



**Carlos Roberto Marques Junior**

## **Configuração Colaborativa de Linha de Produtos de Software**

**Dissertação de Mestrado**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Informática do Departamento de Informática do Centro Técnico Científico da PUC-Rio como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Informática.

Orientador: Prof. Carlos José Pereira de Lucena

Rio de Janeiro  
Abril de 2011



**Carlos Roberto Marques Junior**

## **Configuração Colaborativa de Linha de Produtos de Software**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Informática do Departamento de Informática do Centro Técnico Científico da PUC-Rio como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Informática. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

**Prof. Carlos José Pereira de Lucena**

Orientador

Departamento de Informática — PUC-Rio

**Prof. Renato Fontoura de Gusmão Cerqueira**

Departamento de Informática – PUC-Rio

**Prof. Simone Diniz Junqueira Barbosa**

Departamento de Informática – PUC-Rio

**Prof. José Eugenio Leal**

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico — PUC-Rio

Rio de Janeiro, 7 de Abril de 2011

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

### **Carlos Roberto Marques Junior**

Graduou-se no curso de Bacharelado em Ciência da Computação na Universidade Federal de Viçosa (UFV) em 2008. Trabalhou na Petrobras Distribuidora em 2010 e, atualmente, é analista de sistemas do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES).

#### Ficha Catalográfica

Marques Junior, Carlos Roberto

Configuração colaborativa de linha de produtos de software / Carlos Roberto Marques Junior; orientador: Carlos José Pereira de Lucena. — Rio de Janeiro : PUC-Rio, Departamento de Informática, 2011.

v., 98 f: il. ; 29,7 cm

1. Dissertação (mestrado) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Informática.

Inclui referências bibliográficas.

1. Informática – Teses. 2. Engenharia de Software. 3. Linha de Produtos de Software. 4. Ferramentas para Configuração de Produtos de Software. 5. Sistemas Multiagentes. I. Lucena, Carlos José Pereira de. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Informática. III. Título.

CDD: 004

## Agradecimentos

Primeiramente, aos meus pais, Carlos Roberto e Maria Luzia, por todo o carinho e amor que me deram durante toda minha vida. Esse sentimento me deu forças para conseguir vencer todos os desafios que surgiram. Agradeço a minha irmã, Letícia, por ser essa menina tão especial e ser minha grande amiga: eu amo vocês.

Ao Professor Lucena, meu orientador, com quem tive a oportunidade de aprender muito, através de seus conselhos. Ao Elder, que desde o início sempre me ajudou com grandes ideias, conselhos, e principalmente, pela presteza todas as vezes que precisei. Este trabalho não seria possível sem sua ajuda e amizade.

Ao Pedro, pelo apoio e conversas durante essa fase. Aos amigos Marcelo Oikawa e Thiago Silva pela amizade que fizemos desde Viçosa e aqui no Rio. A todos meus amigos da minha cidade, Muniz Freire, e da faculdade, que sempre me apoiaram.

Agradeço a todos os amigos que fiz na BR Distribuidora, que sempre me deram força pra terminar o mestrado, e em especial minha ex-chefe, Gorete, pela compreensão e flexibilidade para poder continuar no mestrado durante o trabalho.

Aos professores, pelo conhecimento que me ajudaram neste trabalho, e ao LES, PUC-Rio e CAPES, pela ajuda financeira.

## Resumo

Marques Junior, Carlos Roberto; Lucena, Carlos José Pereira de. **Configuração Colaborativa de Linha de Produtos de Software**. Rio de Janeiro, 2011. 98p. Dissertação de Mestrado — Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

