

Proposta de Tese

Um Modelo de Predição de Tempo de Manutenção de Software Orientado por Objetos

Kecia Aline Marques Ferreira

Orientadora: Prof.^a Mariza Bigonha
Co-orientador: Prof. Roberto Bigonha
Colaborador: Prof. Bernardo de Lima

Um Modelo de Predição de Tempo de Manutenção de Software Orientado por Objetos

- Contextualização
- Problema
- Objetivos
- Solução Proposta
 - Métrica de Coesão Contratual
 - Valores Referência para Métricas de Software Orientado por Objetos
 - **K3B** – Modelo proposto de predição de tempo de manutenção de software orientado por objetos
- Atividades a serem realizadas

Contextualização

- Mais de 70% do custo total de um software corresponde à atividade de manutenção

Meyer(1997) e Sommerville (2003)

- Reduzir o custo de manutenção é imperativo
- Medir a manutenibilidade de software permite a predição de custos e riscos
- Problema: *como aferir a facilidade de manutenção de um software?*

Problema

- Para avaliar manutenibilidade é preciso avaliar as características do software
- Há uma grande variedade de métricas de software OO, mas ainda não se conhecem os seus valores referência
Tempero (2008)
- Para alguns fatores, como coesão interna de módulos, não há um consenso sobre uma métrica para sua avaliação
Counsell et al. (2004), Mäkelä & Leppanen (2007)
- Não há ainda um modelo que capture com fidelidade a manutenibilidade de software orientado por objetos
Heitlager (2007), Deissenboek (2007)

Objetivos

- Definição, formalização e avaliação de um modelo de previsão de tempo de manutenção de software orientado por objetos denominado **K3B**
- Definição da métrica Coesão Contratual, que avalia a coesão interna de classes, um dos fatores considerados em K3B
- Identificação dos valores referência para as principais métricas de software OO, especialmente para aqueles que poderão ser utilizadas em K3B
- Evolução da ferramenta Connecta (Ferreira, 2006) para implementar a coleta de Coesão Contratual e K3B

Métrica Coesão Contratual

Métrica Coesão Contratual

- Coesão é o grau de intercomunicação entre os elementos internos de um módulo
- Avaliar quantitativamente a coesão de um módulo é:
 - difícil, pois isso pode envolver o conhecimento do domínio do problema
 - essencial, pois é fator de grande importância na manutenibilidade de software

Métrica Coesão Contratual

- LCOM (*lack of cohesion in methods*) é a métrica mais referenciada na literatura
 - Proposta em 1994, por Chidamber e Kemerer
 - Avalia coesão pelo grau de similaridade entre seus métodos
 - Similaridade é definida pelo uso de variáveis de instância da classe
 - Sua eficácia para avaliar coesão é muito criticada na literatura

Métrica Coesão Contratual

- Contrato de uma classe é o conjunto de serviços exportados por ela
- Para benefício da modularidade, é importante a criação de classes cujo conjunto de serviços represente um propósito bem definido, ou seja, que a classe implemente um único *contrato*
- Objetivo da métrica Coesão Contratual: contar o número de contratos que um classe implementa

Métrica Coesão Contratual

- Conceitos:
 - **Contrato:** conjunto de métodos
 - **Relacionamento:** dois métodos de uma classe C estão relacionados se usam pelo menos um atributo de C em comum, ou se um utiliza o outro, ou se utilizam métodos em comum
 - **Propriedade transitiva de relacionamento:** se a está relacionado com b e b está relacionado com c , então a está relacionado com c .

Métrica Coesão Contratual

- Definição formal da métrica:
 - m : número de métodos da classe
 - $N = m$: número máximo de contratos da classe
 - C : conjunto dos conjuntos disjuntos de métodos com relacionamentos entre si
 - $n = |C|$: número de contratos coesos
 - **Coesão Contratual = $1/n$** , se $n > 0$
Coesão Contratual = 0, caso contrário

Métrica Coesão Contratual

- Exemplo:
 - Uma classe que tem 2 contratos, tem Coesão Contratual igual a 0,5
 - Uma classe que tem 1 contrato, tem Coesão Contratual igual a 1
- Avaliação preliminar de Coesão Contratual
 - A métrica foi implementada na ferramenta *Connecta*
 - A métrica foi utilizada para auxiliar a identificação de necessidades de reestruturações em um software com cerca de 60 classes
 - Das 60 classes avaliadas, a métrica não capturou falhas de coesão em 4 classes, no seguinte caso:
 - Classe possui apenas 1 método que executa todos os serviços, tais como interface com o usuário e persistência de dados

Métrica Coesão Contratual

- A métrica não avalia coesão interna de métodos
- Nas classes que possuem somente métodos *get* e *set*, a métrica indicou falta de coesão.
 - Do ponto de vista do conceito de coesão empregado na métrica, o resultado está correto
- A métrica não avalia relacionamento entre os atributos das classes

Métrica Coesão Contratual

- Atividades a serem realizadas
 - Identificação dos valores referência para Coesão Contratual
 - Foram coletados dados em um conjunto de 25000 classes
 - Os resultados deste experimento serão ainda avaliados e publicados
 - Avaliação da eficácia da métrica
 - A análise realizada no grupo de 60 classe será estendida para um número maior de classes

Valores Referência de Métricas de Software Orientado por Objetos

Motivação

- Embora métrica de software seja essencial para medir, avaliar, controlar e melhorar produtos e processos de software, elas não têm sido utilizadas de forma ampla na indústria
- Principal motivo disso: para a maior parte das métricas ainda não se conhecem os valores referência
- Há uma carência de estudos sobre esse assunto

Tempero (2008)

Objetivo

- Objetivo do estudo realizado neste trabalho: identificar valores referência para um conjunto de métricas de software OO, em particular para aquelas que poderão ser utilizadas em K3B
- Metodologia
 - Foram utilizados 40 softwares abertos de 11 domínios de aplicações diferentes (*sourceforge.net*) desenvolvidos em Java
 - O estudo envolve 26.202 classes

