SERVIÇO DE PÓS-GRADUAÇÃO DO ICMC-USP

Data de Depósito: 16.06.2004

Assinatura:

Uso de aspectos para apoiar a evolução não
funcional de *frameworks*: aplicação ao
framework GREN

Maria Tânia Francelino da Silva

Orientador: Prof. Dr. Paulo Cesar Masiero

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação - ICMC-USP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências de Computação e Matemática Computacional.

USP – São Carlos
Junho/2004

A Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Paulo Cesar Masiero

Profa. Dra. Renata Pontin de Mattos Fortes

Prof. Dr. Antonio Francisco do Prado

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a DEUS, pelo dom da vida!

Aos meus familiares, em especial aos meus pais, Cícero e Soledade, pelo incentivo constante, confiança e credibilidade que em mim depositam e a minha irmã e amiga Jú, por sua amizade e carinho.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Paulo Cesar Masiero, pelo extremo profissionalismo na orientação deste trabalho, pela confiança em me aceitar como aluna e pelos ensinamentos passados ao longo deste trabalho.

À minha colega do grupo de pesquisa Prof^ª. Dr^ª. Rosana Teresinha V. Braga, pelas sugestões oferecidas, participação ativa durante o desenvolvimento deste trabalho e disponibilidade para testar a nova versão do GREN e GREN-Wizard.

Ao Prof. Dr. Marcelo Augusto Santos Turine e Prof. Marcelo Siqueira Ferreira, do departamento de Estatística e Computação da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, pelas cartas de recomendação, incentivo e confiança em mim depositada.

Aos meus amigos, desde a graduação, Douglas, Renato e Vinícius, pela amizade, apoio e incentivo. Aos demais amigos da graduação que torcem por mim, em especial à minha amiga Cintia.

Ao meu amigo Rosiel Vital pelo incentivo para que eu atingisse meus objetivos.

À minha amiga Dani e família, por, apesar da distância ainda serem meus amigos.

A todos os colegas e amigos que conquistei no ICMC, em especial à minha amiga Patricia (Paty), pelo companheirismo e amizade, e ao pessoal do Labcs: Adenilso (AdenilsoN), André (maluquinho), André Rocha, Andrea, Antonielly, Auri, Bira, Camila, Débora, Elisa, Ellen, Erika, Fabiano, Prof. José Carlos, Lisandra, Luciana, Maria Istela (Maris), Marco, Mateus, Otávio, Reginaldo, Prof^ª. Renata, Prof^ª. Rosana, Prof^ª. Rosely, Sandro (KLB), Simone, Tatiana, Thaise, Valter, e Willie, pelos bons momentos de convivência e descontração. Agradeço especialmente à Maris pelo apoio no uso da linguagem Smalltalk.

Aos professores e funcionários do ICMC, pela disposição e atenção.

A todos aqueles que, de certa forma, me apoiaram neste trabalho.

À FAPESP pelo apoio financeiro.

Sumário

Lista de Figuras	vi
Lista de Tabelas	viii
Resumo	ix
Abstract	x
1 Introdução	1
1.1 Contextualização	1
1.2 Motivação	2
1.3 Objetivos	2
1.4 Organização do Trabalho	3
2 Frameworks	4
2.1 Considerações Iniciais	4
2.2 Frameworks de Software Orientados a Objetos	4
2.3 Evolução de Frameworks	8
2.4 O Framework para Gestão de Recurso de Negócios	11
2.4.1 O Processo de Desenvolvimento	11
2.4.2 O Framework GREN	13
2.5 Frameworks Orientados a Aspectos	16
2.6 Considerações Finais	18
3 Programação Orientada a Aspectos	19
3.1 Considerações Iniciais	19
3.2 Conceitos Básicos de Programação Orientada a Aspectos	19
3.3 Linguagens de Suporte à Programação Orientada a Aspectos	21
3.3.1 Linguagens de Propósito Geral	21
3.3.1.1 AspectJ	22
3.3.1.2 Hyper/J	24
3.3.1.3 AspectS	26
3.3.1.4 Apostle	30
3.3.2 Linguagens de Propósito Específico	32
3.3.2.1 D ² AL	32

