. L. (2014). Challenges and opportunities for software change request repositories: a systematic mapping study. *Journal of Software: Evolution and Process*, 26(7):620--653.
- [Cavalcanti et al., 2013] Cavalcanti, Y. C.; Neto, P. A. d. M. S.; Lucrédio, D.; Vale, T.; de Almeida, E. S. & de Lemos Meira, S. R. (2013). The bug report duplication problem: an exploratory study. *Software Quality Journal*, 21(1):39--66.
- [Cerulo & Canfora, 2004] Cerulo, L. & Canfora, G. (2004). A taxonomy of information retrieval models and tools. *CIT. Journal of computing and information technology*, 12(3):175--194.
- [Chaparro, 2017] Chaparro, O. (2017). Improving bug reporting, duplicate detection, and localization. Em *Proceedings of the 39th International Conference on Software Engineering Companion*, pp. 421--424. IEEE Press.

- [Chawla & Singh, 2015] Chawla, I. & Singh, S. K. (2015). An automated approach for bug categorization using fuzzy logic. Em *Proceedings of the 8th India Software Engineering Conference*, pp. 90--99. ACM.
- [Choudhari & Suman, 2014] Choudhari, J. & Suman, U. (2014). Extended Iterative Maintenance Life Cycle Using eXtreme Programming. *SIGSOFT Softw. Eng. Notes*, 39(1):1--12. ISSN 0163-5948.
- [Corley et al., 2011] Corley, C. S.; Kraft, N. A.; Etzkorn, L. H. & Lukins, S. K. (2011). Recovering traceability links between source code and fixed bugs via patch analysis. Em *Proceedings of the 6th International Workshop on Traceability in Emerging Forms of Software Engineering*, pp. 31--37. ACM.
- [Correa et al., 2013] Correa, D.; Lal, S.; Saini, A. & Sureka, A. (2013). Samekana: A browser extension for including relevant web links in issue tracking system discussion forum. Em *2013 20th Asia-Pacific Software Engineering Conference (APSEC)*, volume 1, pp. 25--33. IEEE.
- [Dal Sasso & Lanza, 2013] Dal Sasso, T. & Lanza, M. (2013). A closer look at bugs. Em *Software Visualization (VISSOFT), 2013 First IEEE Working Conference on*, pp. 1--4. IEEE.
- [Dal Sasso & Lanza, 2014] Dal Sasso, T. & Lanza, M. (2014). In* bug: Visual analytics of bug repositories. Em *Software Maintenance, Reengineering and Reverse Engineering (CSMR-WCRE), 2014 Software Evolution Week-IEEE Conference on*, pp. 415--419. IEEE.
- [Dale & Chall, 1948] Dale, E. & Chall, J. S. (1948). A formula for predicting readability: Instructions. *Educational research bulletin*, pp. 37--54.
- [Damevski et al., 2016] Damevski, K.; Shepherd, D. & Pollock, L. (2016). A field study of how developers locate features in source code. *Empirical Software Engineering*, 21(2):724--747.
- [de Mello et al., 2014] de Mello, R. M.; da Silva, P. C.; Runeson, P. & Travassos, G. H. (2014). Towards a framework to support large scale sampling in Software Engineering surveys. Em *Proceedings of the 8th ACM/IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement*, p. 48. ACM.
- [de Mello et al., 2015] de Mello, R. M.; Da Silva, P. C. & Travassos, G. H. (2015). Investigating probabilistic sampling approaches for large-scale surveys in Software Engineering. *Journal of Software Engineering Research and Development*, 3(1):8.

- [de Mello & Travassos, 2013] de Mello, R. M. & Travassos, G. H. (2013). Would sociable software engineers observe better? Em *Empirical Software Engineering and Measurement, 2013 ACM/IEEE International Symposium on*, pp. 279--282. IEEE.
- [Di Lucca et al., 2002] Di Lucca, G. A.; Di Penta, M. & Gradara, S. (2002). An approach to classify software maintenance requests. Em *Software Maintenance, 2002. Proceedings. International Conference on*, pp. 93--102. IEEE.
- [Dybå & Dingsøyr, 2008] Dybå, T. & Dingsøyr, T. (2008). Empirical studies of agile software development: A systematic review. *Information and software technology*, 50(9):833--859.
- [Dybå et al., 2007] Dybå, T.; Dingsøyr, T. & Hanssen, G. K. (2007). Applying systematic reviews to diverse study types: An experience report. Em *ESEM*, volume 7, pp. 225--234.
- [Dybå et al., 2006] Dybå, T.; Kampenes, V. B. & Sjøberg, D. I. (2006). A systematic review of statistical power in Software Engineering experiments. *Information and Software Technology*, 48(8):745--755.
- [Fan & Yan, 2010] Fan, W. & Yan, Z. (2010). Factors affecting response rates of the web survey: A systematic review. *Computers in human behavior*, 26(2):132--139.
- [Fowler & Foemmel, 2006] Fowler, M. & Foemmel, M. (2006). Continuous integration. *Thought-Works*) <http://www.thoughtworks.com/ContinuousIntegration.pdf>, p. 122.
- [Fox & Patterson, 2013] Fox, A. & Patterson, D. (2013). *Engineering Software as a Service: An Agile Approach Using Cloud Computing*. Strawberry Canyon LLC. ISBN 9780984881246.
- [Gegick et al., 2010] Gegick, M.; Rotella, P. & Xie, T. (2010). Identifying security bug reports via text mining: An industrial case study. Em *2010 7th IEEE Working Conference on Mining Software Repositories (MSR 2010)*, pp. 11--20. IEEE.
- [Heeager & Rose, 2015] Heeager, L. T. & Rose, J. (2015). Optimising Agile development practices for the maintenance operation: nine heuristics. *Empirical Software Engineering*, 20(6):1762--1784. ISSN 15737616.
- [Hesse-Biber, 2010] Hesse-Biber, S. N. (2010). *Mixed methods research: Merging theory with practice*. Guilford Press.