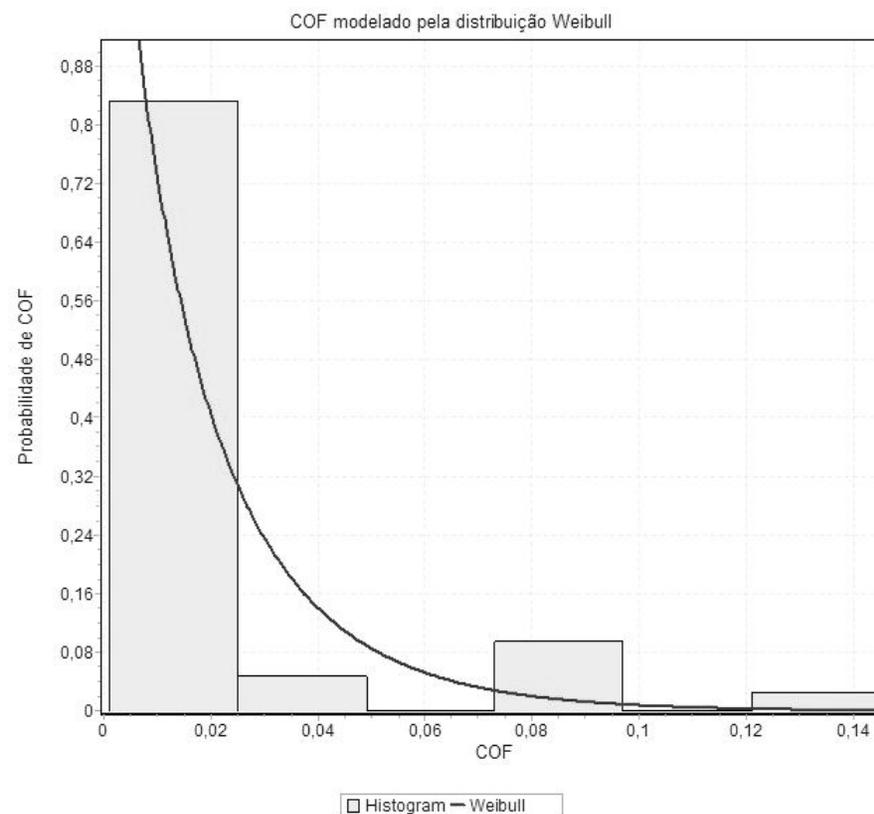
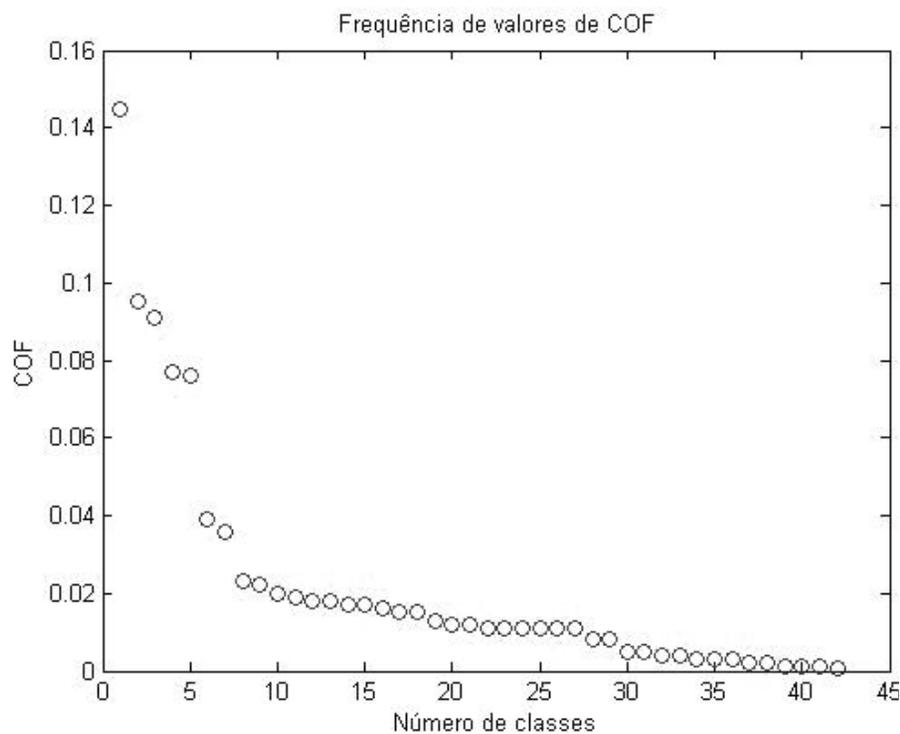
Metodologia

- Critério de seleção de softwares para análise:
 - Tamanhos diversificados
 - Domínios de aplicação diversos
 - Níveis de popularidade diversos
 - Bytecode disponível ou facilidade de sua geração
- Métricas avaliadas:
 - COF (fator acoplamento): grau de conectividade do software, que é dado por *número de conexões / (n²-n)*, onde *n* é o número de classes do software
 - LCOM (*lack of cohesion in methods*)
 - DIT (*depth of inheritance tree*)
 - conexões aferentes: conexões que chegam à classe (*in-degree*)
 - quantidade de atributos públicos
 - quantidade de métodos públicos

Metodologia

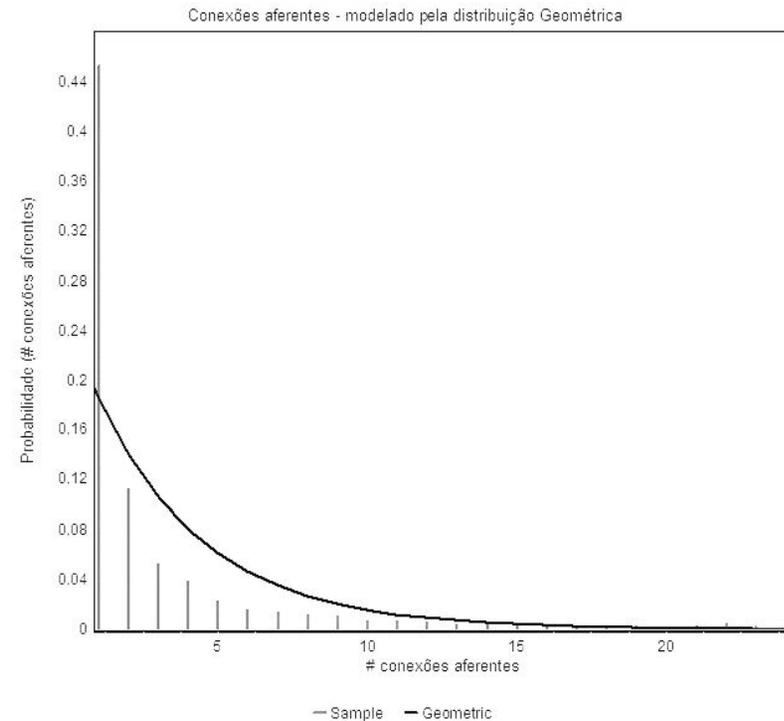
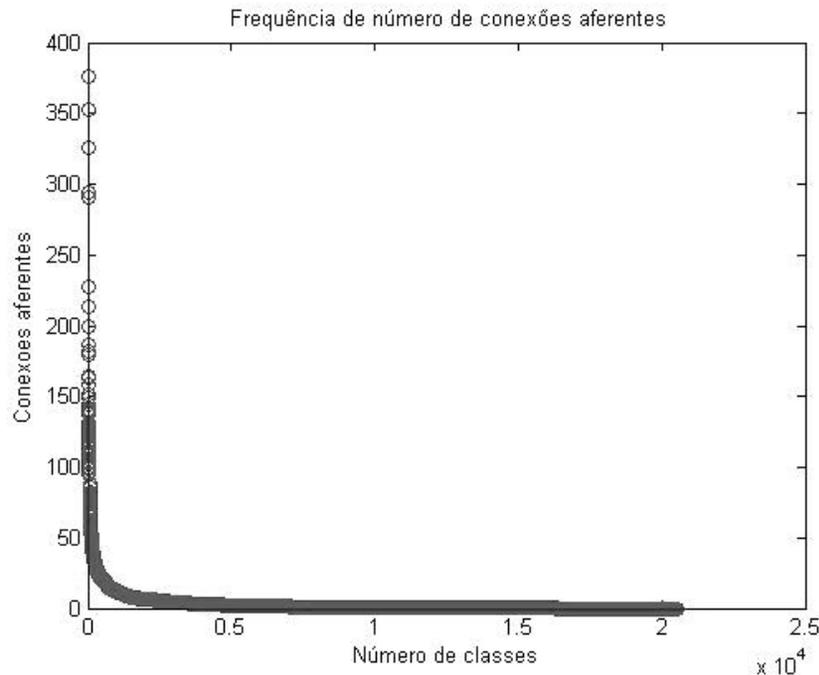
- Ajuste dos dados: as medidas coletadas foram ajustadas a diversas distribuições de probabilidades
- Análise dos ajustes e identificação de valores referência para as métricas