3.3.2.2	TyRuBa	33
3.4	Outras Abordagens Relacionada à POA	34
3.5	Projeto de Software Orientado a Aspectos	36
3.6	Considerações Finais	46
4	Evolução do GREN: Implementação de um Subsistema de Segurança usando POA	47
4.1	Considerações Iniciais	47
4.2	Análise dos requisitos de segurança	48
4.3	Projeto, implementação e testes do Subsistema de Segurança	50
4.3.1	Projeto	51
4.3.2	Implementação do SS para o <i>framework</i> GREN	56
4.3.3	Testes do Subsistema de Segurança	62
4.4	Atualização da documentação do <i>framework</i> GREN	63
4.4.1	Considerações sobre o processo de instanciação caixa-branca para a nova versão do GREN	63
4.5	Teste da nova versão do <i>framework</i> GREN	65
4.6	Evolução do GREN-Wizard	65
4.7	Gerenciamento de Controle de Versão	67
4.8	Considerações Finais	68
5	Exemplo - Instanciação da nova versão do GREN	69
5.1	Considerações Iniciais	69
5.2	Instanciação do GREN de forma caixa-branca.	69
5.2.1	Análise do Sistema	69
5.2.2	Mapeamento do modelo de análise para o GREN	70
5.2.3	Implementação do sistema para Clínica Veterinária	71
5.2.3.1	Criação da base de dados para o sistema de Clínica Veterinária	73
5.2.3.2	Configuração do estado inicial do sistema	74
5.2.4	Teste do sistema para Clínica Veterinária	74
5.3	Instanciação do GREN usando a ferramenta GREN-Wizard	78
5.3.1	Análise do Sistema	78
5.3.2	Uso do GREN-Wizard para a geração das classes da aplicação	78
5.3.3	Implementação de funcionalidades não cobertas pelo <i>framework</i>	80
5.3.4	Testes do sistema resultante	81
5.4	Considerações finais	81
6	Conclusões	82
6.1	Considerações Iniciais	82
6.2	Avaliação	82
6.3	Contribuições	84
6.4	Sugestões de Trabalhos Futuros	84
	Referência Bibliográfica	86
A	Subsistema de Segurança proposto para o <i>framework</i> GREN (SS).	92
A.1	Visão Geral do Sistema	92
A.2	Requisitos	93
B	Casos de uso elaborados para o SS proposto para o <i>framework</i> GREN	95

C	Documento de Requisitos do Sistema para Clínica Veterinária	102
C.1	VISÃO GERAL DO SISTEMA	102
C.2	REQUISITOS FUNCIONAIS	103
C.2.1	Lançamentos diversos	103
C.2.2	Impressão de diversos tipos de relatórios e consultas	104
C.3	REQUISITOS NÃO FUNCIONAIS	104
C.3.1	Confiabilidade	104
C.3.2	Eficiência	105
C.3.3	Portabilidade	105
C.3.4	Glossário	105
D	Alterações resultantes da evolução GREN-Wizard	106
E	Documentação adicional do SS	108
E.1	Instalação do Subsistema de Segurança e do pacote de classes AspectS	108
E.2	Considerações sobre a instanciação	109
E.2.1	Classes concretas	109
E.2.2	Métodos sobrepostos	109
E.2.3	Janela Principal/Menus	110
E.2.4	Persistência	110
E.2.5	Configuração do estado inicial da aplicação	112
F	Hierarquia de Classes das novas versões do GREN e da GREN-wizard	114
F.1	Hierarquia de Classes do GREN	114
F.2	Hierarquia de Classes da Ferramenta GREN-Wizard	119