- [Hindle et al., 2016] Hindle, A.; Alipour, A. & Stroulia, E. (2016). A contextual approach towards more accurate duplicate bug report detection and ranking. *Empirical Software Engineering*, 21(2):368–410.
- [Hora et al., 2012] Hora, A.; Anquetil, N.; Ducasse, S.; Bhatti, M.; Couto, C.; Valente, M. T. & Martins, J. (2012). Bug maps: A tool for the visual exploration and analysis of bugs. Em *Software Maintenance and Reengineering (CSMR), 2012 16th European Conference on*, pp. 523–526. IEEE.
- [Hosseini et al., 2012] Hosseini, H.; Nguyen, R. & Godfrey, M. W. (2012). A market-based bug allocation mechanism using predictive bug lifetimes. Em *Software Maintenance and Reengineering (CSMR), 2012 16th European Conference on*, pp. 149–158. IEEE.
- [Hovemeyer & Pugh, 2004] Hovemeyer, D. & Pugh, W. (2004). Finding bugs is easy. *SIGPLAN Not.*, 39(12):92–106. ISSN 0362-1340.
- [Hu et al., 2014] Hu, H.; Zhang, H.; Xuan, J. & Sun, W. (2014). Effective bug triage based on historical bug-fix information. Em *2014 IEEE 25th International Symposium on Software Reliability Engineering*, pp. 122–132. IEEE.
- [Huang et al., 2007] Huang, J.; Zhou, M. & Yang, D. (2007). Extracting chatbot knowledge from online discussion forums. Em *IJCAI*, volume 7, pp. 423–428.
- [IEEE, 1990] IEEE (1990). IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology. *IEEE Std 610.12-1990*, pp. 1–84.
- [IEEE, 1999] IEEE (1999). *IEEE Standard for Software Maintenance, IEEE Std 1219-1998*, volume 2. IEEE Press.
- [IEEE, 2006] IEEE (2006). *Norma ISO/IEC 14764:2006 (E) IEEE Std 14764-2006 Revision of IEEE Std 1219-1998*. IEEE std. IEEE. ISBN 9780738149608.
- [Ihara et al., 2009] Ihara, A.; Ohira, M. & Matsumoto, K.-i. (2009). An analysis method for improving a bug modification process in open source software development. Em *Proceedings of the joint international and annual ERCIM workshops on Principles of software evolution (IWPSE) and software evolution (Evol) workshops*, pp. 135–144. ACM.
- [ISO/IEC, 2001] ISO/IEC (2001). *ISO/IEC 9126. Software Engineering – Product quality*. ISO/IEC.

- [ISO/IEC, 2006] ISO/IEC (2006). International Standard - ISO/IEC 14764 IEEE Std 14764-2006 Software Engineering 2013; Software Life Cycle Processes 2013; Maintenance. *ISO/IEC 14764:2006 (E) IEEE Std 14764-2006 Revision of IEEE Std 1219-1998*, pp. 01–46.
- [ISO/IEC/IEEE, 2008] ISO/IEC/IEEE (2008). ISO/IEC/IEEE Standard for Systems and Software Engineering - Software Life Cycle Processes.
- [ISO/IEEE, 1998] ISO/IEEE (1998). IEEE Standard for Software Maintenance.
- [Izquierdo et al., 2015] Izquierdo, J. L. C.; Cosentino, V.; Rolandi, B.; Bergel, A. & Cabot, J. (2015). Gila: Github label analyzer. Em *2015 IEEE 22nd International Conference on Software Analysis, Evolution, and Reengineering (SANER)*, pp. 479–483. IEEE.
- [Just et al., 2008] Just, S.; Premraj, R. & Zimmermann, T. (2008). Towards the next generation of bug tracking systems. Em *2008 IEEE Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing*, pp. 82–85. IEEE.
- [Kagdi et al., 2012] Kagdi, H.; Gethers, M.; Poshyvanyk, D. & Hammad, M. (2012). Assigning change requests to software developers. *Journal of Software: Evolution and Process*, 24(1):3–33.
- [Kaiser & Passonneau, 2011] Kaiser, L. W. B. X. G. & Passonneau, R. (2011). Bugminer: Software reliability analysis via data mining of bug reports. Em *Proceedings of the 25th International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering*, volume 12, pp. 09–0500.
- [Karim et al., 2017] Karim, M. R.; Ihara, A.; Yang, X.; Iida, H. & Matsumoto, K. (2017). Understanding key features of high-impact bug reports. Em *Empirical Software Engineering in Practice (IWESEP), 2017 8th International Workshop on*, pp. 53–58. IEEE.
- [Kasunic, 2005] Kasunic, M. (2005). Designing an effective survey. Relatório técnico, DTIC Document.
- [Kaur & Singh, 2015] Kaur, U. & Singh, G. (2015). A review on software maintenance issues and how to reduce maintenance efforts. *International Journal of Computer Applications*, 118(1).
- [Kaushik & Tahvildari, 2012] Kaushik, N. & Tahvildari, L. (2012). A comparative study of the performance of IR models on duplicate bug detection. Em *Software*

- Maintenance and Reengineering (CSMR), 2012 16th European Conference on*, pp. 159--168. IEEE.
- [Keele, 2007] Keele, S. (2007). Guidelines for performing systematic literature reviews in Software Engineering. Em *Technical report, Ver. 2.3 EBSE Technical Report. EBSE*.
- [Kincaid et al., 1975] Kincaid, J. P.; Fishburne Jr, R. P.; Rogers, R. L. & Chissom, B. S. (1975). Derivation of new readability formulas (Automated Readability Index, Fog Count and Flesch Reading Ease formula) for Navy enlisted personnel. Relatório técnico, DTIC Document.
- [Ko et al., 2006] Ko, A. J.; Myers, B. A. & Chau, D. H. (2006). A linguistic analysis of how people describe software problems. Em *Visual Languages and Human-Centric Computing, 2006. VL/HCC 2006. IEEE Symposium on*, pp. 127--134. IEEE.
- [Kochhar et al., 2014] Kochhar, P. S.; Thung, F. & Lo, D. (2014). Automatic fine-grained issue report reclassification. Em *Engineering of Complex Computer Systems (ICECCS), 2014 19th International Conference on*, pp. 126--135. IEEE.
- [Kononenko et al., 2014] Kononenko, O.; Baysal, O.; Holmes, R. & Godfrey, M. W. (2014). Dashboards: Enhancing developer situational awareness. Em *Companion Proceedings of the 36th International Conference on Software Engineering, ICSE Companion 2014*, pp. 552--555, New York, NY, USA. ACM.
- [Koopaei & Hamou-Lhadj, 2015] Koopaei, N. E. & Hamou-Lhadj, A. (2015). Crashautomata: an approach for the detection of duplicate crash reports based on generalizable automata. Em *Proceedings of the 25th Annual International Conference on Computer Science and Software Engineering*, pp. 201--210. IBM Corp.
- [Lehman, 1980] Lehman, M. M. (1980). On understanding laws, evolution, and conservation in the large-program life cycle. *Journal of Systems and Software*, 1:213--221.
- [Lerch & Mezini, 2013] Lerch, J. & Mezini, M. (2013). Finding duplicates of your yet unwritten bug report. Em *Software Maintenance and Reengineering (CSMR), 2013 17th European Conference on*, pp. 69--78. IEEE.
- [Lientz & Swanson, 1980] Lientz, B. P. & Swanson, E. B. (1980). *Software Maintenance Management*. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., Boston, MA, USA. ISBN 0201042053.