A configuração de produto é uma atividade chave para permitir a customização em massa. Ela corresponde à produção de um sistema computacional a partir de uma linha de produtos de software, respeitando as necessidades individuais dos clientes. Na prática, a atividade de configuração do produto pode se tornar uma tarefa complexa, principalmente porque envolve várias partes interessadas com diferentes competências para tomar decisões. Vários trabalhos propõem decompor a atividade de configuração em estágios pré-estabelecidos, através dos quais os interessados podem tomar suas decisões de forma separada e coerente. No entanto, quando há uma descentralização geográfica do conhecimento necessário em cada etapa e/ou quando os requisitos do cliente forem imprecisos e mudarem com frequência, essas soluções propostas não se aplicam. Para resolver essas questões, este trabalho propõe uma abordagem de configuração dinâmica e colaborativa de produtos com base na metáfora de assistência pessoal. Os assistentes pessoais num ambiente cooperativo coordenam as decisões dos *stakeholders* e pró-ativamente executam tarefas, tais como o raciocínio sobre as implicações das decisões, integrando as decisões distribuídas e resolvendo os requisitos divergentes. Uma ferramenta protótipo, chamada *Libertas*, e dois cenários ilustrativos que avaliam a aplicabilidade da nossa abordagem também são apresentados. O primeiro cenário analisa o processo de configuração para configurar um sistema operacional para suportar os requisitos de negócio de uma empresa. O segundo aborda um cenário com uma linha de produtos de software para portais web.

## Palavras-chave

Engenharia de Software; Linha de Produtos de Software; Ferramentas para Configuração de Produtos de Software; Sistemas Multiagentes;

## Abstract

Marques Junior, Carlos Roberto; Lucena, Carlos José Pereira de (Advisor). **Collaborative Configuration of Software Product Lines**. Rio de Janeiro, 2011. 98p. MSc. Dissertation – Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Product configuration is a key activity for enabling mass customization. It corresponds to tailoring a software application from a software product line, respecting individual customer requirements. In practice, the product configuration activity is challenging, mainly because it involves numerous *stakeholders* with different expertise making decisions. Several works claim to decompose the configuration activity into pre-arranged stages, whereby *stakeholders* can make their decisions in a separated way and coherent fashion. However, due to the decentralization in geography of the knowledge required in each stage and that customer requirements could be imprecise and change frequently, the proposed solutions do not apply. To address these issues, this work proposes a dynamic and collaborative product configuration approach based on the personal assistant metaphor. Personal assistants in a cooperative way coordinate *stakeholders'* decisions and proactively perform tasks, such as reasoning about the ramifications of decisions, integrating distributed decisions and resolving divergent requirements. A tool prototype, called *Libertas*, and two case studies that evaluate the applicability of our approach are also presented. The first case study analyzes the configuration process to configure an operational system to support the business requirements of an enterprise. The second one addresses a scenario of a software product line for web portals.

## Keywords

Software Engineering; Software Product Line; Configuration Tools for Software Products; Multiagent Systems;

# Sumário

1	Introdução	11
1.1	Problema e Limitação das Abordagens Atuais	12
1.2	Solução Proposta	14
1.3	Objetivos	15
1.4	Organização do Texto	15
2	Revisão da Literatura	17
2.1	Linha de Produtos de Software	17
2.1.1	Modelo de Features	18
2.2	Processo de Configuração Colaborativa de LPS	20
2.2.1	Configuração em Estágios	20
2.2.2	Fluxo de Atividades para Configuração de Features	23
2.2.3	Coordenação em Configuração Colaborativa de Produtos	26
2.3	Engenharia de Software Orientada a Agentes	30
2.4	Conclusão	32
3	Configuração Colaborativa de Linha de Produtos de Software	33
3.1	Visão Geral da Abordagem	33
3.2	Um exemplo de execução	35
3.3	Ambiente de Configuração	38
3.4	Integrando Decisões	39
3.4.1	Configuração Global	40
3.4.2	Negociação de Decisões	41
3.4.3	Priorização de <i>stakeholders</i>	44
3.5	Abordagem Dinâmica vs. Coordenação por Fluxo de Atividades	45
3.6	Recuperação de Estados Inconsistentes	46
3.6.1	Grafo de Dependências	47
3.6.2	Validando Decisões	49
3.6.3	Produzindo Planos de Ações de Recuperação	49
3.6.4	Filtrando Planos de Ações	52
3.7	Sugestão de Configurações Ótimas	54
3.7.1	Cálculo de uma configuração ótima	56
3.7.2	Classificando Sugestões	57
3.7.3	Atualização dos Algoritmos de Produção de Planos de Ações de Recuperação	57
3.8	Conclusão	58
4	<i>Libertas</i> : Uma Ferramenta de suporte à Configuração Dinâmica e Distribuída de LPS	59
4.1	Visão Geral da Arquitetura	59
4.1.1	Interface Gráfica de Usuário	60
4.1.2	Modelo de <i>Features</i>	62
4.1.3	Assistente Pessoal	63
4.2	Módulos de Raciocínio	64

