

**Ricardo Augusto Boiteux Mendes Leal**

## **Teste Funcional baseado em Modelos Gramaticais**

### **Dissertação de Mestrado**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Informática da PUC-Rio.

Orientador: Arndt von Staa

Rio de Janeiro  
Março de 2008



**Ricardo Augusto Boiteux Mendes Leal**

## **Teste Funcional baseado em Modelos Gramaticais**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Informática da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

**Arndt von Staa**

Orientador

PUC-Rio

**Carlos José Pereira de Lucena**

PUC-Rio

**Renato Fontoura de Gusmão Cerqueira**

PUC-Rio

**Noemi de La Rocque Rodriguez**

PUC-Rio

**José Eugenio Leal**

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 17 de março de 2008

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

### **Ricardo Augusto Boiteux Mendes Leal**

Graduado engenheiro de computação pela PUC-Rio em 1998. Desde então, atuou na iniciativa privada como analista de sistemas, consultor de tecnologia de informação e sócio de empresas de tecnologia e desenvolvimento de software. Em 2006, ingressou no curso de Pós-Graduação em Informática da PUC-Rio. Hoje, retorna à iniciativa privada como Engenheiro de Software.

#### Ficha Catalográfica

Leal, Ricardo Augusto Boiteux Mendes

Teste funcional baseado em modelos gramaticais / Ricardo Augusto Boiteux Mendes Leal; orientador: Arndt von Staa. – 2008.  
132 f.; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Informática) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Informática.  
Inclui bibliografia.

1. Informática – Teses. 2. Gramática. 3. Caso de teste. 4. Teste baseado em modelo. 5. Teste funcional. 6. Teste de software. I. Staa, Arndt von. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Informática. III. Título.

CDD: 004

Eu costumo classificar as pessoas em dois grupos distintos:  
aqueles que procuram problemas e aqueles que procuram soluções.  
Dedico este trabalho a todos do segundo grupo que,  
com esforço, imaginação e perseverança,  
superam desafios, mesmo quando estes parecem impossíveis.  
Se não fossem estas pessoas, esta vida não teria o menor sentido.

(Ricardo Augusto Boiteux Mendes Leal)

## Agradecimentos

Agradeço a Deus pela saúde, força, imaginação e perseverança, que permitiram realizar este trabalho e superar os desafios encontrados ao longo de minha vida.

Agradeço aos meus pais Antonio e Ana pelo seu incomensurável apoio e sua preciosa dedicação, estando sempre presentes quando necessário e tendo paciência para compreender os momentos em que estive distante de seu convívio.

Agradeço a minha mãe Myrian (*in memoriam*) por ter me propiciado esta vida maravilhosa e uma bela família sem a qual não consigo me imaginar.

Agradeço aos meus irmãos Toninho e Sandra pelo incentivo dado em todos os momentos difíceis ao longo desta e de outras trajetórias.

Agradeço aos meus amigos, em particular André Marins, Luiz Marques, Eduardo Fonseca, Daniela Brauner e Márcio Aguiar, pelo seu companheirismo, sua sinceridade, seu respeito, seus conselhos e sua presença marcante nestes anos.

Agradeço ao professor Arndt von Staa pela sua valiosa orientação, pelos conhecimentos adquiridos em nossas conversas e pelo seu excelente humor.

Agradeço aos professores Arndt von Staa e Noemi Rodriguez pela confiança em mim depositada e pela oportunidade a mim concedida via suas cartas de referência para o curso de Mestrado.

Agradeço ao Laboratório de Engenharia de Software (LES), representado pelo professor Carlos Lucena, por ter me acolhido como seu membro integrante e por ter propiciado um ótimo espaço para troca de idéias e de conhecimento entre seus participantes.

Agradeço ao Departamento de Informática (DI) e à Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, representados por seus professores e funcionários, pelo excelente curso de Mestrado oferecido, e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pelo financiamento de minha pesquisa.