- [Liu & Tan, 2014] Liu, K. & Tan, H. B. K. (2014). Faceted bug report search with topic model. Em *Computer Software and Applications Conference (COMPSAC), 2014 IEEE 38th Annual*, pp. 123--128. IEEE.
- [Liu et al., 2013] Liu, K.; Tan, H. B. K. & Zhang, H. (2013). Has this bug been reported? Em *Reverse Engineering (WCRE), 2013 20th Working Conference on*, pp. 82--91.
- [Malheiros et al., 2012] Malheiros, Y.; Moraes, A.; Trindade, C. & Meira, S. (2012). A source code recommender system to support newcomers. Em *2012 IEEE 36th Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC)*, pp. 19--24. IEEE.
- [Mani et al., 2012] Mani, S.; Catherine, R.; Sinha, V. S. & Dubey, A. (2012). Ausum: approach for unsupervised bug report summarization. Em *Proceedings of the ACM SIGSOFT 20th International Symposium on the Foundations of Software Engineering*, p. 11. ACM.
- [Marshall, 1996] Marshall, M. N. (1996). Sampling for qualitative research. *Family practice*, 13(6):522--526.
- [Mauldin, 1994] Mauldin, M. L. (1994). Chatterbots, tinymuds, and the Turing test: Entering the loebner prize competition. Em *AAAI*, volume 94, pp. 16--21.
- [Meyer, 2014] Meyer, B. (2014). Agile. *The Good, the Hype and the Ugly. Switzerland: Springer International Publishing*.
- [Moran, 2015] Moran, K. (2015). Enhancing Android application bug reporting. Em *Proceedings of the 2015 10th Joint Meeting on Foundations of Software Engineering*, pp. 1045--1047. ACM.
- [Moran et al., 2015] Moran, K.; Linares-Vásquez, M.; Bernal-Cárdenas, C. & Poshy-vanyk, D. (2015). Auto-completing bug reports for Android applications. Em *Proceedings of the 2015 10th Joint Meeting on Foundations of Software Engineering*, pp. 673--686. ACM.
- [Naguib et al., 2013] Naguib, H.; Narayan, N.; Brügge, B. & Helal, D. (2013). Bug report assignee recommendation using activity profiles. Em *Mining Software Repositories (MSR), 2013 10th IEEE Working Conference on*, pp. 22--30. IEEE.
- [Nagwani et al., 2013] Nagwani, N.; Verma, S. & Mehta, K. K. (2013). Generating taxonomic terms for software bug classification by utilizing topic models based on

- Latent Dirichlet Allocation. Em *ICT and Knowledge Engineering (ICT&KE), 2013 11th International Conference on*, pp. 1--5. IEEE.
- [Nagwani & Verma, 2010] Nagwani, N. K. & Verma, S. (2010). Predictive data mining model for software bug estimation using average weighted similarity. Em *Advance Computing Conference (IACC), 2010 IEEE 2nd International*, pp. 373--378. IEEE.
- [Nagwani & Verma, 2012] Nagwani, N. K. & Verma, S. (2012). Predicting expert developers for newly reported bugs using frequent terms similarities of bug attributes. Em *2011 Ninth International Conference on ICT and Knowledge Engineering*, pp. 113--117. IEEE.
- [Netto et al., 2010] Netto, F.; Barros, M. O. & Alvim, A. C. (2010). An automated approach for scheduling bug fix tasks. Em *Software Engineering (SBES), 2010 Brazilian Symposium on*, pp. 80--89. IEEE.
- [Nguyen et al., 2012] Nguyen, A. T.; Nguyen, T. T.; Nguyen, H. A. & Nguyen, T. N. (2012). Multi-layered approach for recovering links between bug reports and fixes. Em *Proceedings of the ACM SIGSOFT 20th International Symposium on the Foundations of Software Engineering, FSE '12*, pp. 63:1--63:11, New York, NY, USA. ACM.
- [Ohira et al., 2016] Ohira, M.; Yoshiyuki, H. & Yamatani, Y. (2016). A case study on the misclassification of software performance issues in an issue tracking system. Em *Computer and Information Science (ICIS), 2016 IEEE/ACIS 15th International Conference on*, pp. 1--6. IEEE.
- [Otoom et al., 2016] Otoom, A. F.; Al-Shdaifat, D.; Hammad, M. & Abdallah, E. E. (2016). Severity prediction of software bugs. Em *2016 7th International Conference on Information and Communication Systems (ICICS)*, pp. 92--95. IEEE.
- [Paulk et al., 1993] Paulk, M. C.; Curtis, B.; Chrissis, M. B. & Weber, C. V. (1993). Capability Maturity Model, Version 1.1. *IEEE Softw.*, 10(4):18--27. ISSN 0740-7459.
- [Petersen et al., 2008] Petersen, K.; Feldt, R.; Mujtaba, S. & Mattsson, M. (2008). Systematic mapping studies in Software Engineering. *EASE'08 Proceedings of the 12th international conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering*, pp. 68--77. ISSN 02181940.
- [Petersen et al., 2015] Petersen, K.; Vakkalanka, S. & Kuzniarz, L. (2015). Guidelines for conducting systematic mapping studies in Software Engineering: An update. *Information and Software Technology*, 64:1--18. ISSN 09505849.

- [Polo et al., 1999a] Polo, M.; Piattini, M.; Ruiz, F. & Calero, C. (1999a). MANTEMA: a complete rigorous methodology for supporting maintenance based on the ISO/IEC 12207 standard. Em *Software Maintenance and Reengineering, 1999. Proceedings of the Third European Conference on*, pp. 178–181.
- [Polo et al., 1999b] Polo, M.; Piattini, M.; Ruiz, F. & Calero, C. (1999b). Roles in the maintenance process. *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes*, 24(4):84–86. ISSN 01635948.
- [Prifti et al., 2011] Prifti, T.; Banerjee, S. & Cukic, B. (2011). Detecting bug duplicate reports through local references. Em *Proceedings of the 7th International Conference on Predictive Models in Software Engineering*, p. 8. ACM.
- [Robbins & Heiberger, 2011] Robbins, N. B. & Heiberger, R. M. (2011). Plotting Likert and other rating scales. Em *Proceedings of the 2011 Joint Statistical Meeting*, pp. 1058--1066.
- [Rocha et al., 2015] Rocha, H.; Oliveira, G.; Marques-Neto, H. & Valente, M. T. (2015). NextBug: a Bugzilla extension for recommending similar bugs. *Journal of Software Engineering Research and Development*, 3(1).
- [Romo & Capiluppi, 2015] Romo, B. A. & Capiluppi, A. (2015). Towards an automation of the traceability of bugs from development logs: A study based on open source software. Em *Proceedings of the 19th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering*, EASE '15, pp. 33:1--33:6, New York, NY, USA. ACM.
- [Rudzki et al., 2009] Rudzki, J.; Hammouda, I. & Mikkola, T. (2009). Agile experiences in a software service company. Em *Software Engineering and Advanced Applications, 2009. SEAA'09. 35th Euromicro Conference on*, pp. 224--228. IEEE.
- [Runeson et al., 2007] Runeson, P.; Alexandersson, M. & Nyholm, O. (2007). Detection of duplicate defect reports using natural language processing. Em *Proceedings of the 29th International Conference on Software Engineering*, ICSE '07, pp. 499--510, Washington, DC, USA. IEEE Computer Society.
- [Sadat et al., 2017] Sadat, M.; Bener, A. B. & Miranskyy, A. V. (2017). Rediscovery datasets: connecting duplicate reports. Em *Proceedings of the 14th International Conference on Mining Software Repositories*, pp. 527--530. IEEE Press.

