Christina von Flach Garcia Chavez

Um Enfoque Baseado em Modelos para o Design Orientado a Aspectos

TESE DE DOUTORADO

DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA
Programa de Pós–graduação em Informática

Rio de Janeiro
Abril de 2004

Pontifícia Universidade Católica
do Rio de Janeiro

Christina von Flach Garcia Chavez

Um Enfoque Baseado em Modelos para o Design Orientado a Aspectos

Tese de Doutorado

Tese apresentada ao Programa de Pós–graduação em Informática do Departamento de Informática da PUC–Rio como parte dos requisitos parciais para obetnção Do título de Doutor em Informática

Orientador: Prof. Carlos José Pereira de Lucena

Rio de Janeiro
Abril de 2004

Pontifícia Universidade Católica
do Rio de Janeiro

Christina von Flach Garcia Chavez

Um Enfoque Baseado em Modelos para o Design Orientado a Aspectos

Tese apresentada ao Programa de Pós–graduação em Informática do Departamento de Informática do Informática da PUC–Rio como parte dos requisitos parciais para obetnção Do título de Doutor em InformáticaAprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. Carlos José Pereira de Lucena
Orientador
Departamento de Informática — PUC–Rio

Prof. Cecília Mary Fischer Rubira
Instituto de Computação - UNICAMP

Prof. Paulo Henrique Monteiro Borba
Centro de Informática - UFPE

Prof. Arndt von Staa
Departamento de Informática - PUC-Rio

Prof. Noemi de La Rocque Rodriguez
Departamento de Informática - PUC-Rio

Prof. José Eugenio Leal
Coordenador Setorial do Informática — PUC–Rio

Rio de Janeiro, 02 de Abril de 2004

Christina von Flach Garcia Chavez
Graduou-se em Processamento de Dados na Universidade Federal da Bahia em 1987 e obteve o título de Mestre em Ciência da Computação pela Unicamp em 1992. Desde 1990, é Professora da UFBA, vinculada ao curso de Bacharelado em Ciência da Computação, onde leciona disciplinas e orienta trabalhos de Iniciação Científica na área de Linguagens de Programação e Engenharia de Software.
Sua área de pesquisa atual é Engenharia de Software, com especial interesse em Desenvolvimento de Software Orientado a Aspectos.

Ficha Catalográfica

Chavez, Christina von Flach Garcia

Um Enfoque Baseado em Modelos para o Design Orientado a Aspectos/ Christina von Flach Garcia Chavez; orientador: Carlos José Pereira de Lucena. — Rio de Janeiro : PUC–Rio, Departamento de Informática, 2004.

298 f: il. ; 30 cm

1. Tese (doutorado) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Informática.

Inclui referências bibliográficas.

1. Informática – Teses. 2. Desenvolvimento de software orientado a aspectos. 3. Linguagens orientadas a aspectos. 4.Modelo de aspectos. 5. Metamodelagem. 6. Separação de *concerns*. I. Lucena, Carlos José Pereira de. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Informática. III. Título.

CDD: 004

Para Luis Alberto, Leonardo, Bruno e Alexandre,
que não sabem o que são aspectos
(mas é como se soubessem).

Agradecimentos

A idéia de partir rumo ao Rio de Janeiro para fazer doutorado veio em Setembro de 1997. Trinta minutos após ter enviado uma mensagem bem formal para o professor Sergio Carvalho, consultando sobre a possibilidade de ser orientada por ele, recebi a resposta desejada e suficiente: "Venha!" A ele, onde quer que esteja, manifesto meus agradecimentos pela acolhida imediata e pelas lições várias, entremeadas por rasgos de ironia inteligente e pitadas de bom humor.

