



VIII Simpósio Internacional de Melhoria de Processo de Software

Análise da Correlação entre Métricas de Tamanho, Complexidade de Código, Complexidade Funcional e Defeitos de Software

Waldo Luis de Lucca
wlucca@gmail.com


Carolina Fontana
carolinacacal@gmail.com

Plínio R. S. Vilela
prvilela@unimep.br

Mario Jino
jino@dca.fee.unicamp.br

Novembro de 2007
São Paulo – SP

Apoio:




VIII Simpósio Internacional de Melhoria de Processo de Software

Sumário

- Motivação
- Métricas de tamanho e complexidade X número de defeitos
- Trabalhos anteriores
- Estudo realizado
- Resultados
- Considerações finais

Análise da Correlação entre Métricas de Tamanho, Complexidade de Código, Complexidade Funcional e Defeitos de Software
W. L. Lucca, C. Fontana, P. R. S. Vilela e M. Jino

2




VIII Simpósio Internacional de Melhoria de Processo de Software

Motivação

- Importância da qualidade de software.
- Custos das falhas provocadas por defeitos de software.
- Papel do teste de software no gerenciamento da qualidade.
- Custos do teste de software.

Análise da Correlação entre Métricas de Tamanho, Complexidade de Código, Complexidade Funcional e Defeitos de Software
W. L. Lucca, C. Fontana, P. R. S. Vilela e M. Jino

3




VIII Simpósio Internacional de Melhoria de Processo de Software

Motivação

- Questões relacionadas ao teste de software:
 - O que testar?
 - Quanto testar?
 - Como testar?
- Por causa dos altos custos do teste de software:
 - Teste reduzido ou negligenciado.
 - Não é exigido o mínimo do software para se concluir algo sobre sua qualidade.

Análise da Correlação entre Métricas de Tamanho, Complexidade de Código, Complexidade Funcional e Defeitos de Software
W. L. Lucca, C. Fontana, P. R. S. Vilela e M. Jino

4




VIII Simpósio Internacional de Melhoria de Processo de Software

Motivação

- Questão central da pesquisa:
 - Como fazer para reduzir os custos do teste de software sem reduzir sua eficácia na detecção de defeitos?

Análise da Correlação entre Métricas de Tamanho, Complexidade de Código, Complexidade Funcional e Defeitos de Software
W. L. Lucca, C. Fontana, P. R. S. Vilela e M. Jino

5



VIII Simpósio Internacional de Melhoria de Processo de Software

Métricas de tamanho e complexidade X n.º de defeitos

- Métrica de tamanho (LOC):
 - É muito usada para estimar defeitos do software.
 - Vantagens:
 - Facilidade de coleta;
 - Facilidade de interpretação.
 - Desvantagens:
 - Influência da linguagem de programação usada;
 - Influência do estilo de programação.
 - É considerada uma boa métrica para predição de defeitos.

Análise da Correlação entre Métricas de Tamanho, Complexidade de Código, Complexidade Funcional e Defeitos de Software
W. L. Lucca, C. Fontana, P. R. S. Vilela e M. Jino

6



VIII Simpósio Internacional de Melhoria de Processo de Software

Métricas de tamanho e complexidade X n.º de defeitos

- Métricas de complexidade:
 - Geralmente são mais difíceis de serem medidas.
 - Há um conjunto maior de métricas.
 - Não há um padrão.
 - É impossível que uma única métrica encapsule todos os aspectos da complexidade de um software.
 - Exemplos:
 - Complexidade Ciclométrica;
 - Ciência de Software de Halstead;
 - Pontos de Função.

Análise da Correlação entre Métricas de Tamanho, Complexidade de Código, Complexidade Funcional e Defeitos de Software
W. L. Lucca, C. Fontana, P. R. S. Vilela e M. Jino

7




VIII Simpósio Internacional de Melhoria de Processo de Software

Trabalhos anteriores

- 2 experimentos:
 - Análise da relação métricas de tamanho e complexidade X número de defeitos em nível de segmento de código.
 - Análise da relação métricas de tamanho e complexidade X número de defeitos em nível de módulo.
 - Ambos utilizando técnicas de teste estrutural.

Análise da Correlação entre Métricas de Tamanho, Complexidade de Código, Complexidade Funcional e Defeitos de Software
W. L. Lucca, C. Fontana, P. R. S. Vilela e M. Jino

8




VIII Simpósio Internacional de Melhoria de Processo de Software

Trabalhos anteriores

- Resultados:
 - Em nível de segmentos de código:
 - Todas as métricas de tamanho (LOC) e complexidade (Ciência de Software de Halstead e Complexidade Ciclométrica) tiveram correlação com número de defeitos acima de 95%.
 - LOC teve correlação maior com número de defeitos do que as métricas de complexidade (acima de 99%).