- [Schwaber & Beedle, 2002] Schwaber, K. & Beedle, M. (2002). *Agile software development with Scrum*, volume 1. Prentice Hall Upper Saddle River.
- [Senter & Smith, 1967] Senter, R. & Smith, E. A. (1967). Automated readability index. Relatório técnico, DTIC Document.
- [Shokripour et al., 2012] Shokripour, R.; Kasirun, Z. M.; Zamani, S. & Anvik, J. (2012). Automatic bug assignment using information extraction methods. Em *Advanced Computer Science Applications and Technologies (ACSAT), 2012 International Conference on*, pp. 144--149. IEEE.
- [Si & Callan, 2001] Si, L. & Callan, J. (2001). A statistical model for scientific readability. Em *Proceedings of the Tenth International Conference on Information and Knowledge Management, CIKM '01*, pp. 574--576, New York, NY, USA. ACM.
- [Singer, 1998] Singer, J. (1998). Practices of software maintenance. Em *Software Maintenance, 1998. Proceedings., International Conference on*, pp. 139--145. IEEE.
- [Singh & Chaturvedi, 2011] Singh, V. & Chaturvedi, K. K. (2011). Bug tracking and reliability assessment system (BTRAS). *International Journal of Software Engineering and Its Applications*, 5(4):1--14.
- [Sjøberg et al., 2005] Sjøberg, D. I.; Hannay, J. E.; Hansen, O.; Kampenes, V. B.; Karahasanovic, A.; Liborg, N.-K. & Rekdal, A. C. (2005). A survey of controlled experiments in Software Engineering. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 31(9):733--753.
- [Society et al., 2014] Society, I. C.; Bourque, P. & Fairley, R. E. (2014). *Guide to the Software Engineering Body of Knowledge (SWEBOK(R)): Version 3.0*. IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, CA, USA, 3rd edição. ISBN 0769551661, 9780769551661.
- [Soltan & Mostafa, 2014] Soltan, H. & Mostafa, S. (2014). Leanness and agility within maintenance process. Em *International Journal of Engineering Research and Technology*, volume 3, pp. 553--555.
- [Somasundaram & Murphy, 2012] Somasundaram, K. & Murphy, G. C. (2012). Automatic categorization of bug reports using Latent Dirichlet Allocation. Em *Proceedings of the 5th India software Engineering Conference*, pp. 125--130. ACM.

- [Song et al., 2010] Song, Y.; Wang, X.; Xie, T.; Zhang, L. & Mei, H. (2010). Jdf: detecting duplicate bug reports in jazz. Em *Proceedings of the 32nd ACM/IEEE International Conference on Software Engineering-Volume 2*, pp. 315--316. ACM.
- [Sun et al., 2011] Sun, C.; Lo, D.; Khoo, S.-C. & Jiang, J. (2011). Towards more accurate retrieval of duplicate bug reports. Em *Proceedings of the 2011 26th IEEE/ACM International Conference on Automated Software Engineering*, pp. 253--262. IEEE Computer Society.
- [Sun et al., 2010] Sun, C.; Lo, D.; Wang, X.; Jiang, J. & Khoo, S.-C. (2010). A discriminative model approach for accurate duplicate bug report retrieval. Em *Proceedings of the 32nd ACM/IEEE International Conference on Software Engineering- Volume 1*, pp. 45--54. ACM.
- [Svensson & Host, 2005a] Svensson, H. & Host, M. (2005a). Introducing an agile process in a software maintenance and evolution organization. Em *Ninth European Conference on Software Maintenance and Reengineering*, pp. 256--264. ISSN 1534-5351.
- [Svensson & Host, 2005b] Svensson, H. & Host, M. (2005b). Introducing an agile process in a software maintenance and evolution organization. Em *Software Maintenance and Reengineering, 2005. CSMR 2005. Ninth European Conference on*, pp. 256--264. IEEE.
- [Takama & Kurosawa, 2013] Takama, Y. & Kurosawa, T. (2013). Application of monitoring support visualization to bug tracking systems. Em *Industrial Electronics (ISIE), 2013 IEEE International Symposium on*, pp. 1--5. IEEE.
- [Thompson, 2012] Thompson, S. (2012). *Sampling*. CourseSmart. Wiley. ISBN 9781118162941.
- [Thung et al., 2014a] Thung, F.; Kochhar, P. S. & Lo, D. (2014a). Dupfinder: integrated tool support for duplicate bug report detection. Em *Proceedings of the 29th ACM/IEEE international conference on Automated software engineering*, pp. 871--874. ACM.
- [Thung et al., 2014b] Thung, F.; Le, T.-D. B.; Kochhar, P. S. & Lo, D. (2014b). Buglocalizer: Integrated tool support for bug localization. Em *Proceedings of the 22Nd ACM SIGSOFT International Symposium on Foundations of Software Engineering, FSE 2014*, pp. 767--770, New York, NY, USA. ACM.

- [Thung et al., 2013] Thung, F.; Lo, D. & Jiang, L. (2013). Automatic recovery of root causes from bug-fixing changes. Em *2013 20th Working Conference on Reverse Engineering (WCRE)*, pp. 92--101. IEEE.
- [Thung et al., 2012a] Thung, F.; Lo, D.; Jiang, L. et al. (2012a). Are faults localizable? Em *Mining Software Repositories (MSR), 2012 9th IEEE Working Conference on*, pp. 74--77. IEEE.
- [Thung et al., 2012b] Thung, F.; Lo, D.; Jiang, L.; Rahman, F.; Devanbu, P. T. et al. (2012b). When would this bug get reported? Em *Software Maintenance (ICSM), 2012 28th IEEE International Conference on*, pp. 420--429. IEEE.
- [Tian et al., 2013] Tian, Y.; Lo, D. & Sun, C. (2013). Drone: Predicting priority of reported bugs by multi-factor analysis. Em *2013 IEEE International Conference on Software Maintenance*, pp. 200--209. ISSN 1063-6773.
- [Tian et al., 2015] Tian, Y.; Lo, D.; Xia, X. & Sun, C. (2015). Automated prediction of bug report priority using multi-factor analysis. *Empirical Software Engineering*, 20(5):1354--1383.
- [Tian et al., 2012] Tian, Y.; Sun, C. & Lo, D. (2012). Improved duplicate bug report identification. Em *Software Maintenance and Reengineering (CSMR), 2012 16th European Conference on*, pp. 385--390. IEEE.
- [Tomašev et al., 2013] Tomašev, N.; Leban, G. & Mladenić, D. (2013). Exploiting hubs for self-adaptive secondary re-ranking in bug report duplicate detection. Em *Information Technology Interfaces (ITI), Proceedings of the ITI 2013 35th International Conference on*, pp. 131--136. IEEE.
- [Tripathy & Naik, 2015] Tripathy, P. & Naik, K. (2015). *Software Evolution and Maintenance*. Wiley. ISBN 9780470603413.
- [Tu & Zhang, 2014] Tu, F. & Zhang, F. (2014). Measuring the quality of issue tracking data. Em *Proceedings of the 6th Asia-Pacific Symposium on Internetware on Internetware*, pp. 76--79. ACM.
- [Valdivia Garcia & Shihab, 2014] Valdivia Garcia, H. & Shihab, E. (2014). Characterizing and predicting blocking bugs in open source projects. Em *Proceedings of the 11th working conference on mining software repositories*, pp. 72--81. ACM.