Resultados - COF



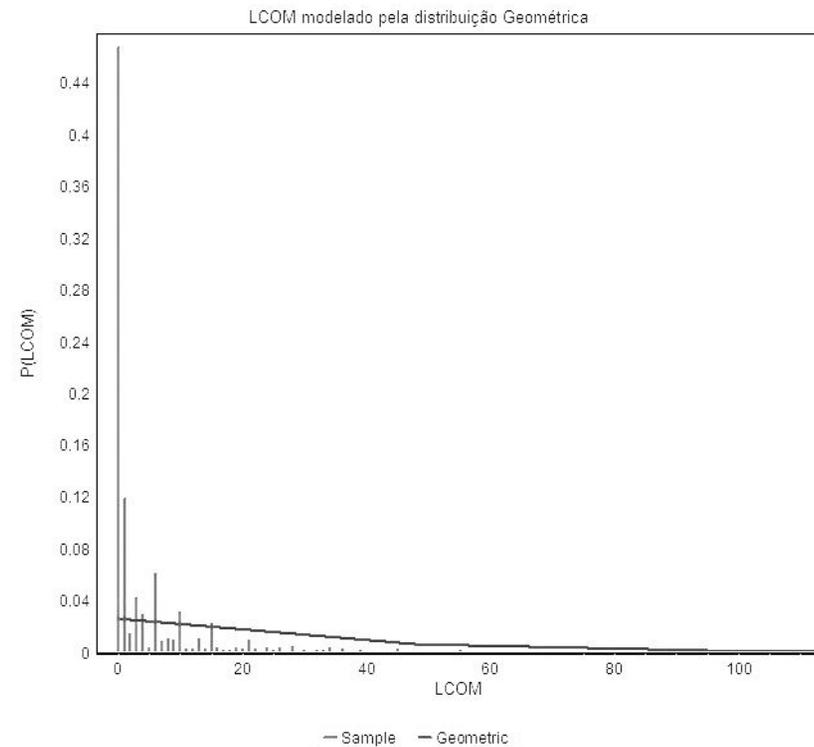
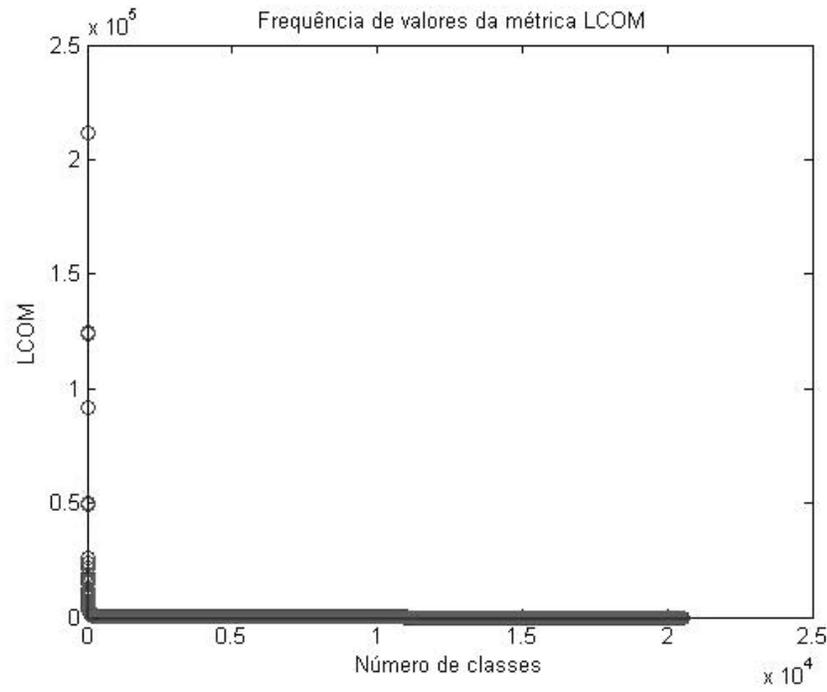
- Mais de 80% dos softwares tem COF até 0,02
- A probabilidade de COF estar entre 0,02 e 0,14 é baixa
- A probabilidade de COF ser maior do que 0,14 aproxima-se de zero.

Resultados - Conexões Aferentes



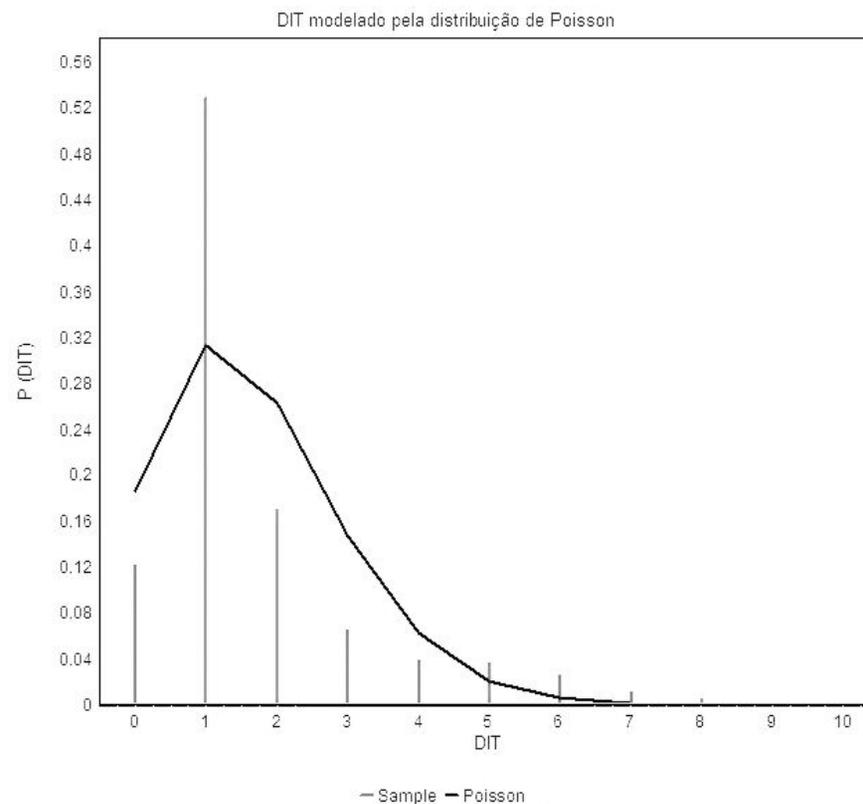
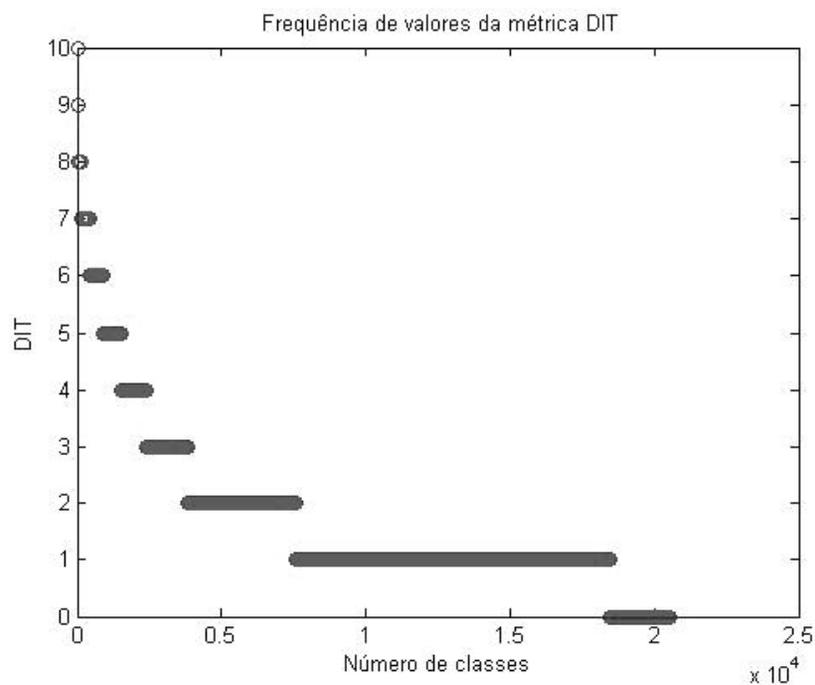
- Aproximadamente 50% das classes têm até 1 conexão aferente
- A probabilidade de um classe ter entre 1 e 20 conexões aferentes é baixa
- A probabilidade de o número de conexões aferentes ser maior do que 20 aproxima-se de zero