Análise da Correlação entre Métricas de Tamanho, Complexidade de Código, Complexidade Funcional e Defeitos de Software
W. L. Lucca, C. Fontana, P. R. S. Vilela e M. Jino

9



VIII Simpósio Internacional de Melhoria de Processo de Software

Trabalhos anteriores

- Resultados:
 - Em nível de módulo:
 - A probabilidade de um módulo conter defeito é de 43,8% a 78,7% maior em módulos com tamanho ou complexidade acima da média.
 - Testando os módulos ordenados por métricas de tamanho ou complexidade pode-se reduzir em 6,2% até 17,7% o número de módulos a serem testados até que todos os defeitos sejam revelados.

Análise da Correlação entre Métricas de Tamanho, Complexidade de Código, Complexidade Funcional e Defeitos de Software
W. L. Lucca, C. Fontana, P. R. S. Vilela e M. Jino

10




VIII Simpósio Internacional de Melhoria de Processo de Software

Estudo realizado

- Metodologia:
 - Identificação do problema e formulação de hipóteses;
 - Seleção da abordagem de condução;
 - Seleção das métricas;
 - Seleção do software;
 - Coleta dos dados;
 - Cálculo de métricas derivadas dos dados coletados;
 - Análise estatística;
 - Interpretação dos resultados.

Análise da Correlação entre Métricas de Tamanho, Complexidade de Código, Complexidade Funcional e Defeitos de Software
W. L. Lucca, C. Fontana, P. R. S. Vilela e M. Jino

11




VIII Simpósio Internacional de Melhoria de Processo de Software

Estudo realizado

- Problema central da pesquisa:
 - Como reduzir o custo da atividade de teste de software, sem reduzir sua eficácia na detecção de defeitos?
 - Existe relação entre tamanho ou complexidade do software e seu número de defeitos?
 - Se existe relação, uma estratégia para manter a eficácia do teste a um custo menor concentraria o teste nas partes maiores ou mais complexas.

Análise da Correlação entre Métricas de Tamanho, Complexidade de Código, Complexidade Funcional e Defeitos de Software
W. L. Lucca, C. Fontana, P. R. S. Vilela e M. Jino

12




VIII Simpósio Internacional de Melhoria de Processo de Software

Estudo realizado

- Hipóteses:
 - Um segmento de código de programa mais complexo tem maior probabilidade de ter defeitos do que um segmento mais simples (hipótese estrutural).
 - Uma funcionalidade mais complexa de um software tem maior probabilidade de ter defeitos do que uma funcionalidade mais simples (hipótese funcional).
 - As funcionalidades mais complexas do software são implementadas pelos segmentos de código mais complexos (hipótese relacional).

Análise da Correlação entre Métricas de Tamanho, Complexidade de Código, Complexidade Funcional e Defeitos de Software
W. L. Lucca, C. Fontana, P. R. S. Vilela e M. Jino

13




VIII Simpósio Internacional de Melhoria de Processo de Software

Estudo realizado

- Métricas selecionadas:
 - LOC (métrica de tamanho);
 - Dificuldade e Esforço de Halstead (métricas de complexidade de código);
 - Erros de Halstead (estimador de defeitos de software);
 - Pontos de Função (métrica de complexidade funcional).

Análise da Correlação entre Métricas de Tamanho, Complexidade de Código, Complexidade Funcional e Defeitos de Software
W. L. Lucca, C. Fontana, P. R. S. Vilela e M. Jino

14




VIII Simpósio Internacional de Melhoria de Processo de Software

Estudo realizado

- Software selecionado:
 - Merci (Sistema de Gestão de Mercearia).
 - Disponível na página do modelo de processos Praxis.
 - Implementado em Java.
 - Documentação disponível.

Análise da Correlação entre Métricas de Tamanho, Complexidade de Código, Complexidade Funcional e Defeitos de Software
W. L. Lucca, C. Fontana, P. R. S. Vilela e M. Jino

15




VIII Simpósio Internacional de Melhoria de Processo de Software

Estudo realizado

- Coleta de dados e cálculo das métricas:
 - LOC e métricas de Halstead: uso da ferramenta Counter.java.
 - Pontos de função (por caso de uso): documentação disponível junto com o programa.
 - Relação entre as funcionalidades (casos de uso) e os métodos e classes que as implementam: diagramas de seqüência disponíveis na documentação do software.