## Resumo

Leal, Ricardo Augusto Boiteux Mendes; Staa, Arndt von. **Teste Funcional baseado em Modelos Gramaticais**. Rio de Janeiro, 2008. 132p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

O teste funcional de software é um desafio enfrentado há muito tempo por desenvolvedores. A complexidade crescente de sistemas computacionais torna esse desafio ainda maior. Uma tendência apontada como possível solução deste problema é o uso de teste baseado em modelos. Inspirada neste paradigma, esta dissertação retrata uma pesquisa sobre o uso de gramáticas como modelos de teste funcional. Modelos gramaticais podem capturar conceitos e comportamentos de um sistema e de seu ambiente usando um nível de abstração de acordo com o objetivo de teste. Eles também podem ser aplicados para descrever casos de teste funcional e guiar a execução de casos de teste gerados num sistema em teste. O resultado desta execução, representado na forma de um veredicto, revela a conformidade do sistema com seus requisitos e especificações. Para explorar o potencial dos modelos gramaticais, este trabalho definiu uma maneira sistemática de gerar e executar massas de teste. Esta solução permitiu a programação de diferentes estratégias de teste. Ela também facilitou a adaptação dos testes a mudanças de requisitos e promoveu o reuso dos testes existentes. Como efeito colateral deste estudo, um processo de teste funcional foi desenvolvido e a arquitetura de apoio aqui introduzida pode ser reutilizada ou estendida por futuras soluções de teste funcional.

## Palavras-chave

Gramática; caso de teste; teste baseado em modelo; teste funcional; teste de software.

## Abstract

Leal, Ricardo Augusto Boiteux Mendes; Staa, Arndt von. **Grammar Model-Based Functional Test**. Rio de Janeiro, 2008. 132p. MSc. Dissertation - Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Software functional test is a challenge faced by developers for a long time. The growing complexity of computing systems turns this challenge even greater. Model-based testing is a trend pointed out by the academia and the industry as a possible solution to this matter. Inspired by this paradigm, this dissertation depicts a research made on the use of grammars as functional test models. Grammar models can capture concepts and behaviors of a system and its environment at a level of abstraction according to the test goal. They also can be applied to describe functional test cases and guide the execution of the generated test cases against a system under test. The result of this execution, represented as a verdict, reveals the system conformity with its requirements and specifications. In order to explore grammar models potential, this work defined a systematic way to generate and execute a mass of tests. This solution allowed the implementation of different test strategies. It also assisted test adjustment to requirements change and promoted existing tests reuse. As a side-effect of this study, a functional test process was developed and the supporting architecture introduced here may be reused or extended by future functional test solutions.

## Keywords

Grammar; test case; model-based testing; functional testing; software testing.

# Sumário

1 Introdução	15
1.1. Definição do Problema	16
1.2. Solução Proposta	17
1.3. Objetivos	19
1.4. Resultados	20
1.5. Organização da Dissertação	22
2 Contexto de Teste de Software	23
2.1. Terminologia de Teste	24
2.2. Processo de Teste	26
2.3. Escopo e Seleção de Teste	28
2.4. Teste Funcional	29
2.4.1. Técnicas de Teste Funcional	29
2.4.2. Características de uma Ferramenta de Teste Funcional	32
2.5. Automação do Teste	34
2.5.1. Níveis de Automação de Teste	34
2.5.2. Geração Automática de Dados de Teste	35
2.5.3. Gerador de Teste Baseado em Sintaxe	36
2.6. Teste Baseado em Modelo	38
2.6.1. Características do Modelo de Teste	38
2.6.2. Taxonomia de Teste Baseado em Modelo	39
2.6.3. Processo de Teste Baseado em Modelo	40
2.6.4. Níveis de Concretude de Teste	43
2.7. Teste Dirigido por Modelo	44
2.8. Desafios	46
2.8.1. Desafios à Modelagem	46
2.8.2. Desafios à Automação	47
2.8.3. Desafios à Eficiência	47
3 Modelos Gramaticais	48