Resultados - LCOM



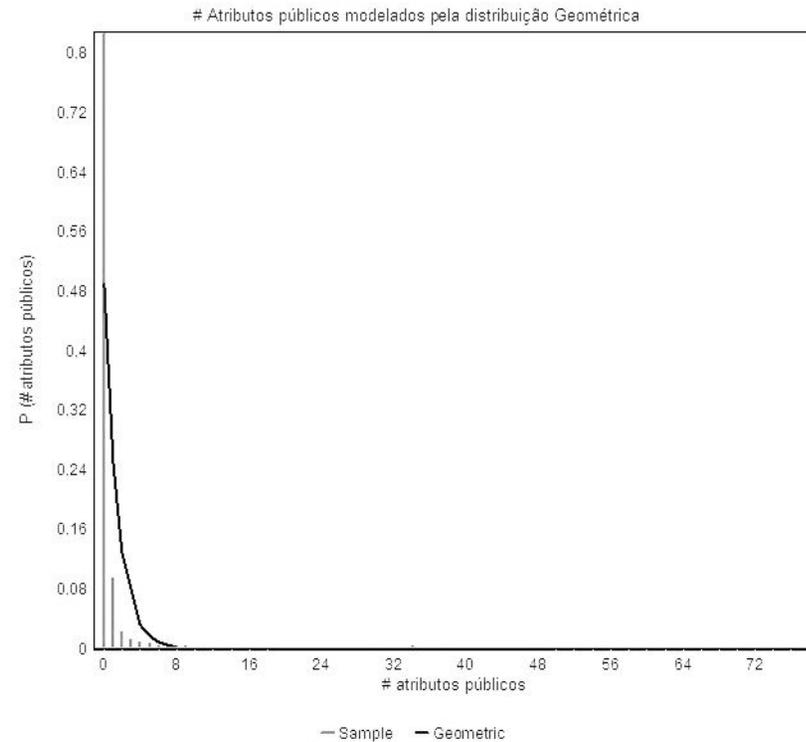
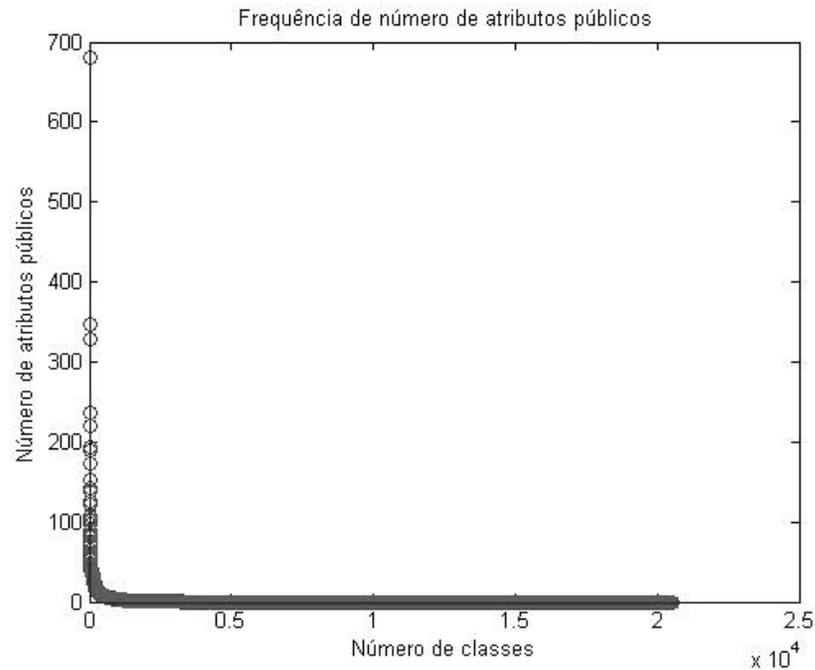
- Aproximadamente 50% das classes têm LCOM igual a 0
- A probabilidade de uma classe ter LCOM entre 0 e 20 é baixa
- A probabilidade de LCOM ser maior do que 20 aproxima-se de zero.

Resultados - DIT



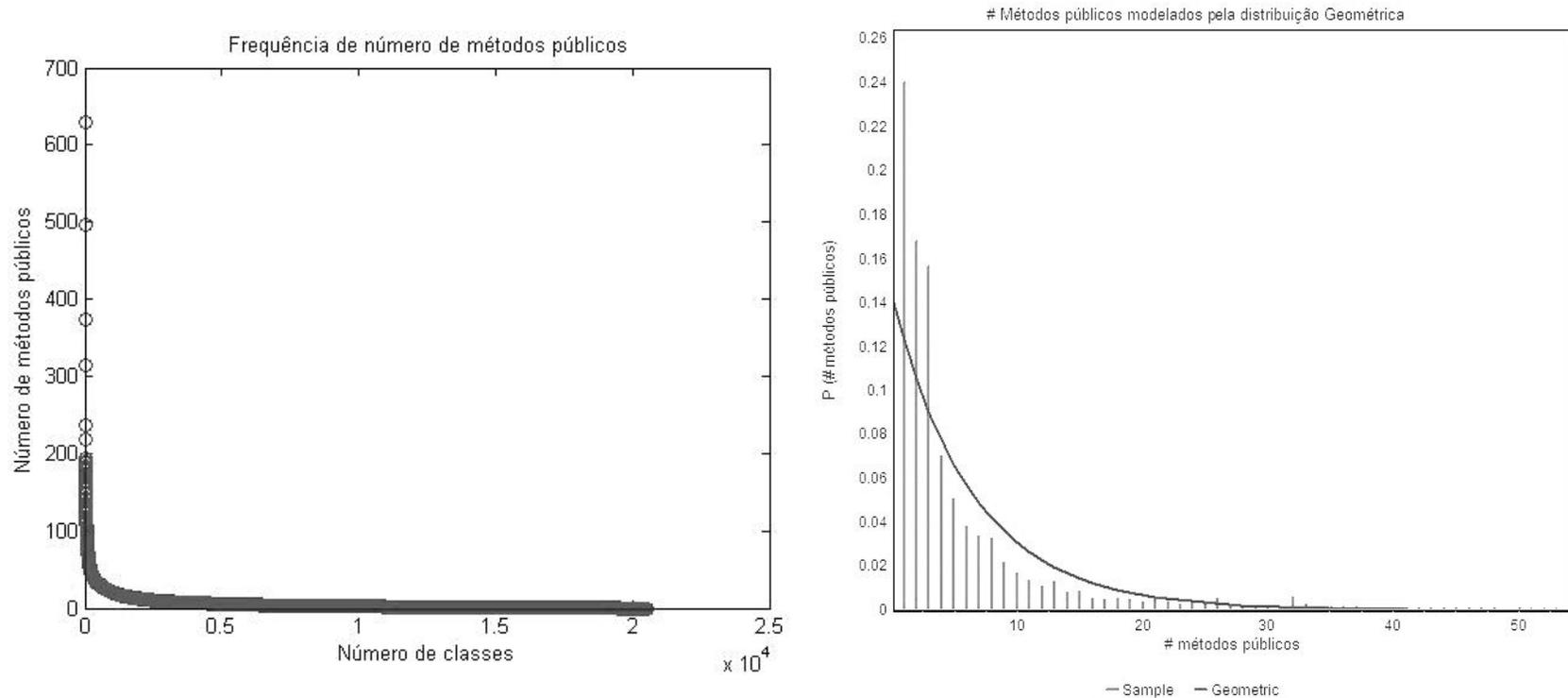
- Ajusta-se à distribuição de Poisson, com parâmetros $\lambda = 1,6818$ e $\beta = 3,22$.
- Na distribuição de Poisson, λ indica o valor médio da variável aleatória
- O valor médio de DIT é, então, 2