Lista de Figuras

2.1	Processo para evolução de <i>frameworks</i> (Cagnin et al., 2004).	9
2.2	Processo Geral (Braga, 2002b)	12
2.3	Linguagens de padrões para gestão de recursos de negócios (Braga, 2002b).	14
2.4	Arquitetura do GREN (Braga, 2002b).	15
2.5	Exemplo de algumas classes da hierarquia de classes do GREN (Braga, 2002b).	16
3.1	Contraste entre geração tradicional (a) e POA (b) de código executável.	21
3.2	Exemplo de implementação de aspecto em AspectJ.	24
3.3	Dois exemplos de classes.	25
3.4	Exemplo de arquivos de entrada para o Hyper/J.	26
3.5	Diagrama de classes AspectS.	27
3.6	Representação das classe Integer e AsFactorialTraceAspect.	29
3.7	Definição em linguagem Smalltalk da classe AsFactorialTraceAspect	29
3.8	Código do método adviceFactorialInOut	30
3.9	Resultado do rastreamento do método factorial()	30
3.10	Sugestão <i>Around</i> em Apostle.	31
3.11	Diagrama de classes do sistema de email.	33
3.12	Expressão em D ² AL (colaboração entre os objetos EMail e ConteudoEMail).	33
3.13	Arquitetura do combinador do D ² AL.	34
3.14	Ilustração do entrelaçamento de código para o aspecto de sincronização.	35
3.15	Código em linguagem TyRuBa.	35
3.16	Faceta estrutural do modelo de Aspectos de Chavez & Lucena (2001).	37
3.17	Notação para projeto de software orientado a aspectos (Pawlak et al., 2002).	38
3.18	Notação de aspecto em AODM (Stein et al., 2002).	41
3.19	Representação gráfica dos estereótipos «aspect» e «pointcut» (Camargo & Masiero, 2004b).	42
3.20	Representação gráfica do estereótipo «crosscutting» (Camargo & Masiero, 2004b).	42
3.21	Representação gráfica para as sugestões (Camargo & Masiero, 2004b).	43
3.22	Representação gráfica do estereótipo «introduction» (Camargo & Masiero, 2004b).	44
3.23	Representação gráfica de outros estereótipos	44
4.1	Padrão RBAC (Fernandez & Pan, 2001).	49
4.2	Modelo de classes do Subsistema de Segurança para o <i>framework</i> GREN.	50

4.3	Exemplo de marcações realizadas no caso de uso ‘Entrar no sistema’.	51
4.4	Visão esquemática do projeto da nova versão do <i>framework</i> GREN.	52
4.5	Diagrama de classes do SS para o <i>framework</i> GREN.	54
4.6	Classes aspecto do SS para <i>framework</i> GREN.	55
4.7	Classes de negócio do SS para <i>framework</i> GREN.	56
4.8	Interface gráfica do SS para gerenciamento de papéis da aplicação.	57
4.9	Interface gráfica do SS para gerenciamento de permissões.	58
4.10	Código da sugestão <code>adviceUserAuthentication1</code>	59
4.11	Código da sugestão <code>adviceUserAuthentication2</code>	59
4.12	Código da sugestão <code>adviceLoginRegister</code>	60
4.13	Código da sugestão <code>adviceLogoutRegister</code>	60
4.14	Código da sugestão <code>adviceOperationControl</code>	62
4.15	Interface GREN-Wizard (Criação de uma nova aplicação).	66
4.16	Interace GREN-Wizard (Configuração do estado inicial da aplicação)	67
4.17	Planejamento de controle de configuração do GREN.	68
5.1	Modelo de análise do sistema para Clínica Veterinária	70
5.2	Parte da hierarquia de classes do GREN	73
5.3	Menus e janela principal do sistema para Clínica Veterinária.	74
5.4	Janela para autenticação de usuários.	75
5.5	Janela para manutenção de papéis da aplicação	75
5.6	Janela para atribuição de direitos aos papéis da aplicação.	76
5.7	Janela para manutenção de usuários da aplicação.	76
5.8	Exemplo do relatório de registro de acessos em um período.	77
5.9	Exemplo da interceptação do aspecto que realiza o controle de acesso.	77
5.10	Janelas para a criação de uma nova aplicação.	79
5.11	Exemplo da aplicação de um padrão.	79
5.12	Janela para seleção dos relatórios da aplicação.	80
5.13	Configuração do estado inicial do sistema para Clínica Veterinária.	80
E.1	Interface para configuração do estado inicial da aplicação instanciada	113

