

9 Conclusões e Trabalhos Futuros

Nesse capítulo são apresentadas as conclusões gerais do trabalho com uma sintetização das contribuições, além de uma lista de trabalhos futuros.

Esse trabalho discutiu problemas de modularização de características transversais encontradas em frameworks OO. Uma abordagem OA para o desenvolvimento de frameworks foi apresentada. Ela é composta por: (i) um conjunto de diretrizes que auxiliam na modularização de características transversais encontradas em frameworks usando aspectos; e (ii) um modelo generativo que endereça a instanciação automática de variabilidades OO e OA presentes no framework. A abordagem é fundamentada na definição de pontos de junção de extensão (EJPs), os quais expõem eventos e estados relevantes do framework. Cada EJP é um potencial candidato a ser estendido para implementação de características transversais opcionais, alternativas ou de integração. Um ponto importante da abordagem é que os EJPs não precisam ser todos descobertos antecipadamente, eles podem ser especificados ao longo do ciclo de desenvolvimento e evolução de frameworks, sendo úteis não apenas em abordagens proativas, mas também naquelas extrativas ou reativas [71] baseadas em técnicas de refatoração ou reengenharia.

O trabalho demonstra a complementaridade entre os paradigmas OO e OA. A técnica de frameworks OO, uma das mais utilizadas pela indústria para o projeto e implementação de arquiteturas flexíveis, desempenha seu papel de modularização de características essenciais que devem estar presentes em todas as instâncias do framework. Aspectos são usados para modularizar características transversais opcionais, alternativas ou de integração que precisam ser incorporadas ao núcleo do framework. EJPs mediam a forma como o núcleo do framework pode ser estendido pelos aspectos, exposto um conjunto de pontos de junção de classes do framework e especificando um conjunto de contratos que devem ser respeitados tanto pelo núcleo quanto pelos aspectos de extensão. O trabalho também ilustra como dois trabalhos estado da arte na área de DSOA,

podem ser usados no desenvolvimento de arquiteturas flexíveis, sendo eles: (i) interfaces transversais [56, 115] – as quais permitem o uso sistemático e controlado de aspectos. EJPs podem ser vistos como especializações das interfaces transversais; e (ii) implementação de padrões de projeto com aspectos [58] – aspectos de extensão representam um exemplo prático do e útil uso de aspectos para modularizar padrões de projeto clássicos, tais como, *Observer*, *Mediator* e *Decorator*.

9.1. Contribuições

As seguintes contribuições são resultados diretos dessa tese:

- **Uma Abordagem OA para Desenvolvimento de Frameworks** (Capítulo 3). Definição de uma abordagem sistemática para a implementação de características transversais encontradas em frameworks OO, através do uso de técnicas orientadas a aspectos. Essa abordagem é fundamentada na definição de um conjunto de pontos de junção de extensão (EJPs) existentes no framework;
- **Diretrizes para Implementação de EJPs em AspectJ** (Capítulo 4). Desenvolvimento de um conjunto de diretrizes para a implementação de EJPs em AspectJ, incluindo o endereçamento de seus contratos e suas respectivas especializações durante a definição de aspectos de extensão;
- **Categorização de Contratos entre Frameworks e Extensões** (Capítulo 4). Proposta de uma categorização de diferentes tipos de contratos existentes entre os elementos de nossa abordagem. Essa categorização envolve: (i) contratos internos entre o núcleo do framework e os EJPs - que buscam garantir que manutenções no framework não invalidarão os EJPs; e (ii) contratos externos entre os EJPs e os aspectos de extensão - que visam garantir que cada aspecto de extensão respeita restrições e invariantes do framework;
- **Modelo Generativo Orientado a Aspectos** (Capítulo 5). Proposta de um modelo generativo OA que endereça a instanciação de frameworks ou arquiteturas de linhas de produto implementadas com o uso de linguagens de programação orientadas a aspectos;

- **Estudos de Caso** (Capítulo 6). Desenvolvimento de 3 estudos de caso de frameworks de diferentes domínios, que permitiram fazer uma avaliação inicial da abordagem. Os estudos de caso ilustram o caráter genérico da abordagem e a possibilidade de aplicá-la no desenvolvimento de frameworks de aplicação OO.