3.1. Metagramática e Gramáticas de Teste	49
3.2. Sintaxe das Gramáticas de Teste	50
3.2.1. Definições	52
3.3. Semântica das Gramáticas de Teste	54
3.4. Trabalhos Relacionados	54
3.4.1. Sistemas Baseados em Gramáticas	54
3.4.2. Desenvolvimento de Software com Abordagem Gramatical	55
3.4.3. Projeto de um Metamodelo Executável Orientado por Gramática	56
3.4.4. Modelos Independentes e Dependentes de Plataforma	57
3.5. Modelos de Teste	57
3.5.1. Modelo Estrutural do Sistema em Teste	59
3.5.2. Modelo Comportamental do Sistema em Teste	62
3.5.3. Modelo de Casos de Teste	64
3.5.4. Modelo do Ambiente de Teste	68
4 Teste Funcional	72
4.1. Processo de Teste Funcional	73
4.1.1. Fases e Atividades	74
4.1.2. Exemplo	76
4.2. Preliminares	77
4.2.1. Identificar Requisitos e Documentos de Especificação	78
4.2.2. Definir Escopo de Avaliação	79
4.3. Modelagem do Sistema em Teste	82
4.3.1. Especificar Estrutura	83
4.3.2. Especificar Comportamentos	86
4.4. Seleção do Cenário de Teste	88
4.4.1. Definir Critério de Seleção de Teste	91
4.4.2. Especificar Casos de Teste	92
4.4.3. Especificar Ambiente de Teste	95
4.4.4. Gerar Cenário de Teste	97
4.5. Execução e Avaliação do Cenário de Teste	98
4.5.1. Executar Cenário de Teste	100
4.5.1.1. Executar Caso de Teste	102

4.5.2. Gerar Veredicto de Teste	103
5 Estudo de Caso	105
5.1. Preliminares	106
5.2. Modelagem do Sistema em Teste	107
5.3. Seleção do Cenário de Teste	110
5.4. Execução e Avaliação do Cenário de Teste	117
5.5. Resultados	118
6 Discussão	120
6.1. Teste Baseado em Gramática e Outras Abordagens de Teste	120
6.2. Contribuições	123
7 Conclusões	125
7.1. Análise do Trabalho	126
7.2. Trabalhos Futuros	128
8 Referências Bibliográficas	130

## Lista de figuras

Figura 1 – Processo de Teste Funcional	20
Figura 2 – Gramática de Teste; Modelo Gramatical; Modelo Computacional; Sistema	21
Figura 3 – Processo de Teste	26
Figura 4 – Exemplo de Teste Randômico	30
Figura 5 – Exemplo de Teste de Partições Equivalentes	30
Figura 6 – Exemplo de Teste de Valores de Contorno	31
Figura 7 – Exemplo de Teste baseado em Tabelas de Decisão	31
Figura 8 – Exemplo de Teste de Mutação	32
Figura 9 – Interação: Ferramenta e Sistema em Teste (Adaptação: Andrea, 2007)	33
Figura 10 – Níveis de Automação de Teste (Tradução: Gao et al., 2003)	35
Figura 11 – Exemplo de Notação – BNF	36
Figura 12 – Exemplo de Gramática de Atributos	37
Figura 13 – Processo de Teste Baseado em Modelo (Adaptação: Utting et al., 2006)	40
Figura 14 – Extensão do Primeiro Passo do Metaprocesso de Teste	41
Figura 15 – Extensão do Segundo Passo do Metaprocesso de Teste	42
Figura 16 – Extensão do Terceiro Passo do Metaprocesso de Teste	42
Figura 17 – Teste de Dirigido por Modelos (Adaptação: Dai, 2004)	45
Figura 18 – Diagrama de Classes da Metagramática de Teste	53
Figura 19 – Exemplo de Sistema em Teste	58
Figura 20 – Representação do Modelo Estrutural	60
Figura 21 – Representação do Modelo Comportamental	63
Figura 22 – Modelo Completo do Sistema em Teste	63
Figura 23 – Representação do Modelo de Casos de Teste	67
Figura 24 – Representação do Modelo de Ambiente de Teste	69
Figura 25 – Representação do Cenário de Teste	71
Figura 26 – Processo de Teste Funcional	75
Figura 27 – Fase: Preliminares	77