- [Vijayakumar & Bhuvaneswari, 2014] Vijayakumar, K. & Bhuvaneswari, V. (2014). How much effort needed to fix the bug? a data mining approach for effort estimation and analysing of bug report attributes in firefox. Em *Intelligent Computing Applications (ICICA), 2014 International Conference on*, pp. 335--339. IEEE.
- [Voegler et al., 2014] Voegler, J.; Bornschein, J. & Weber, G. (2014). Markdown—a simple syntax for transcription of accessible study materials. Em *International Conference on Computers for Handicapped Persons*, pp. 545--548. Springer.
- [Wang & Sarma, 2011] Wang, J. & Sarma, A. (2011). Which bug should i fix: helping new developers onboard a new project. Em *Proceedings of the 4th International Workshop on Cooperative and Human Aspects of Software Engineering*, pp. 76--79. ACM.
- [White et al., 2015] White, M.; Linares-Vásquez, M.; Johnson, P.; Bernal-Cárdenas, C. & Poshyvaryk, D. (2015). Generating reproducible and replayable bug reports from Android application crashes. Em *2015 IEEE 23rd International Conference on Program Comprehension*, pp. 48--59. IEEE.
- [Wohlin, 2014] Wohlin, C. (2014). Guidelines for snowballing in systematic literature studies and a replication in Software Engineering. Em *Proceedings of the 18th international conference on evaluation and assessment in Software Engineering*, p. 38. ACM.
- [Wohlin et al., 2012] Wohlin, C.; Runeson, P.; Höst, M.; Ohlsson, M. C.; Regnell, B. & Wesslén, A. (2012). *Experimentation in Software Engineering*. Springer Science & Business Media.
- [Wong et al., 2014] Wong, C.-P.; Xiong, Y.; Zhang, H.; Hao, D.; Zhang, L. & Mei, H. (2014). Boosting bug-report-oriented fault localization with segmentation and stack-trace analysis. Em *ICSME*, pp. 181--190. Citeseer.
- [Wu et al., 2011] Wu, W.; Zhang, W.; Yang, Y. & Wang, Q. (2011). Drex: Developer recommendation with k-nearest-neighbor search and expertise ranking. Em *2011 18th Asia-Pacific Software Engineering Conference*, pp. 389--396. IEEE.
- [Xia et al., 2015] Xia, X.; Lo, D.; Shihab, E.; Wang, X. & Zhou, B. (2015). Automatic, high accuracy prediction of reopened bugs. *Automated Software Engineering*, 22(1):75--109.

- [Xuan et al., 2012] Xuan, J.; Jiang, H.; Ren, Z. & Zou, W. (2012). Developer prioritization in bug repositories. Em *2012 34th International Conference on Software Engineering (ICSE)*, pp. 25--35. IEEE.
- [Yu & Mishra, 2013] Yu, L. & Mishra, A. (2013). An empirical study of Lehman's Law on software quality evolution. *Int J Software Informatics*, 7(3):469--481.
- [Zanetti et al., 2013] Zanetti, M. S.; Scholtes, I.; Tessone, C. J. & Schweitzer, F. (2013). Categorizing bugs with social networks: a case study on four open source software communities. Em *Proceedings of the 2013 International Conference on Software Engineering*, pp. 1032--1041. IEEE Press.
- [Zhang et al., 2016] Zhang, T.; Jiang, H.; Luo, X. & Chan, A. T. (2016). A literature review of research in bug resolution: Tasks, challenges and future directions. *The Computer Journal*, 59(5):741--773.
- [Zhang & Lee, 2011] Zhang, T. & Lee, B. (2011). A bug rule based technique with feedback for classifying bug reports. Em *Computer and Information Technology (CIT), 2011 IEEE 11th International Conference on*, pp. 336--343. IEEE.
- [Zhang et al., 2014] Zhang, W.; Han, G. & Wang, Q. (2014). Butter: An approach to bug triage with topic modeling and heterogeneous network analysis. Em *Cloud Computing and Big Data (CCBD), 2014 International Conference on*, pp. 62--69. IEEE.
- [Zibran, 2016] Zibran, M. F. (2016). On the effectiveness of labeled latent dirichlet allocation in automatic bug-report categorization. Em *Proceedings of the 38th International Conference on Software Engineering Companion*, pp. 713--715. ACM.
- [Zimmermann et al., 2010] Zimmermann, T.; Premraj, R.; Bettenburg, N.; Just, S.; Schroter, A. & Weiss, C. (2010). What makes a good bug report? *IEEE Transactions on Software Engineering*, 36(5):618--643.
- [Zimmermann et al., 2009] Zimmermann, T.; Premraj, R.; Sillito, J. & Breu, S. (2009). Improving bug tracking systems. Em *Software Engineering - Companion Volume, 2009. ICSE-Companion 2009. 31st International Conference on*, pp. 247--250.