Os seis meses seguintes voaram. Concluí as duas disciplinas de graduação que ministrava, redigi relatórios de atividades e afastei-me da chefia de departamento. Aos colegas do Departamento de Computação (DCC) da Universidade Federal da Bahia (UFBA), agradeço pela confiança depositada. À UFBA e à Capes, agradeço pelo suporte financeiro, através de salário e bolsa PICDT/Capes. Ao saudoso ex-reitor Felippe Serpa, agradeço por ter apoiado o Planejamento Estratégico de nosso DCC, que teve como principal meta a viabilização do Mestrado em Computação na UFBA através da qualificação de seus docentes, entre outras ações. A Fabíola, Aline e Claudia, agradeço pela amizade e pelo respeito que nos fizeram trabalhar com muita motivação, unidas em torno de ideais compartilhados, ao longo de uma década.

Partimos de Salvador numa manhã ensolarada de sábado. Na bagagem, brinquedos, livros de estórias e mamadeiras davam uma noção aproximada do desafio da empreitada. E desde o primeiro dia, o Rio de Janeiro nos recebeu de braços abertos. Morar na Gávea é como morar no paraíso. O clima agradável do bairro estendia-se da Escola Parque – escola de referência, onde nossos meninos estiveram felizes e bem cuidados por três anos – até a PUC-Rio e seu ambiente acadêmico de primeiro mundo imerso na Mata Atlântica. Após três anos, estávamos tão adaptados à vida no Rio que, em 2001, ao retornar para Salvador, a família passou por uma espécie de banzo generalizado e às avessas, de pessoas e lugares, de hábitos adquiridos e momentos especiais. Agradeço a todos que nos proporcionaram a alegria da convivência diária nos vários anos em que estivemos fora da Bahia. À cidade do Rio de Janeiro e aos amigos de todos os lugares: aquele abraço!

◇ ◇ ◇

No final de 1999, fomos acolhidos – cinco alunos de doutorado e um de mestrado – pelo professor Carlos Lucena. Em um momento extremamente delicado para todos nós, ele nos deu a base, o apoio necessários para prosseguirmos, respeitando as linhas de pesquisa e temas previamente combinados com o professor Sergio Carvalho, e nos inserindo no rico ambiente de pesquisa do TecComm/LES. Em 2002, mais acolhimento e respeito: foram do professor Lucena as palavras e os silêncios que me ajudaram a superar outras dificuldades. A despeito das incomparáveis qualidades acadêmicas do professor Lucena, levo como lembrança mais marcante desse período de convivência, a sua excelência em viver, e viver como um homem sensível e de bem. Professor, muito obrigada.

O ingresso no grupo do professor Lucena deu-me a oportunidade de trabalhar com Alessandro, um jovem brilhante, com quem aprendi muito sobre engenharia de software, trabalho em equipe e outras "artesanias" científicas. Espero que possamos trabalhar juntos em outras ocasiões.

Além de Alessandro, tive a oportunidade de trabalhar com diversas pessoas em diferentes contextos durante o doutorado, resultando em trabalhos, artigos científicos e boas recordações. A Noemi Rodriguez e Thais Batista, Sylvia Cruz, Cláudio Sant'Anna, Otávio Silva, Viviane Silva, Anarosa Brandão, Arndt von Staa e Paulo Alencar, e aos diversos professores, colegas e funcionários do Departamento de Informática na PUC-Rio, muito obrigada.

À Banca Examinadora e ao prof. Brian Henderson-Sellers pelas sugestões enriquecedoras para este trabalho, muito obrigada.

◇ ◇ ◇

Amizade e os gestos que fazem o coração transbordar. Sandra, Alessandro, Eduardo, Adriana, India, Lerner, Karin, Miriam, Anarosa, Cláudio, Uirá, Guga, Bruno, Rodrigo Assis, Claudia, Vera, Akeo... E Regina, D. Stella, Luis Guilherme e Denise, Fatima, a querida D. Neveline e muitos nomes que não poderei registrar neste espaço, mas cujas marcas de gentileza estão registradas em meu coração. Obrigada.

Família. Guilherme e Lia, meu pai e minha mãe. Não poderia ter chegado tão longe sem seu apoio, desde os primeiros passos. D. Conchita, uma das pessoas mais admiráveis que conheço. Este trabalho é um pouco dela, pelo seu inesgotável carinho maternal. Obrigada.