Figura 28 – Atividade: Identificar Documentos de Especificação de Requisitos	78
Figura 29 – Exemplo: Documentos do Sistema de Contas Bancárias	79
Figura 30 – Atividade: Definir Escopo de Avaliação	79
Figura 31 – Exemplo: Diagrama de Seqüência da Transferência entre Contas	80
Figura 32 – Exemplo: Documentação da Interface Pública de Conta Bancária	81
Figura 33 – Exemplo: Diagrama de Classes com foco na Conta Bancária	81
Figura 34 – Fase: Modelagem do Sistema em Teste	82
Figura 35 – Atividade: Especificar Estrutura	84
Figura 36 – Arquitetura de Representação da Estrutura do Sistema	84
Figura 37 – A Dinâmica de Representação da Estrutura do Sistema	85
Figura 38 – Atividade: Especificar Comportamentos	86
Figura 39 – Arquitetura de Representação dos Comportamentos do Sistema	87
Figura 40 – A Dinâmica de Representação dos Comportamentos do Sistema	87
Figura 41 – Fase: Seleção do Cenário de Teste	89
Figura 42 – Atividade: Definir Critério de Seleção de Teste	91
Figura 43 – Arquitetura de Estratégia de Teste	92
Figura 44 – Atividade: Especificar Casos de Teste	93
Figura 45 – Arquitetura de Representação dos Casos de Teste	94
Figura 46 – A Dinâmica de Representação dos Casos de Teste	94
Figura 47 – Atividade: Especificar Ambiente de Teste	95
Figura 48 – Arquitetura de Representação do Ambiente de Teste	96
Figura 49 – A Dinâmica de Representação do Ambiente de Teste	96
Figura 50 – Atividade: Gerar Cenário de Teste	97
Figura 51 – Arquitetura de Geração de Cenário de Teste	98
Figura 52 – Fase: Execução e Avaliação do Cenário de Teste	99
Figura 53 – Atividade: Executar Cenário de Teste	101
Figura 54 – Arquitetura de Execução de Teste	101
Figura 55 – A Dinâmica de Execução de Teste	102
Figura 56 – Atividade: Gerar Veredicto de Teste	103
Figura 57 – Arquitetura de Julgamento de Teste	103
Figura 58 – A Dinâmica de Julgamento de Teste	104
Figura 59 – Extensão do Gerador de Teste.	113
Figura 60 – Extensão do Executor de Teste.	117



## Lista de tabelas

Tabela 1 – Metagramática de Teste	51
Tabela 2 – Gramática de Estrutura	59
Tabela 3 – Modelo Estrutural do Exemplo	61
Tabela 4 – Gramática de Comportamento	62
Tabela 5 – Modelo Comportamental do Exemplo	64
Tabela 6 – Gramática de Casos de Teste	65
Tabela 7 – Modelo de Casos de Teste do Exemplo	68
Tabela 8 – Gramática de Ambiente de Teste	68
Tabela 9 – Modelo de Ambiente de Teste do Exemplo	70
Tabela 10 – Principais Questões do Processo de Teste.	73
Tabela 11 – Exemplo: Modelo Estrutural	85
Tabela 12 – Exemplo: Modelo Comportamental	88
Tabela 13 – Exemplo: Modelo de Caso de Teste	95
Tabela 14 – Exemplo: Modelo de Ambiente	97
Tabela 15 – Modelo Estrutural do Estudo de Caso	108
Tabela 16 – Modelo Comportamental do Estudo de Caso	109
Tabela 17 – Modelo de Caso de Teste do Estudo de Caso – Primeiro Critério	111
Tabela 18 – Modelo de Caso de Teste do Estudo de Caso – Segundo Critério	111
Tabela 19 – Modelo de Ambiente do Estudo de Caso	112
Tabela 20 – Código Gerado	116