9.2. Trabalhos em Andamento e Futuros

Diversas pesquisas estão em andamento e podem ser endereçadas futuramente como continuidade desse trabalho de doutorado, dentre elas:

- **Implementação de uma Ferramenta de Instanciação de Arquiteturas de Famílias de Sistemas.** Uma ferramenta [26] vem sendo desenvolvida como continuidade das pesquisas dessa tese a qual contempla o modelo generativo OA apresentado. A plataforma Eclipse [109] assim como plugins disponíveis para a modelagem de características [6], manipulação de modelos e geração de código [18] estão sendo usados no desenvolvimento de tal ferramenta;

- **Desenvolvimentos de Novos Estudos de Caso.** Embora alguns estudos de caso tenham sido apresentados nessa tese, novos frameworks e famílias de sistemas de larga escala precisam ser desenvolvidos ou refatorados de forma a validar e evoluir a abordagem. Exemplos de frameworks que já vêm sendo desenvolvidos usando a abordagem são: um framework de um servidor de multimídia adaptativo [72] e um framework de análise e monitoramento de processos de negócio em sistemas web [36];

- **Realização de Avaliações Quantitativas.** Dentro do contexto de desenvolvimento de novos estudos de caso, é também importante a realização de novos estudos quantitativos e qualitativos, com o objetivo de comparar a abordagem proposta com outras abordagens que buscam a modularização de características transversais em famílias de sistemas. Um dos estudos que pode ser realizado é a refatoração de uma versão do Prevayler [52] que foi originalmente implementado em OO e posteriormente refatorada usando o método de Decomposição Horizontal [118];

- **Elaboração de um Método para Desenvolvimento de Frameworks/Linhas de Produto.** Nossa abordagem endereça atualmente as etapas de projeto detalhado, implementação e instanciação de frameworks. Um de

nossos objetivos é refiná-la para endereçar mais sistematicamente o desenvolvimento de família de sistemas e linhas de produto (e não apenas frameworks), e contemplar as etapas de análise e especificação de requisitos, modelagem arquitetural e testes. Integração com métodos e abordagens existentes é outra atividade fundamental na definição de tal método. Uma das primeiras abordagens que se pretende integrar é a abordagem proposta por Jacobson et al [62];

- **Endereçamento Sistemático de Interações entre Aspectos.** A abordagem proposta nessa tese não apresenta diretrizes detalhadas para a resolução de interações entre aspectos, sobretudo no que refere a seu projeto e implementação. Diretrizes preliminares foram apresentadas (Seção 7.3.1), mas precisam ser refinadas baseado na experiência oriunda de novos estudos de caso;

- **Desenvolvimento de uma Abordagem de Teste Complementar.** Esse trabalho apresentou uma categorização de contratos os quais podem ser usados para garantir que o núcleo do framework e os aspectos de extensão respeitem determinadas restrições impostas. Uma abordagem de teste, complementar as diretrizes de projeto e implementação apresentadas na tese, está sendo desenvolvida [29, 30] a qual combina a especificação de contratos com a definição de estratégias de teste de unidade e integração;

- **Realização da Abordagem de EJPs em Tecnologias de Implementação.** Essa tese apresentou uma concretização da abordagem baseada em EJPs para a linguagem AspectJ. Pretende-se explorar a realização da abordagem no contexto de outras linguagens de desenvolvimento e modelos de componentes, tais como, Spring [65] e OSGi²⁶.

²⁶ OSGi Service Platform: The OSGi Alliance, URL: <http://www.osgi.org/>.