Análise da Correlação entre Métricas de Tamanho, Complexidade de Código, Complexidade Funcional e Defeitos de Software
W. L. Lucca, C. Fontana, P. R. S. Vilela e M. Jino

16




VIII Simpósio Internacional de Melhoria de Processo de Software

Estudo realizado

- **Análise estatística:**
 - Análise da correlação entre:
 - LOC X Estimativa de Defeitos;
 - Dificuldade e Esforço de Halstead X Estimativa de Defeitos;
 - Pontos de Função X Estimativa de Defeitos;
 - LOC X Pontos de Função;
 - Dificuldade e Esforço de Halstead X Pontos de Função;
 - LOC X Dificuldade e Esforço de Halstead.

Análise da Correlação entre Métricas de Tamanho, Complexidade de Código, Complexidade Funcional e Defeitos de Software
W. L. Lucca, C. Fontana, P. R. S. Vilela e M. Jino

17



VIII Simpósio Internacional de Melhoria de Processo de Software

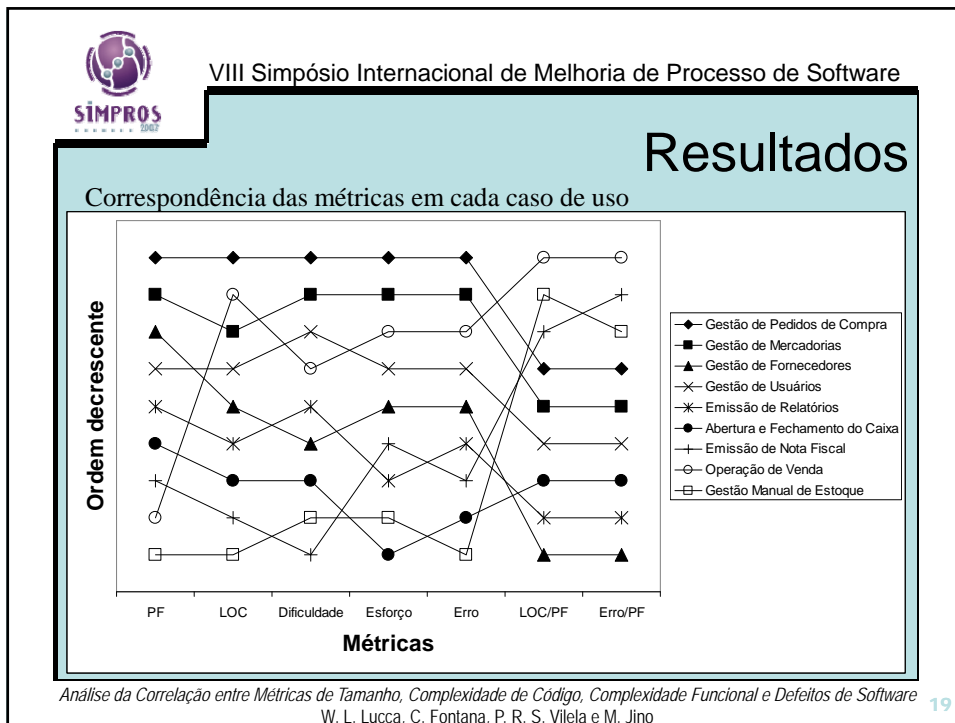
Resultados

Complexidade funcional, tamanho, complexidade de código e estimativa de defeitos por caso de uso do Mercú

Caso de Uso	PF	LOC	Dificuldade	Esforço	Erro	LOC/PF	Erro/PF
Gestão de Usuários	23	670	579,27	123.667,82	4,38	29	0,19
Gestão de Mercadorias	26	839	595,91	194.892,35	6,16	32	0,24
Operação de Venda	8	912	563,23	172.771,88	5,96	114	0,75
Abertura e Fechamento do Caixa	13	323	217,88	54.175,84	2,04	25	0,16
Emissão de Nota Fiscal	8	304	166,16	94.984,68	2,67	38	0,33
Gestão de Fornecedores	25	472	361,05	114.061,69	3,26	19	0,13
Gestão Manual de Estoque	6	267	169,58	57.499,07	1,70	45	0,28
Gestão de Pedidos de Compra	36	1.234	922,84	270.272,89	8,48	34	0,24
Emissão de Relatórios	20	461	396,69	88.650,54	2,81	23	0,14
Médias:						40	0,27