4.2.1	Módulo de Validação	65
4.2.2	Módulo de Produção de Planos de Ações de Recuperação	65
4.2.3	Módulo de Otimização	66
4.3	Dinâmica da Ferramenta	66
4.4	Avaliação de Desempenho	69
4.5	Conclusão	71
<b>5</b>	<b>Cenários Ilustrativos</b>	<b>73</b>
5.1	Linux	73
5.1.1	Descrição da LPS	73
5.1.2	Cenário de Configuração	77
5.2	Portal Web	83
5.2.1	Descrição da LPS	83
5.2.2	Cenário de Configuração	86
5.3	Conclusão	90
<b>6</b>	<b>Conclusão</b>	<b>91</b>
6.1	Contribuições	91
6.2	Trabalhos Futuros	92
<b>7</b>	<b>Referências Bibliográficas</b>	<b>94</b>



## Lista de figuras

2.1	Tipos de <i>Features</i> .	18
2.2	Modelo de <i>features</i> de um subconjunto do <i>kernel</i> do Linux.	19
2.3	Passos de especialização na configuração em estágios.	21
2.4	Configuração em estágios.	22
2.5	Fluxo de atividades para configuração de <i>features</i> .	24
2.6	Modelo de <i>features</i> dividido em conjuntos de decisão.	27
2.7	Coordenação em configuração colaborativa de produtos.	28
2.8	Dependência entre conjuntos de decisão.	29
2.9	Planos de configuração colaborativa de produtos.	30
3.1	Visão geral da proposta de configuração dinâmica e distribuída de produtos.	34
3.2	Modelo de <i>features</i> reduzido do kernel do Linux.	36
3.3	Exemplo.	37
3.4	Ambientes de configuração.	38
3.5	Evolução da configuração global de $CG_i$ para $CG_{i+1}$ .	41
3.6	Grafo de dependências.	49
3.7	Modelo de <i>features</i> para exemplificar filtros de ações de correção.	55
4.1	Arquitetura da ferramenta <i>Libertas</i> .	60
4.2	Interface principal da ferramenta <i>Libertas</i> .	61
4.3	Interface principal da ferramenta <i>Libertas</i> .	62
4.4	Diagrama de classes do modelo de <i>features</i> utilizado.	63
4.5	Exemplo de solicitação de ações.	68
4.6	Análise do algoritmo de produção de ações de recuperação sobre cinco tipos de modelos de <i>features</i> .	72
5.1	Modelo de <i>features</i> do kernel do Linux dividido em conjuntos de decisão.	78
5.2	Configuração do modelo de <i>features</i> do kernel do Linux dados os requisitos de negócio.	79
5.3	Configuração do modelo de <i>features</i> do kernel do Linux após as mudanças de requisitos.	81
5.4	Modelo de <i>features</i> da LPS dos portais web.	83
5.5	Modelo de <i>features</i> dos portais <i>web</i> dividido em conjuntos de decisão.	87
5.6	Configuração do modelo de <i>features</i> do portal <i>web</i> dados os requisitos de negócio.	88
5.7	Configuração do modelo de <i>features</i> do portal web após as mudanças de requisitos.	89

## Lista de tabelas

- 4.1 Resultados da aplicação do algoritmo de produção de ações de recuperação. 71