8 Conclusões e Trabalhos Futuros

“Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo, qualquer um pode começar agora e fazer um novo fim.” (Chico Xavier)

Este capítulo sintetiza o trabalho desta dissertação de mestrado. Primeiramente, são apresentadas as conclusões gerais do trabalho. Em seguida, as contribuições alcançadas com a realização deste trabalho são enfatizadas. Finalmente, são apresentadas algumas direções de trabalhos futuros.

8.1 Conclusões

Esta dissertação foi composta de três elementos principais: (i) projeto e implementação das LP-SMAs; (ii) modelagem dos estudos empíricos; e (iii) relato das discussões e lições aprendidas com o estudo.

No desenvolvimento dos estudos empíricos, duas LP-SMAs foram desenvolvidas seguindo a abordagem reativa de LPS (Krueger 2002a). O trabalho descreveu o projeto e implementação dessas arquiteturas de LP-SMAs, bem como a evolução de cada uma delas para incorporar novas *features*. A primeira LP-SMA desenvolvida foi o *Expert Committee*. Duas versões foram implementadas usando como base a plataforma JADE em combinação com duas técnicas de implementação: compilação condicional e programação orientada a aspectos. A segunda LP-SMA desenvolvida foi o OLIS. Três diferentes implementações foram geradas: (i) uma baseada na plataforma JADE e arquivos de configuração; (ii) outra baseada na plataforma JADE com programação orientada a aspectos; e (iii) uma baseada na plataforma Jadex e arquivos de configuração. Assim, de forma geral, o objetivo central deste trabalho foi a comparação de diferentes técnicas de implementação de variabilidades em combinação com dois *frameworks* bastante conhecidos para o desenvolvimento de SMAs.

Para avaliar as diferentes versões das LP-SMAs desenvolvidas, um conjunto de métricas foi selecionado para quantificar atributos de modularidade e estabilidade. Os atributos de modularidade são: separação de *concerns*, interação entre *concerns*, tamanho, coesão e acoplamento. Em termos dos atributos de estabilidade, tem-se: número de componentes adicionados e modificados,

operações adicionadas e modificadas, linhas de código adicionadas e modificadas, dentre outras.

Neste trabalho foram discutidos os desafios e benefícios da utilização de diferentes técnicas de implementação na modularização das *features* de agentes em LP-SMA. Mas especialmente, mostrar os benefícios de usar a abstração de agentes para implementar *features* de SMAs, as quais implementam comportamento autônomo. Os resultados empíricos demonstram que, de fato, a seleção de uma técnica de implementação é uma tarefa bastante desafiadora e que pode desencadear problemas futuros com relação a evolução das arquiteturas das LP-SMA.

Avaliar a qualidade do software tem sido um dos principais interesses dos engenheiros do software. A avaliação da qualidade interna do software, através de conjuntos de métricas de modularidade e impacto de mudanças, é um importante mecanismo para melhorar a sua qualidade. Isto porque torna possível a descoberta de problemas de modularidade relacionados a implementação inadequada de *features* de agentes. Recentemente, alguns estudos empíricos foram realizados comparando técnicas de implementação no contexto de *frameworks*, LPSs e sistemas *Web* (Figueiredo et al. 2008, Alves et al. 2006, Greenwood et al. 2007, Alves et al. 2005, Apel and Batory 2006, Kastner et al. 2007). Tais estudos são importantes porque permitem a avaliação de novos métodos a serem avaliados em cenários reais (Wohlin et al. 2000). Esses estudos comparam principalmente as abordagens OO e OA. Essas avaliações sistemáticas são importantes para ajudar os desenvolvedores a projetarem arquiteturas modulares. Nesse sentido, este trabalho também apresentou estudos empíricos, porém no domínio de LP-SMA, avaliando atributos de modularidade e estabilidade. Estes atributos são importantes para medir a qualidade de uma arquitetura de LP-SMA quando sujeita a evoluções. Esses dois estudos permitiram a realização de avaliações iniciais na utilização de diferentes técnicas de implementação de variabilidades. Além disso, o trabalho permitiu uma melhor compreensão de como projetar e evoluir uma arquitetura de LP-SMA para o contexto de inclusão de comportamento autônomo em aplicações web, a fim de facilitar a compreensão das *features* de agentes.