Beto, Leo, Bruno e Alexandre, nossas vidas entrelaçadas. As coisas da vida ficam mais belas e simples com vocês, por vocês. Obrigada por me ensinarem o que é o Amor, diariamente.

Resumo

Chavez, Christina von Flach Garcia; Lucena, Carlos José Pereira de. **Um Enfoque Baseado em Modelos para o Design Orientado a Aspectos**. Rio de Janeiro, 2004. 298p. Tese de Doutorado — Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Programação Orientada a Aspectos (POA) é um paradigma de programação que propõe um novo tipo de abstração – denominado *aspecto* – que permite a descrição modular de propriedades que, em geral, se encontram espalhadas por vários pontos de um sistema. Há distintas abordagens que podem ser classificadas como orientadas a aspectos. Cada abordagem propõe tipos de abstração, mecanismos de composição e terminologia específicos.

Nesta tese, deslocamos o foco de atenção dos mecanismos de implementação que dão suporte à tecnologia de programação orientada a aspectos, para os conceitos e propriedades que a caracterizam como um paradigma emergente para o desenvolvimento de software. Em particular, focalizamos em como estes conceitos e propriedades podem ser explorados na fase de design para construir sistemas que sejam mais fáceis de compreender, evoluir e reutilizar. Esta tese aborda questões atuais relacionadas a design e modelagem orientados a aspectos e propõe: (i) o `modelo de aspectos`, um arcabouço conceitual unificador para POA que fornece terminologia consistente e semântica básica para analisar problemas à luz dos conceitos e propriedades de POA, (ii) `aSideML`, uma linguagem de modelagem para especificação e comunicação de designs orientados a aspectos. A linguagem `aSideML` define uma notação gráfica, semântica e regras que permitem ao projetista construir modelos em que aspectos são tratados explicitamente como cidadãos de primeira classe, e (iii) o metamodelo `aSide`, um modelo lógico que define a semântica de modelos estruturais e comportamentais representados em `aSideML`.

Palavras–chave

Desenvolvimento de software orientado a aspectos; linguagens orientadas a aspectos; modelo de aspectos; metamodelagem; separação de *concerns*.

Abstract

Chavez, Christina von Flach Garcia; Lucena, Carlos José Pereira de. **A Model-Driven Approach for Aspect-Oriented Design**. Rio de Janeiro, 2004. 298p. PhD. Thesis — Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Aspect-Oriented Programming (AOP) is a new programming paradigm that promotes advanced separation of concerns by introducing a new modular unit, called aspect, for the modularization of crosscutting concerns. As an emerging programming paradigm, there are many different approaches to AOP, with distinct and varying sets of abstractions and composition mechanisms, specific terminology, properties and language constructs.

In this thesis, we shift the focus from the mechanisms that support the aspect-oriented programming technology to the concepts and properties that characterize it as an emerging paradigm for software development. In particular, we focus on how these concepts and properties can be exploited at an early design stage to build systems that are easier to comprehend, evolve and reuse.

This thesis addresses current issues related to aspect-oriented design and modeling, and proposes: (i) the `aspect model`, an unifying conceptual framework for AOP that provides consistent terminology and basic semantics for thinking about a problem in terms of AOP core concepts and properties, (ii) the `aSideML`, a modeling language for specifying and communicating aspect-oriented designs. The `aSideML` provides notation, semantics and guidelines that enable the designer to build models in which aspects are explicitly treated as first-class citizens, and (iii) the `aSide` metamodel, a logical model that defines the semantics of structural and behavioral models supported by the `aSideML`.

Keywords

Aspect-oriented software development; aspect-oriented languages; aspect model; metamodeling; separation of concerns.

Sumário

Lista de Figuras

Lista de Tabelas

Teremos coisas bonitas pra contar.
E até lá, vamos viver
temos muito ainda por fazer
não olhe pra trás
apenas começamos, o mundo começa agora.
Apenas começamos.

Renato Russo, *Metal contra as nuvens.*