Apêndice A

Lista de Ferramenta de Gerenciamento de Requisição de mudanças

| Nome | Licença | Lançamento |
|---|--------------------------------------|------------|
| Apache Bloodhound | Apache License | 2012 |
| Assembla Tickets | Proprietary, hosted. Available for f | 2008 |
| Axosoft | Proprietary, Saas | 2002 |
| BMC Remedy Action Request System | Proprietary | 1992 |
| Bontq | Proprietary, hosted. | 2010 |
| Brimir | AGPL | 2013 |
| Bugzilla | MPL | 1998 |
| Debbugs | GPL | 1994 |
| FogBugz | Saas | 2000 |
| Fossil SCM | BSD | 2006 |
| FusionForge | GPLv2 | 2009 |
| Gestionnaire libre de parc informatique | GPLv2 | 2003 |
| GNATS | GPL | 1992 |
| Google Code Hosting | Proprietary, hosted; available for | 2004 |
| HP Quality Center | Proprietary | 1995 |
| IBM Rational ClearQuest | Proprietary | 1998 |
| IBM Rational Team Concert | Proprietary | 2008 |
| JIRA | Proprietary. Free community licen | 2002 |
| Kayako SupportSuite | Proprietary, some parts GPL | 2001 |
| Launchpad | AGPL | 2004 |
| Liberum Help Desk | GPL | 2000 |
| MantisBT | GPL | 2000 |
| Microsoft Dynamics CRM | Proprietary, Commercial | 2003 |
| org-mode | GPL | 2003 |
| Open-source Ticket Request System | AGPL | 2002 |
| Pivotal Tracker | Proprietary, free version for public | 2008 |
| Plain Ticket | Proprietary, online, hosted. | 2011 |
| Planbox | Proprietary, free version | 2009 |
| QuickBase | Proprietary | 2000 |
| Redmine | GPLv2 | 2006 |
| Request Tracker | GPLv2 | 1999 |
| Roundup | MIT license (ZPL v 2.0 for the tem | 2001 |
| StarTeam | Proprietary | 2011 |
| Supportworks | Proprietary | 1994 |
| SysAid | Proprietary | 2002 |
| Targetprocess | Proprietary | 2005 |
| Team Foundation Server | Proprietary, Commercial | 2005 |
| Twproject | Proprietary, some parts LGPL | 2003 |
| TechExcel's DevTrack | Proprietary | 1997 |
| TestTrack | Proprietary | 1996 |
| The Bug Genie | Mozilla Public License 1.1 | 2003 |
| Trac Bug Tracking System | New BSD | 2006 |
| TrackerSuite.Net | Proprietary | 2006 |
| Tuleap | GPLv2 | 2011 |
| Usersnap Bug Tracking System | Proprietary | 2013 |
| Web Help Desk | Proprietary | 1999 |
| Wrike Project management software | Proprietary, hosted | 2006 |
| YouTrack | Proprietary, stand-alone and hoste | 2009 |
| Zoho BugTracker | Proprietary | 2011 |

Apêndice B

Formulário Aplicado para Seleção das Ferramentas

Ferramentas de Gerenciamento de Requisição de Mudança: avaliando as mais representativas

*Obrigatório

As manutenções em software podem ser classificadas em corretiva, adaptativa, perfectiva e preventiva [Lientz & Swanson, 1980]. A ISO 14764 propõe que exista um elemento comum denominado Requisição de Mudança que representa as características comuns a todas aqueles tipos de manutenção. Por conta do seu volume, as Requisições de Mudanças precisam ser gerenciadas por um sistema de informação ao qual denominamos Ferramentas de Gerenciamento de Requisição de Mudança (FGRM). A Figura 01 exhibe alguns exemplos de ferramentas que podem ser classificadas como FGRM. Esta pesquisa tem por objetivo caracterizar algumas ferramentas do tipo FGRM. Ao final, dentre outras informações, queremos saber quais ferramentas são consideradas mais completas, adequadas, funcionais ou usáveis. Caso seja do seu interesse podemos compartilhar com você estes resultados! Em caso de dúvidas favor enviar um e-mail para vagnercs@dcc.ufmg.br ou acesse minha página pessoal <http://homepages.dcc.ufmg.br/~vagnercs/>

Figura 01: Exemplos de Ferramentas de Gerenciamento de Requisição de Mudança



Background

1. Informe o horário que você começou a responder *

Exemplo: 08h30

2. Dentro do contexto de sua organização, qual é o nome de sua função atual? *

3. Faça um breve relato de suas principais atribuições. *

4. Considerando a sua atual ocupação, as suas atividade estão mais vinculadas com: *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ desenvolvimento de novos softwares
- ☐ manutenção e evolução de software já existentes
- ☐ sou estudante
- ☐ Outro: _____

5. Você possui quanto tempo de experiência em desenvolvimento/manutenção de software? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Menos de 03 anos
- ☐ 3 - 10 anos
- ☐ 10 - 20 anos
- ☐ 20 ou mais anos
- ☐ Estudante
- ☐ Outro: _____

6. Como você classifica o seu local de trabalho? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Empresa pública de software
- ☐ Empresa privada de software
- ☐ Projeto de código aberto
- ☐ Estudante
- ☐ Outro: _____

7. Qual é o tamanho de sua equipe? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ 1 (apenas eu)
- ☐ 2 - 5
- ☐ 6 - 10
- ☐ Mais do que 10

8. Com qual frequência você está envolvido nas seguintes atividades? **Marcar apenas uma oval por linha.*

| | Nunca | Uma vez por mês | Algumas vezes no mês | Semanalmente | Algumas vezes na semana | Algumas vezes no dia / diariamente |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------------------|
| Registrar Requisição de Mudança em uma FGRM | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Decidir se uma Requisição de Mudança será aceita ou rejeitada e qual tipo de manutenção deverá ser aplicada. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Planejar a fila de Requisições de Mudança (RM) aceitas e atribuir atribuição das RM's para o desenvolver mais apto. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Realizar as ações que irão solucionar a Requisição de Mudança. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Avaliar se uma Requisição de Mudança foi solucionada corretamente. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Definir os padrões e procedimentos que compõe o processo de manutenção que será utilizado. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Relevância das Ferramentas

Nesta pesquisa será apresentado um conjunto de ferramentas onde queremos saber qual a relevância de cada uma delas dentro do domínio das FGRM. Neste sentido, não estamos interessados em avaliar se uma determinada ferramenta é melhor do que outra, mas em determinar a notoriedade de uma FGRM em comparação com as que foram listadas. Caso uma ferramenta não esteja na lista a seguir, utilize a opção "Outro" para informá-la.

9. Informe o nome da FGRM que você utiliza atualmente *

10. Para cada uma das ferramentas listada a seguir pedimos que avalie a sua relevância dentro do domínio de aplicação das FGRM *

Marcar apenas uma oval por linha.

| | Não conheço a ferramenta | Nada relevante | Pouco relevante | Relevante | Muito relevante |
|--------------------|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Apache | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Bloodhound | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Assembla Tickets | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Axosoft | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| BMC Remedy | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Action Request | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| System | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Bontq | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Brimir | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Bugzilla | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Debbugs | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| FogBugz | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Fossil SCM | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| FusionForge | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Gestionnaire libre | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| de parc | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| informatique | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| GNATS GNU | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Google Code | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Hosting | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| HP Quality | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Center | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| IBM Rational | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| ClearQuest | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| IBM Rational | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Team Concert | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| JIRA Software | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Kayako | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| SupportSuite | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Launchpad | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Liberum Help | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Desk | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Mantis Bug | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Tracker | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Microsoft | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Dynamics CRM | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| org-mode | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Open-source | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Ticket Request | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| System | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Pivotal Tracker | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Plain Ticket | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Planbox | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| QuickBase | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Redmine | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Request Tracker | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Roundup Issue | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Tracker | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

| | Não conheço a ferramenta | Nada relevante | Pouco relevante | Relevante | Muito relevante |
|---|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| StarTeam | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Supportworks | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| SysAid | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Targetprocess | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Team Foundation Server | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Twproject | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| TechExcel's DevTrack | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| TestTrack | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| The Bug Genie | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Trac Bug Tracking System | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| TrackerSuite.Net | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Tuleap | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Usersnap Bug Tracking System | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Web Help Desk | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Wrike Project management software | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| YouTrack | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Zoho BugTracker | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| CA Service Desk | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| SourceSafe | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