Resultados - Atributos Públicos



- Mais de 75% das classes não possuem atributos públicos
- A probabilidade de uma classe ter de 1 a 8 atributos públicos é baixa
- A probabilidade de uma classe ter mais de 8 atributos públicos é próxima de zero.

Resultados - Métodos Públicos



- A maior parte das classes possuem até 10 métodos públicos
- A probabilidade de uma classe possuir de 10 a 40 métodos públicos é baixa
- A probabilidade de uma classe possuir mais de 40 métodos públicos é próxima da zero.

Valores Referência Identificados

Fator	Nível	Métrica	Valor Referência
Conectividade	Sistema	COF	Bom: até 0,02 Regular: entre 0,02 e 0,14 Ruim: $\geq 0,14$
	Classe	#conexões afidentes	Bom: 1 Regular: entre 1 e 20 Ruim: ≥ 20
Ocultação de Informação	Classe	#atributos públicos	Bom: 0 Regular: entre 0 e 8 Ruim: ≥ 8
Tamanho da Interface	Classe	#métodos públicos	Bom: de 0 a 10 Regular: entre 10 e 40 Ruim: ≥ 40
Herança	Classe	DIT	Valor típico: 2
Coesão interna	Classe	LCOM	Bom: 0 Regular: entre 0 e 20 Ruim: ≥ 20

K3B - Um Modelo de Predição de Tempo de Manutenção de Software Orientado por Objetos

Enunciado do Problema

- Software é constituído por módulos que interagem entre si
- Na orientação por objetos, classes são consideradas como módulos
- Na atividade de manutenção, identificam-se dois estados para um módulo:
 - *em manutenção*: quando está passando por uma manutenção que afete a sua interface
 - *atualizado*: quando não está sofrendo manutenção que afete a sua interface
- Problema: qual é o tempo de estabilização de um software quando um ou mais módulos sofrem manutenção que altere suas interfaces?

Modelo da Lâmpadas de Myers

- Myers (1975) modela o problema de estabilização de software como um circuito de 100 lâmpadas
 - Lâmpadas correspondem a módulos
 - Lâmpadas podem assumir dois estados: *acesa* ou *apagada*
 - *Acesa*: indica atividade de manutenção no módulo
 - Se uma lâmpada está *acesa*, a probabilidade de passar para *apagada* no próximo segundo é 50%
 - Se uma lâmpada está *apagada*, a probabilidade de passar para *acesa* no próximo segundo é 50 % se estiver conectada a pelo menos uma lâmpada *acesa*

Modelo da Lâmpadas de Myers

- Quando todas as lâmpadas estão inicialmente acesas, Myers identifica as seguintes situações:
 - Inexistência de conexões entre as lâmpadas: tempo de equilíbrio é 7 segundos
 - Agrupamentos de 10 lâmpadas, sendo que os agrupamentos são independentes entre si e cada um deles é totalmente conectado: 20 minutos
 - Circuito totalmente conectado: 10^{22} anos
- O modelo de Myers:
 - Evidencia a importância da conectividade do software na sua manutenção
 - É informal e qualitativo
 - Não considera características particulares de cada software, como a forma como as conexões são estabelecidas e as características internas de seus módulos

Definição de K3B

- K3B visa determinar o tempo de estabilização de um software constituído por n módulos, no qual i desses módulos sofrerão manutenção
- O modelo não considera aspectos como o número de pessoas envolvidas na tarefa de manutenção e a produtividade da equipe

Definição de K3B

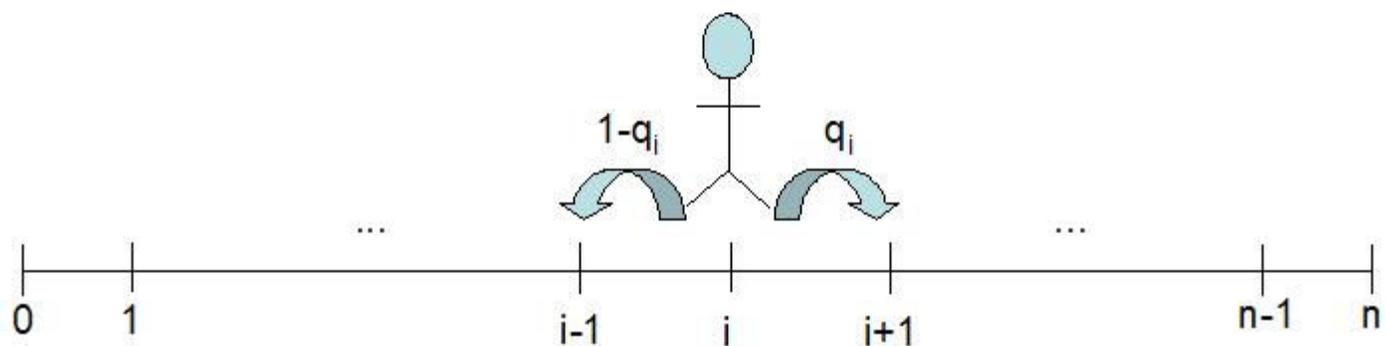
- Seja um sistema constituído por n módulos
- $S = \{0, 1, 2, 3, \dots, n\}$ denota o conjunto de estados do sistema
- Cada estado corresponde à quantidade de módulos em manutenção em um dado instante
- Quando o número de módulo em manutenção for igual a zero, diz-se que o sistema atingiu estabilidade
- Deseja-se saber o número de passos (tempo) para que o sistema chegue à estabilidade dado o número i de módulos em manutenção

Definição de K3B

- Esse problema pode ser modelado por uma Cadeia de Markov: se i é o estado presente, a probabilidade de se passar para os estados futuros depende somente do estado presente i e não dos estados assumidos antes de i
- A quantidade de módulos em manutenção no instante futuro depende somente da quantidade de módulos em manutenção no instante presente
- A partir do estado i ($i \neq 0$ e $i \neq n$) em um instante, no próximo instante somente é possível ir para o estado $i+1$ ou para $i-1$

Definição de K3B

- Esta situação é modelada pela seguinte Cadeia de Markov: no estado i , a probabilidade de se passar para o estado $i+1$ é q_i e de se passar para o estado $i-1$ é $1-q_i$