8.2 Contribuições

A avaliação da qualidade do software é uma preocupação antiga na Engenharia de Software. Ao longo dos anos, diferentes técnicas e abordagens surgiram com a preocupação de melhorar a modularização de sistemas de software,

tais como: desenvolvimento baseado em componentes, *frameworks*, padrões de projetos, programação orientada a aspectos, dentre outras. A avaliação de tal qualidade pode ser feita através de métricas de software, com o objetivo de melhorar alguns atributos de qualidade como, por exemplo, estabilidade e reusabilidade. Nesse contexto, este trabalho apresenta as seguintes contribuições principais:

- **Comparação sistemática qualitativa e quantitativa de diferentes técnicas de implementação** (Capítulo 5). Avaliação qualitativa e quantitativa de LP-SMAs, voltadas especificamente para o domínio *Web*. Essa avaliação foi realizada seguindo os princípios, técnicas e práticas definidos pela Engenharia de Software empírica (Wohlin et al. 2000) e utilizando métricas de software. O objetivo foi a comparação de diferentes técnicas de implementação de variabilidades (POA, compilação condicional e arquivos de configuração) utilizando diferentes *frameworks* de desenvolvimento de SMA (JADE e Jadex). Após verificar o estado da arte, pode-se dizer que este é o primeiro estudo quantitativo no contexto de LP-SMA;
- **Estudos de Caso** (Capítulo 5). Desenvolvimento de duas LP-SMAs no domínio *Web*. Essas LP-SMAs permitiram com que o estudos empíricos fossem realizados. Cada LP-SMA explorou a evolução de sistemas *Web*, através da introdução explícita de agentes com comportamentos autônomos que oferecem recomendações para os usuários de tais sistemas. Cada agente ou papel de agente representou *features* variáveis que foram (são) introduzidos em tais sistemas;
- **Diretrizes para Implementação de *features* de agentes** (Capítulo 6). Uma das principais contribuições desse estudo foi o conjunto de lições aprendidas relacionadas ao desenvolvimento de *features* de agentes. Estas lições foram baseadas nos dados empíricos coletados.

Durante a realização dessa dissertação de mestrado, alguns artigos foram publicados em conferências nacionais e internacionais como forma de validar a proposta e fixar a contribuição deste trabalho. O projeto e desenvolvimento da primeira LP-SMA, o EC, foi publicado em um *Workshop* internacional na área (Nunes et al. 2008c) e, posteriormente estendido para um capítulo de livro (Nunes et al. 2008d). Após o desenvolvimento da LP-SMA do EC, o estudo empírico foi modelado e publicado em (Nunes et al. 2008a). Posteriormente, a LP-SMA OLIS foi desenvolvida, onde foi realizado o segundo estudo empírico. Este segundo estudo empírico referente a LP-SMA OLIS foi publicado em (Nunes et al. 2009).

8.3

Trabalhos Futuros

Como trabalhos futuros que podem ser realizados como continuidade desse trabalho de mestrado, pode-se citar:

- **Desenvolvimento de novos estudos de casos empíricos.** Embora dois estudos de caso no contexto de LP-SMA tenham sido desenvolvidos e apresentados nesta dissertação de mestrado, novas LP-SMAs com tamanhos diferentes das já desenvolvidas e englobando um maior número de participantes precisam ser implementadas. Este maior número de estudos empíricos permite a generalização dos resultados e o fornecimento de comprovações empíricas ainda mais sólidas;
- **Definição de um método para implementação de LP-SMA.** Desenvolvimento de um método de projeto e implementação de arquiteturas de LP-SMAs, voltadas principalmente para o domínio *Web*. Tal método irá oferecer diretrizes claras para auxiliar na escolha e integração de técnicas de implementação de variações de LP-SMA do domínio *Web*, considerando possíveis cenários de evolução e mudanças que tais arquiteturas podem estar sujeitas;
- **Combinação das técnicas de implementação.** Durante a realização do estudo empírico, uma técnica foi comparada unicamente com outra técnica de implementação. Uma possível linha de pesquisa seria fornecer evidências através de um estudo controlado de como a combinação de diferentes técnicas pode ser uma alternativa na evolução das arquiteturas de LP-SMA;
- **Aplicações de métricas no nível de projeto.** Métricas poderiam ser aplicadas no nível de projeto de uma LP-SMA. Assim, problemas de projeto já poderiam ser logo identificados, evitando assim, que os problemas se manifestassem durante a fase de implementação. Dado isso, um conjunto de refatorações poderia ser definido afim de permitir a resolução de problemas apontados pelas métricas.