11. Você gostaria de receber o resultado desta pesquisa **Marcar apenas uma oval.*

- ☐ Sim
☐ Não

12. Você gostaria de participar de outra pesquisa sobre esse mesmo tema? **Marcar apenas uma oval.*

- ☐ Sim
☐ Não

13. Informe o horário que você terminou de responder **Exemplo: 08h30*

14. Deseja incluir informações adicionais ou fazer sugestões sobre esta pesquisa?

Powered by
 Google Forms

Apêndice C

Modelo da Mensagem Enviada no Levantamento para Seleção das Ferramentas

Survey about Issue Tracking System

UFMG/Surveys/Tools/cc0 x



Vagner Clementino <vagnercs@dcc.ufmg.br>

21/11/2016 ☆

para me ▾



Dear ~~miraculix~~

I am a master candidate in Federal University of Minas Gerais in Brazil and I am conducting research about Issue Tracking System.

It will be great for us to count with your participation. You was chosen because your relevant participation in Stackoverflow's discussion.

This survey will be used in a research in Software Engineering. It take about **10 minutes**. Link to form <https://goo.gl/forms/eonOsVwc5p4BzSP52>

For questions please email to vagnercs@dcc.ufmg.br or access my homepage on homepages.dcc.ufmg.br/~vagnercs.

Thanks in advanced.

Apêndice D

Formulário dos Cartões Ordenados

Cartões Ordenados - Ferramentas de Gerenciamento de Requisições de Mudança

*Obrigatório

1. Nome da Ferramenta *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Bugzilla
- ☐ Mantis Bug Tracker
- ☐ JIRA Software
- ☐ Redmine
- ☐ Github Issue Tracking System
- ☐ Gitlab Issue Tracking System

2. URL Documentação *

3. Nome da Funcionalidade *

4. Descrição da Funcionalidade *

5. Observações Adicionais

Powered by
 Google Forms

Apêndice E

Sentenças de Busca por Base de Dados

| Base de Dados | Setença de Busca |
|---------------------|--|
| ACM Digital Library | ("issue tracking" OR "bug tracking" OR "issue-tracking" OR "bug-tracking" OR "bug repository" OR "issue repository") AND ("issue report" OR "bug report" OR "bug prioritization" OR "bug fix" OR "bug assignment" OR "bug reassignment" OR "bug triage" OR "duplicate bug" OR "reopened bug" OR "bug impact" OR "bug localization" OR "bug prediction" OR "bug risk" OR "bug severity" OR "bug classification") AND ("extension" OR "plugin" OR "add-on" OR "tool" OR "improving" OR "personalization") |
| IEEE Explore | ("Document Title": "issue tracking") OR ("Document Title": "bug tracking") OR ("Document Title": "issue-tracking") OR ("Document Title": "bug-tracking") OR ("Document Title": "bug repository") OR ("Document Title": "issue repository") AND ("Document Title": "issue report" OR "Document Title": "bug report" OR "Document Title": "bug prioritization" OR "Document Title": "bug fix" OR "Document Title": "bug assignment" OR "Document Title": "bug reassignment" OR "Document Title": "bug triage" OR "Document Title": "duplicate bug" OR "Document Title": "reopened bug" OR "Document Title": "bug impact" OR "Document Title": "bug localization" OR "Document Title": "bug prediction" OR "Document Title": "bug risk" OR "Document Title": "bug severity" OR "Document Title": "bug classification") AND ("Document Title": "extension" OR "Document Title": "plugin" OR "Document Title": "add-on" OR "Document Title": "tool" OR "Document Title": "improving" OR "Document Title": "personalization") |
| Inspec/Compendex | (((("issue tracking" OR "bug tracking" OR "issue-tracking" OR "bug-tracking" OR "bug repository" OR "issue repository") WN KY) AND (("issue report" OR "bug report" OR "bug prioritization" OR "bug fix" OR "bug assignment" OR "bug reassignment" OR "bug triage" OR "duplicate bug" OR "reopened bug" OR "bug impact" OR "bug localization") WN KY)) AND (("extension" OR "plugin" OR "add-on" OR "tool" OR "improving" OR "personalization") WN KY)) OR (((("issue tracking" OR "bug tracking" OR "issue-tracking" OR "bug-tracking" OR "bug repository" OR "issue repository") WN KY) AND (("bug prediction" OR "bug risk" OR "bug severity" OR "bug classification") WN KY)) AND (("extension" OR "plugin" OR "add-on" OR "tool" OR "improving" OR "personalization") WN KY)) |
| Scopus | (TITLE-ABS-KEY (("issue tracking" OR "bug tracking" OR "issue-tracking" OR "bug-tracking" OR "bug repository" OR "issue repository"))) AND (TITLE-ABS-KEY ("issue report" OR "bug report" OR "bug prioritization" OR "bug fix" OR "bug assignment" OR "bug reassignment" OR "bug triage" OR "duplicate bug" OR "reopened bug" OR "bug impact" OR "bug localization" OR "bug prediction" OR "bug risk" OR "bug severity")) AND (TITLE-ABS-KEY ("extension" OR "plugin" OR "add-on" OR "tool" OR "improving" OR "personalization")) |

Apêndice F

Modelo da Mensagem Enviada no Levantamento com Profissionais

Dear {{ real_name }}!

I'm Vagner Clementino (homepages.dcc.ufmg.br/~vagnercs), Master Student at Federal University of Minas Gerais, Brazil. I'm conducting a research, supervised by Prof. Rodolfo Resende - homepages.dcc.ufmg.br/~rodolfo concerned with improvements in Issue Tracking System. As part of them, we planned and executed a survey aiming at to reach a large-scale population of researchers/practitioners interested on to improve the features of the Issue Tracking Systems. Based on your area of interest, we kindly invite you to take part in the following survey:

{{url_formulario}}

You was chosen because your relevant participation/contribution in {{nome_grupo}} - {{url_grupo}}. Your opinion is essential to strength our findings. Please, help us accordingly your possibilities by answering this survey until **January 29th**. As soon as we conclude data analysis, we will share the results with all participants and the software engineering community. If you have already fulfilled this questionnaire, please ignore this email.