Definição de K3B

- Esta cadeia é representado por uma matriz de probabilidades $P = (p_{ij})$, na qual:
 - Cada posição ij representa a probabilidade de se passar do estado i para o estado j
- Neste problema, há as seguintes condições:
 - O estado em que há 0 módulos em manutenção é chamado de *estado absorvente*. A probabilidade de permanecer nele é 1 e de sair dele é 0.

$$p_{0j} = \begin{cases} 1, & \text{se } j = 0 \\ 0, & \text{se } j \neq 0 \end{cases}$$

Definição de K3B

- No estado em que há n módulos em manutenção, somente é possível ir para o estado em que haverá $n-1$ módulos em manutenção

$$p_{nj} = \begin{cases} 1, & \text{se } j = n-1 \\ 0, & \text{se } j \neq n-1 \end{cases}$$

- Nos estados intermediários, em que há i módulos em manutenção, $i \in \{1, 2, 3, \dots, n-1\}$, não é possível passar para estados diferentes de $i+1$ e $i-1$

$$p_{ij} = \begin{cases} 0, & \text{se } j \neq i+1 \text{ e } i-1 \\ q_i, & \text{se } j = i+1 \\ 1-q_i, & \text{se } j = i-1 \end{cases}$$

Definição de K3B

- Supondo-se que no sistema cada módulo possua conexões com todos os demais, a partir do estado i :
 - A probabilidade de se passar para o estado $i+1$
 - É proporcional ao número de módulos que não estão em manutenção ($n-i$): quanto maior o número de módulos que não estão em manutenção, maior a chance de que pelo menos um deles entre em manutenção
 - É proporcional ao número de módulo que estão em manutenção (i): quanto maior o número de módulos em manutenção, maior a chance de os outros entrarem em manutenção em decorrência das manutenções atuais

Definição de K3B

- A probabilidade de se passar para o estado $i-1$
 - É proporcional ao número de módulo que estão em manutenção (i): quanto maior o número de módulos em manutenção, maior a chance de que pelo menos um finalize manutenção no instante seguinte

Definição de K3B

- Utilizamos os termos
 - “taxa de contaminação”: quantidade de módulos nos quais será necessário realizar manutenções em decorrência do número de módulos em manutenção no estado corrente do sistema
 - α é o parâmetro que indica a taxa de contaminação
 - Deve ser um fator que quanto maior, maior também a taxa de contaminação
 - Candidato: grau de acoplamento entre os módulos
 - “taxa de melhora”: quantidade de módulos que terão a manutenção finalizada sem implicar na manutenção de outros módulos
 - β é o parâmetro que indica a taxa de melhora
 - deve ser um fator que quanto maior, maior a probabilidade de manutenções serem realizadas sem afetar outros módulo
 - Candidato: grau de coesão interna dos módulos

Definição de K3B

- Com isso:

$$p_{i,i+1} \propto k_1 \alpha (n-i)i \quad \text{e} \quad p_{i,i-1} \propto k_2 \beta i$$

- Como a soma de $p_{i,i+1}$ e $p_{i,i-1}$ deve ser igual a 1, obtém-se as seguintes equações:

$$p_{i,i+1} = \frac{\alpha (n-i)i}{\alpha (n-i)i + \beta i} \quad \text{e} \quad p_{i,i-1} = \frac{\beta i}{\alpha (n-i)i + \beta i}$$

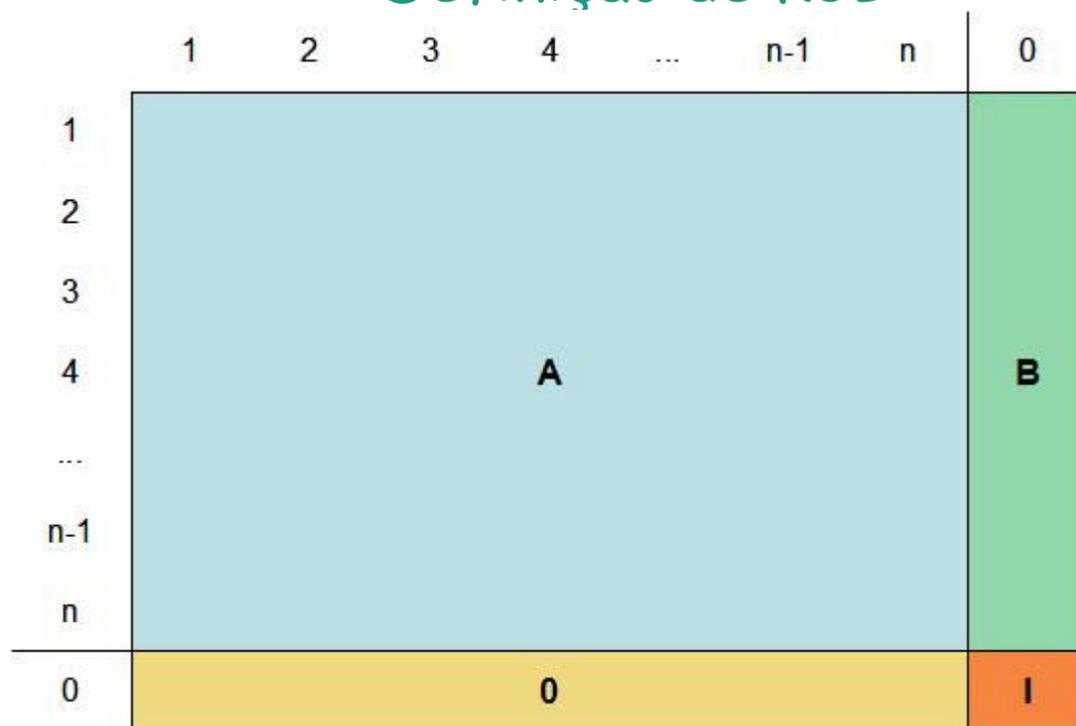
Definição de K3B

- O problema investigado consiste em determinar quanto tempo (qual o número de passos) o sistema levará para sair de um estado i e chegar ao *estado absorvente*: $E(t_i)$
- Há um teorema que soluciona esta questão
- Para que ele possa ser aplicado é necessário que a matriz de probabilidade da cadeia seja construída de forma que o estado absorvente seja a última linha e a última coluna da matriz

Definição de K3B

	1	2	3	4	...	n-1	n	0
1	0	q_1	0	0	0	0	0	$1 - q_1$
2	$1 - q_2$	0	q_2	0	0	0	0	0
3	0	$1 - q_3$	0	q_3	0	0	0	0
4	0	0	$1 - q_4$	0	...	0	0	0
...
n-1	0	0	0	0	$1 - q_{n-1}$	0	q_{n-1}	0
n	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1

Definição de K3B



- O teorema define que:
Seja $E(t_i)$ o número esperado de passos antes da cadeia ser absorvida, dado que a cadeia inicia no estado i , e seja t o vetor coluna cuja i -ésima entrada é $E(t_i)$. Então $t = Nc$, onde $N = (I-A)^{-1}$ e c é um vetor coluna no qual todas as entradas são iguais a 1.