Análise da Correlação entre Métricas de Tamanho, Complexidade de Código, Complexidade Funcional e Defeitos de Software
W. L. Lucca, C. Fontana, P. R. S. Vilela e M. Jino

18



VIII Simpósio Internacional de Melhoria de Processo de Software

Resultados


Coeficientes de correlação entre as métricas

Complexidade funcional		Estimativa de defeitos		Tamanho e complexidade de código	
PF x LOC	0,656293	Erros x PF	0,661668	LOC x Dificuldade	0,972230
PF x Dificuldade	0,778221	Erros x LOC	0,990166	LOC x Esforço	0,968030
PF x Esforço	0,691112	Erros x Dificuldade	0,953243	Densidade por PF	
PF x Erros	0,661668	Erros x Esforço	0,990268	LOC/PF x Erros/PF	0,987655

Análise da Correlação entre Métricas de Tamanho, Complexidade de Código, Complexidade Funcional e Defeitos de Software
W. L. Lucca, C. Fontana, P. R. S. Vilela e M. Jino

20

VIII Simpósio Internacional de Melhoria de Processo de Software



Resultados

Coeficientes de correlação entre as métricas


Complexidade funcional		Estimativa de defeitos		Tamanho e complexidade de código	
PF x LOC	0,656293	Erros x PF	0,661668	LOC x Dificuldade	0,972230
PF x Dificuldade	0,778221	Erros x LOC	0,990166	LOC x Esforço	0,968030
PF x Esforço	0,691112	Erros x Dificuldade	0,953243	Densidade por PF	
PF x Erros	0,661668	Erros x Esforço	0,990268	LOC/PF x Erros/PF	0,987655

Correlação forte
 Correlação moderada

Análise da Correlação entre Métricas de Tamanho, Complexidade de Código, Complexidade Funcional e Defeitos de Software
 W. L. Lucca, C. Fontana, P. R. S. Vilela e M. Jino

21

VIII Simpósio Internacional de Melhoria de Processo de Software




Considerações finais

- **Conclusões acerca das hipóteses:**
 - Hipótese estrutural: o estudo confirma os trabalhos anteriores (as partes maiores ou mais complexas do código têm maior chance de ter defeitos).
 - Hipótese funcional: o estudo aponta que nem sempre as funcionalidades mais complexas têm mais defeitos.
 - Hipótese relacional: o estudo aponta que nem sempre as partes maiores ou mais complexas do código correspondem às funcionalidades mais complexas.

Análise da Correlação entre Métricas de Tamanho, Complexidade de Código, Complexidade Funcional e Defeitos de Software
 W. L. Lucca, C. Fontana, P. R. S. Vilela e M. Jino

22




VIII Simpósio Internacional de Melhoria de Processo de Software

Considerações finais

- Limitações do estudo:
 - Levou em consideração um único software.
 - O fato de uma funcionalidade ser mais simples do que outra não permite que ela seja dispensada do teste (todas as funcionalidades devem ser testadas).
 - Não considerou os requisitos de teste, que é o determinante de quanto cada função deve ser testada.
 - Novos estudos e experimentos devem ser feitos para confirmar e ampliar as conclusões.

Análise da Correlação entre Métricas de Tamanho, Complexidade de Código, Complexidade Funcional e Defeitos de Software
W. L. Lucca, C. Fontana, P. R. S. Vilela e M. Jino

23



VIII Simpósio Internacional de Melhoria de Processo de Software

Considerações finais

- Redução de custos do teste de software:
 - Estratégias baseadas em teste estrutural podem ser formuladas com a finalidade de concentrar os recursos do teste nas partes maiores ou mais complexas do código.
 - Estratégias baseadas em teste funcional também podem ser formuladas para concentrar os recursos do teste nas funcionalidades mais complexas, mas sua eficácia é menor do que as estratégias baseadas em teste estrutural.

Análise da Correlação entre Métricas de Tamanho, Complexidade de Código, Complexidade Funcional e Defeitos de Software
W. L. Lucca, C. Fontana, P. R. S. Vilela e M. Jino

24



VIII Simpósio Internacional de Melhoria de Processo de Software

Agradecimento

Parte deste trabalho foi realizada com verba do Fundo de Apoio à Pesquisa da Universidade Metodista de Piracicaba, que financiou uma bolsa de iniciação científica no Programa de Formação Científica do Discente, vinculado ao Programa de Bolsas de Iniciação Científica do CNPq.

Análise da Correlação entre Métricas de Tamanho, Complexidade de Código, Complexidade Funcional e Defeitos de Software
W. L. Lucca, C. Fontana, P. R. S. Vilela e M. Jino

25