Thanks in advance,
Vagner Clementino

Apêndice G

Lista de Projetos Avaliação Sugestões de Melhorias

| Projeto | URL |
|-------------------|---|
| BLOODHOUND | https://github.com/apache/bloodhound |
| BUGS | https://github.com/veritech/bugs |
| BUGTRACKINGSYSTEM | https://github.com/sunilbooks/bugtrackingsystem |
| BUGTRAX | https://github.com/peithvergil/bugtrax |
| BUGTRCKR | https://github.com/sn0opy/bugtrckr |
| BUGZILLA | https://github.com/bugzilla/bugzilla |
| DEBBUGS | https://github.com/dondelelcaro/debbugs |
| FAVEO-HELPDESK | https://github.com/ladybirdweb/faveo-helpdesk |
| FIXPHASE | https://github.com/abdulazizalaa/fixphase |
| FLYSPRAY | https://github.com/flyspray/flyspray |
| FUSIONFORGE | https://github.com/fusionforge/fusionforge |
| GNATS | https://github.com/pld-linux/gnats |
| KATANABUGTRACKING | https://github.com/grievoushead/katanabugtracking |
| MANTISBT | https://github.com/mantisbt/mantisbt |
| NBT | https://github.com/mycelium/nbt |
| OHBUGZ | https://github.com/kadnan/ohbugz |
| POTRACHENO | https://github.com/dallaylaen/potracheno |
| PRAELATUS | https://github.com/praelatus/praelatus |
| QUICKRADAR | https://github.com/amyworrall/quickradar |
| REDMINE | https://github.com/redmine/redmine |
| SIMPLEBUGS | https://github.com/repoX/simplebugs |

Apêndice H

Formulário Aplicado para Avaliação das Sugestões de Melhorias

Towards Change Request Management Systems New Features

In the context of Software Maintenance, a Change Request - CR is the common element to corrective, adaptive, perfective, or preventive software problem types. Because of its volume, CRs need to be managed by tools. We use the term Change Request Management Systems (CRMS) to refer to the set or group of these tools. This class of systems serves as a central repository for monitoring the progress of bug reports, requesting additional information from reporters, and discussing potential solutions for fixing the bug.

The CRMSs are very efficient and effective, but the literature in Software Engineering presents studies that discuss their improvement needs. Based on the hypothesis that CRMSs need improvements, we conducted a study to evaluate a collection of CRMSs new features recommendations and to understand the level of difficulty to develop these features.

This form was developed so that most of the answers are optional. We provide a field where you can enter your email so that it can be removed from our list of participants. We don't want to be considered spammers. Please let us know if you want to receive a copy of the results.

For questions please email to vagnercs@dcc.ufmg.br or access my homepage on <http://homepages.dcc.ufmg.br/~vagnercs>. Thank you for your contribution. I hope not only to complete my master's degree but also to contribute to the evolution of Software Engineering.

*Obrigatório

Some examples of Change Request Management Systems



1. Please choose a project you are contributing the most.

Marcar apenas uma oval.

☐ bugzilla

☐ mantisbt

☐ redmine

☐ Outro: _____

2. For each recommendation listed below, choose your level of agreement with the following statement: "I would like this feature in my project." *

Marcar apenas uma oval por linha.

| | Strongly disagree | Disagree | Neither agree or disagree | Agree | Strongly agree |
|--|-----------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|
| #1 - The CRMSs should support some type of automatic feedback related on the quality of reported text. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| #2 - The CRMSs should enable source code search contained in your report, comments or attachments. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| #3 - The CRMSs should allow Change Requests ranking according to the reporters reputation. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| #4 - The CRMSs should provide shortcuts for filtering and ranking, for example the latest CRs accessed by a developer. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| #5 - The CRMSs should support Continuous Integration processes. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| #6- The CRMSs should give support beyond plain text specifications, for example Markdown. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| #7 - The CRMSs should provide automatic classification of CRs in terms of urgency. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| #8 - The CRMSs should support shared task, allowing collaborative work. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

3. For each recommendation listed below, choose your level of difficulty to develop it? *

Marcar apenas uma oval por linha.

| | Very difficult | Difficult | Neutral | Easy | Very easy |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| #1 - The CRMSs should support some type of automatic feedback related on the quality of reported text. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| #2 - The CRMSs should enable source code search contained in your report, comments or attachments. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| #3 - The CRMSs should allow Change Requests ranking according to the reporters reputation. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| #4 - The CRMSs should provide shortcuts for filtering and ranking, for example the latest CRs accessed by a developer. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| #5 - The CRMSs should support Continuous Integration processes. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| #6- The CRMSs should give support beyond plain text specifications, for example Markdown. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| #7 - The CRMSs should provide automatic classification of CRs in turns urgency and unexpectedness CRs. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| #8 - The CRMSs should support shared task, allowing collaborative work. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

4. What is your current location?

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Africa
- ☐ Central America
- ☐ Latin America
- ☐ North America
- ☐ Asia
- ☐ Europe
- ☐ Oceania

5. In your organization context, what is your job title?

6. **Considering your current occupation, please identify the activities that you are more engaged with:**

Marcar apenas uma oval.

- ☐ development of new software
- ☐ maintenance and evolution of software
- ☐ I am a student
- ☐ Outro: _____

7. **For how long have you been working in development or maintenance of software?**

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Less than 03 years
- ☐ 3 - 10 years
- ☐ 10 - 20 years
- ☐ More than 20 years

8. **What is the current size of your team?**

Marcar apenas uma oval.

- ☐ 1 (myself only)
- ☐ 2 - 5
- ☐ 6 - 10
- ☐ More than 10

9. **Would you like to receive the results of this research?**

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Yes
- ☐ No

10. **Would you like to participate in other research about the theme?**

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Yes
- ☐ No

11. **Enter your e-mail if you want to delete it from our list of participants.**

12. **Would you like to include additional information or suggestions about this research?**

Apêndice I

Modelo da Mensagem Enviada no Levantamento sobre as Sugestões de Melhorias das Funcionalidades das FGRLMs

Dear {{ real_name }}!

I'm Vagner Clementino (homepages.dcc.ufmg.br/~vagnercs), Master Student at Federal University of Minas Gerais, Brazil. I'm conducting a research, supervised by Prof. Rodolfo Resende - homepages.dcc.ufmg.br/~rodolfo concerned with improvements in Issue Tracking System. As part of them, we planned and executed a survey aiming at to reach a large-scale population of researchers/practitioners interested on to improve the features of the Issue Tracking Systems. Based on your area of interest, we kindly invite you to take part in the following survey:

{{url_formulario}}

You was chosen because your relevant participation/contribution in {{nome_grupo}} - {{url_grupo}}. Your opinion is essential to strength our findings. Please, help us accordingly your possibilities by answering this survey until **January 29th**. As soon as we conclude data analysis, we will share the results with all participants and the software engineering community. If you have already fulfilled this questionnaire, please ignore this email.

Thanks in advance,
Vagner Clementino