Definição de K3B

- Desta forma:

$$\begin{array}{|c|} \hline E(t_1) \\ \hline E(t_2) \\ \hline E(t_3) \\ \hline \dots \\ \hline E(t_n) \\ \hline \end{array} = (I - A)^{-1} \begin{array}{|c|} \hline 1 \\ \hline \end{array}$$

- $E(t_i)$ é dado pela soma dos elementos da i -ésima linha da matriz $(I - A)^{-1}$
- Com auxílio do Matlab, o vetor E foi calculado para $n \in (4, 5, 6, \dots, 11, 20, 25)$

Definição de K3B

6 módulos

$$\begin{array}{c}
 \xrightarrow{(n-1) \times 2} \quad \xrightarrow{\times 4} \quad \xrightarrow{\times 3} \quad \xrightarrow{\times 2} \quad \xrightarrow{\times 1} \quad = (n-2)!(2n-2) \\
 \left[\begin{array}{l}
 1 + 10 \frac{a}{b} + 40 \frac{a^2}{b^2} + 120 \frac{a^3}{b^3} + 240 \frac{a^4}{b^4} + 240 \frac{a^5}{b^5} \\
 2 + 18 \frac{a}{b} + 64 \frac{a^2}{b^2} + 168 \frac{a^3}{b^3} + 288 \frac{a^4}{b^4} + 240 \frac{a^5}{b^5} \\
 3 + 24 \frac{a}{b} + 76 \frac{a^2}{b^2} + 180 \frac{a^3}{b^3} + 288 \frac{a^4}{b^4} + 240 \frac{a^5}{b^5} \\
 4 + 28 \frac{a}{b} + 80 \frac{a^2}{b^2} + 180 \frac{a^3}{b^3} + 288 \frac{a^4}{b^4} + 240 \frac{a^5}{b^5} \\
 5 + 30 \frac{a}{b} + 80 \frac{a^2}{b^2} + 180 \frac{a^3}{b^3} + 288 \frac{a^4}{b^4} + 240 \frac{a^5}{b^5} \\
 6 + 30 \frac{a}{b} + 80 \frac{a^2}{b^2} + 180 \frac{a^3}{b^3} + 288 \frac{a^4}{b^4} + 240 \frac{a^5}{b^5}
 \end{array} \right]
 \end{array}$$

Definição de K3B

- A inspeção preliminar dos polinômios levou às seguintes conclusões:
 - O tempo de estabilidade é dado por um polinômio na variável α/β
 - Para um valor de n , os últimos termos dos polinômios são iguais a

$$(n-2)!(2n-2) \frac{\alpha^{n-1}}{\beta^{n-1}}$$

n	Último termo
4	$12 \frac{\alpha^3}{\beta^3}$
5	$48 \frac{\alpha^4}{\beta^4}$
6	$240 \frac{\alpha^5}{\beta^5}$
7	$1440 \frac{\alpha^6}{\beta^6}$
8	$10080 \frac{\alpha^7}{\beta^7}$
9	$80640 \frac{\alpha^8}{\beta^8}$
10	$725760 \frac{\alpha^9}{\beta^9}$
11	$7257600 \frac{\alpha^{10}}{\beta^{10}}$
20	$243290200817664000 \frac{\alpha^{19}}{\beta^{19}}$
25	$1240896803466478878720000 \frac{\alpha^{24}}{\beta^{24}}$

Definição de K3B - Aproximação a Software Real

- O modelo descrito considera que no sistema cada módulo possui conexão com todos os demais
- Entretanto, software real não possui essa configuração necessariamente
- Para refletir o grau de conectividade do software avaliado, é introduzido no modelo um fator para avaliação desta característica, representado por ϕ
- Candidato para ϕ : a métrica COF, que é dada por número de conexões existentes no software / $(n^2 - n)$

Definição de K3B - Aproximação a Software Real

- Quanto maior a conectividade, maior a chance de uma manutenção em um módulo afetar os demais módulos do sistema
- Desta forma a equação da probabilidade de :
 - se passar do estado i para $i+1$ fica

$$p_{i,i+1} = \frac{\alpha \phi (n-i)i}{\alpha \phi (n-i)i + \beta i}$$

- se passar do estado i para $i-1$ fica

$$p_{i,i-1} = \frac{\beta i}{\alpha \phi (n-i)i + \beta i}$$

Definição de K3B - Aproximação a Software Real

6 módulos

$$\left[\begin{array}{l} 1 + 240 \frac{a^5 f^5}{b^5} + 240 \frac{a^4 f^4}{b^4} + 120 \frac{a^3 f^3}{b^3} + 40 \frac{a^2 f^2}{b^2} + 10 \frac{af}{b} \\ 2 + 240 \frac{a^5 f^5}{b^5} + 288 \frac{a^4 f^4}{b^4} + 168 \frac{a^3 f^3}{b^3} + 64 \frac{a^2 f^2}{b^2} + 18 \frac{af}{b} \\ 3 + 240 \frac{a^5 f^5}{b^5} + 288 \frac{a^4 f^4}{b^4} + 180 \frac{a^3 f^3}{b^3} + 76 \frac{a^2 f^2}{b^2} + 24 \frac{af}{b} \\ 4 + 240 \frac{a^5 f^5}{b^5} + 288 \frac{a^4 f^4}{b^4} + 180 \frac{a^3 f^3}{b^3} + 80 \frac{a^2 f^2}{b^2} + 28 \frac{af}{b} \\ 5 + 240 \frac{a^5 f^5}{b^5} + 288 \frac{a^4 f^4}{b^4} + 180 \frac{a^3 f^3}{b^3} + 80 \frac{a^2 f^2}{b^2} + 30 \frac{af}{b} \\ 6 + 240 \frac{a^5 f^5}{b^5} + 288 \frac{a^4 f^4}{b^4} + 180 \frac{a^3 f^3}{b^3} + 80 \frac{a^2 f^2}{b^2} + 30 \frac{af}{b} \end{array} \right]$$

Definição de K3B - Aproximação a Software Real

- A fórmula

$$\frac{(n-2)!(2n-2) \alpha^{n-1} \phi^{n-1}}{\beta^{n-1}}$$

foi implementada e alguns experimentos preliminares foram realizados

- Embora não represente fielmente a estimativa desejada, pensou-se, inicialmente que o valor simplificado poderia ser um bom indicador do grau de manutenibilidade do software
- Porém, experimentos preliminares resultaram em valores muito próximos de zero, o que não fornece informação útil e prejudica o uso efetivo do modelo

Definição de K3B - Aproximação a Software Real

- Fez-se necessário o investimento em esforços para identificar uma forma geral para o tempo de estabilidade procurado
- A tarefa é difícil porque não se conhece meios automáticos para identificar tal fórmula
- Uma análise minuciosa dos dados obtidos levou à observação de um padrão de formação dos polinômios

Definição de K3B - Fórmula Geral

6 módulos

$$\begin{array}{c}
 \xrightarrow{(n-1) \times 2} \quad \xrightarrow{\times 4} \quad \xrightarrow{\times 3} \quad \xrightarrow{\times 2} \quad \xrightarrow{\times 1} \quad = (n-2)!(2n-2) \\
 \left[\begin{array}{l}
 1 + 10 \frac{a}{b} + 40 \frac{a^2}{b^2} + 120 \frac{a^3}{b^3} + 240 \frac{a^4}{b^4} + 240 \frac{a^5}{b^5} \\
 2 + 18 \frac{a}{b} + 64 \frac{a^2}{b^2} + 168 \frac{a^3}{b^3} + 288 \frac{a^4}{b^4} + 240 \frac{a^5}{b^5} \\
 3 + 24 \frac{a}{b} + 76 \frac{a^2}{b^2} + 180 \frac{a^3}{b^3} + 288 \frac{a^4}{b^4} + 240 \frac{a^5}{b^5} \\
 4 + 28 \frac{a}{b} + 80 \frac{a^2}{b^2} + 180 \frac{a^3}{b^3} + 288 \frac{a^4}{b^4} + 240 \frac{a^5}{b^5} \\
 5 + 30 \frac{a}{b} + 80 \frac{a^2}{b^2} + 180 \frac{a^3}{b^3} + 288 \frac{a^4}{b^4} + 240 \frac{a^5}{b^5} \\
 6 + 30 \frac{a}{b} + 80 \frac{a^2}{b^2} + 180 \frac{a^3}{b^3} + 288 \frac{a^4}{b^4} + 240 \frac{a^5}{b^5}
 \end{array} \right]
 \end{array}$$

Definição de K3B - Fórmula Geral

6 módulos

$$\begin{array}{l}
 \xrightarrow{(n-1) \times 2} \quad \xrightarrow{\times 4} \quad \xrightarrow{\times 3} \quad \xrightarrow{\times 2} \quad \xrightarrow{\times 1} \quad = (n-2)!(2n-2) \\
 \left[\begin{array}{l}
 1 + 10 \frac{a}{b} + 40 \frac{a^2}{b^2} + 120 \frac{a^3}{b^3} + 240 \frac{a^4}{b^4} + 240 \frac{a^5}{b^5} \\
 \downarrow +8 \\
 2 + 18 \frac{a}{b} + 64 \frac{a^2}{b^2} + 168 \frac{a^3}{b^3} + 288 \frac{a^4}{b^4} + 240 \frac{a^5}{b^5} \\
 \downarrow +6 \\
 3 + 24 \frac{a}{b} + 76 \frac{a^2}{b^2} + 180 \frac{a^3}{b^3} + 288 \frac{a^4}{b^4} + 240 \frac{a^5}{b^5} \\
 \downarrow +4 \\
 4 + 28 \frac{a}{b} + 80 \frac{a^2}{b^2} + 180 \frac{a^3}{b^3} + 288 \frac{a^4}{b^4} + 240 \frac{a^5}{b^5} \\
 \downarrow +2 \\
 5 + 30 \frac{a}{b} + 80 \frac{a^2}{b^2} + 180 \frac{a^3}{b^3} + 288 \frac{a^4}{b^4} + 240 \frac{a^5}{b^5} \\
 6 + 30 \frac{a}{b} + 80 \frac{a^2}{b^2} + 180 \frac{a^3}{b^3} + 288 \frac{a^4}{b^4} + 240 \frac{a^5}{b^5}
 \end{array} \right]
 \end{array}$$

Definição de K3B - Fórmula Geral

6 módulos

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{cccccc}
 & \xrightarrow{(n-1) \times 2} & \xrightarrow{\times 4} & \xrightarrow{\times 3} & \xrightarrow{\times 2} & \xrightarrow{\times 1} \\
 1 + 10 \frac{a}{b} + 40 \frac{a^2}{b^2} + 120 \frac{a^3}{b^3} + 240 \frac{a^4}{b^4} + 240 \frac{a^5}{b^5} \\
 \downarrow +8 & \xrightarrow{\times 3} & \downarrow & \xrightarrow{\times 2} & \downarrow & \xrightarrow{\times 1} \\
 2 + 18 \frac{a}{b} + 64 \frac{a^2}{b^2} + 168 \frac{a^3}{b^3} + 288 \frac{a^4}{b^4} + 240 \frac{a^5}{b^5} \\
 \downarrow +6 & \xrightarrow{\times 2} & \downarrow & \xrightarrow{\times 1} & & \\
 3 + 24 \frac{a}{b} + 76 \frac{a^2}{b^2} + 180 \frac{a^3}{b^3} + 288 \frac{a^4}{b^4} + 240 \frac{a^5}{b^5} \\
 \downarrow +4 & \xrightarrow{\times 1} & & & & \\
 4 + 28 \frac{a}{b} + 80 \frac{a^2}{b^2} + 180 \frac{a^3}{b^3} + 288 \frac{a^4}{b^4} + 240 \frac{a^5}{b^5} \\
 \downarrow +2 & & & & & \\
 5 + 30 \frac{a}{b} + 80 \frac{a^2}{b^2} + 180 \frac{a^3}{b^3} + 288 \frac{a^4}{b^4} + 240 \frac{a^5}{b^5} \\
 6 + 30 \frac{a}{b} + 80 \frac{a^2}{b^2} + 180 \frac{a^3}{b^3} + 288 \frac{a^4}{b^4} + 240 \frac{a^5}{b^5}
 \end{array}
 \end{array}
 \quad = (n-2)!(2n-2)$$

K3B

- O tempo de estabilização de um software com n módulos no qual i módulos estão em manutenção é dado pela seguinte equação

$$E(n, 1) = 1 + 2(n-1)(n-2)! \frac{\alpha^{n-1} \phi^{n-1}}{\beta^{n-1}} + \sum_{k=1}^{k=n-2} \frac{2(n-1)(n-2)!}{k!} \frac{\alpha^{n-k-1} \phi^{n-k-1}}{\beta^{n-k-1}}$$

$$E(n, i) = 1 + E(n, i-1) + \sum_{k=i-1}^{k=n-2} 2(n-i) \frac{(n-i-1)!}{(k-i+1)!} \frac{\alpha^{n-k-1} \phi^{n-k-1}}{\beta^{n-k-1}}$$

onde: $0 \geq \phi \geq 1$ é o grau de conectividade,

$0 > \beta \geq 1$ é a taxa de melhora (coesão),

$0 \geq \alpha \geq 1$ é a taxa de contaminação (acoplamento)

Planejamento de Atividades

Atividades a Serem Realizadas

- Avaliação da métrica Coesão Contratual
- Identificação de valores referência para outras métricas de software OO, em particular Coesão Contratual
- Avaliação de K3B
 - Etapas dos experimentos
 - Planejamento dos experimentos
 - Identificação dos softwares a serem utilizados para avaliação
 - Coleta de dados
 - Análise dos resultados

Atividades a Serem Realizadas

- Experimentos propostos
 - Software de pequeno porte
 - Hipóteses:
 - » os valores de K3B diminuem à medida que melhorias são realizadas no software
 - » K3B é um indicador do tempo necessário para realização de manutenções
 - Software de alunos
 - Hipóteses:
 - » A intervenção nos aspectos coesão interna, acoplamento entre módulos e conectividade gera impacto no valor de K3B

Atividades a Serem Realizadas

- Software de grande porte
 - Hipóteses:
 - » K3B é um indicador do tempo necessário para realização de manutenções
 - Dificuldade:
 - » O ideal é que K3B fosse avaliado em softwares produzidos por instituições particulares
 - » Obter dados deste tipo de software é difícil
 - » Alternativamente, pode-se utilizar dados de software aberto
 - » Problema: obter indicadores de tempo decorrido para realizar manutenção nos softwares

Publicações

- (2008) Ferreira, K. A. M.; Bigonha, M. A. S.; Bigonha, R. S. *Reestruturação de Software Dirigida por Conectividade para Redução de Custo de Manutenção. RITA (Revista de Informática Teórica e Aplicada), Volume 15, Número 2, páginas 155 a 179.*
- (2009) Ferreira, K. A. M.; Bigonha, M. A. S.; Bigonha, R. S.; Almeida, H. C.; Mendes, L. F. O. *Valores Referência para Métricas de Software OO.* Artigo aceito para publicação no Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software (SBES) de 2009

FIM