Lista de Tabelas

3.1	Exemplos de tipos de pontos de junção e respectiva descrição (Gradecki & Lesiecki, 2003).	22
3.2	Exemplo de ponto de corte.	23
3.3	Estereótipos para definição de alguns tipos de métodos de aspectos (Pawlak et al., 2002).	38
3.4	Elementos notacionais para pontos de junção (Pawlak et al., 2002).	39
3.5	Palavras chaves permitidas com os pontos ! e ? (Pawlak et al., 2002).	39
3.6	Estereótipos para AOSD (Camargo & Masiero, 2004b).	41
3.7	Estereótipos básicos de projeto de <i>frameworks</i> orientados a aspectos (Camargo & Masiero, 2004a).	45
4.1	Classes GUI do sistema de segurança e respectivas superclasses.	58
5.1	Padrões e variantes aplicados na fase de análise.	71
5.2	Mapeamento APP para Clínica Veterinária.	72
5.3	Mapeamento GUI para Clínica Veterinária.	72
B.1	Caso de uso Entrar no Sistema.	96
B.2	Caso de uso Sair do Sistema	97
B.3	Caso de uso Manutenção de Usuários (Criar novo)	97
B.4	Caso de uso Manutenção de Usuários (Remover)	97
B.5	Caso de uso Manutenção de Usuários (Alterar)	98
B.6	Caso de uso Manutenção de Papéis (Criar novo)	98
B.7	Caso de uso Manutenção de Papéis (Remover)	99
B.8	Caso de uso Manutenção de Papéis (Alterar)	99
B.9	Caso de uso Manutenção de Direitos (Atribuir direitos a um papel)	100
B.10	Caso de uso Manutenção de Direitos (Remover direitos de um papel)	100
B.11	Caso de uso Alterar Senha	100
B.12	Caso de uso Desbloquear Usuário	101
D.1	Classes alteradas do <i>framework</i> GREN.	106
D.2	Tabelas pertencente à base de dados do GREN-wizard alteradas.	106
D.3	Classes alteradas do GREN-Wizard.	107
E.1	Classes aspecto do SS X Classes aspecto da aplicação específica a serem criadas.	109

E.2	Classes de interface do SS X Classes de interface da aplicação específica a serem criadas.	109
E.3	Classes aspecto do SS X métodos a serem sobrepostos.	110
E.4	Classes de interface do SS X métodos a serem sobrepostos.	110

Resumo

Esta dissertação apresenta a evolução do *framework* orientado a objetos GREN, realizada usando a abordagem de Programação Orientada a Aspectos. Nessa evolução foram considerados apenas requisitos não-funcionais que não haviam sido implementados nas versões originais do GREN, mais especificamente os requisitos de segurança (autenticação, registro de acesso e controle de acesso). A implementação desses requisitos deu origem a um Subsistema de Segurança orientado a aspectos, que permite a autenticação, registro de acesso e controle de acesso de usuários sobre as aplicações instanciadas a partir do GREN. Também é apresentada a evolução da ferramenta para instânciação automática do GREN, o GREN-Wizard, para torná-la compatível com a nova versão do GREN. Para a evolução do GREN foi seguido um processo de evolução de *frameworks* proposto na literatura que sofreu influência deste trabalho em seu refinamento. Uma avaliação sucinta dos resultados obtidos é também apresentada.

Abstract

This dissertation presents an evolution of an object-oriented framework called GREN that was done using an Aspect Oriented Approach. In this evolution, only non functional requirements were considered, more specifically the general requirements of security (authentication, access log and access control). An aspect-oriented Security Subsystem was originated from the implementation of these requirements. The Security Subsystem allows authentication, log and access control of system's users for the applications instantiated using GREN. The evolution of the GREN-Wizard, a tool to automatically instantiate GREN applications, is also presented, making it compatible with the new version of GREN. A process proposed in the literature for frameworks evolution was followed in this evolution of GREN. This use has contributed to the refinement of that process. A brief evaluation of the results obtained is also presented.

Introdução

1.1 Contextualização

A reutilização de software é um antigo objeto de estudo da Engenharia de Software. As linguagens e técnicas de programação evoluíram nesse sentido, com o objetivo de apoiar a separação de interesses (*concerns*) em módulos bem definidos que podem ser vistos como componentes reusáveis em novos sistemas.

Na década de setenta apareceu a programação orientada a objetos como um paradigma poderoso para o reuso por meio de herança; entretanto, o reuso era alcançado apenas em pequena escala e não resolvia o problema de reutilizar componentes grandes que cuidassem de partes relevantes de um sistema. Nesse contexto deu-se início aos estudos de métodos e técnicas de análise de domínio para maximizar o reuso no processo de desenvolvimento de software por meio da identificação e organização do conhecimento a respeito de uma classe de problemas. Com esse mesmo objetivo surgiram os *frameworks* de software orientados a objetos, os quais permitem o reuso de grandes estruturas em um domínio particular. O reuso ocorre por meio da personalização dessas estruturas para atender aos requisitos de aplicações específicas do domínio. *Framework* é definido como um esqueleto de classes, objetos e relacionamentos agrupados para construir aplicações específicas. Eles são utilizados tanto em processos baseados no conceito de linhas de produtos de software (Weiss & Lai, 1999) como isoladamente, nos mais diversos domínios e níveis: *frameworks* de aplicação, *frameworks* de *middleware*, *frameworks* de infra-estrutura etc.

Uma limitação encontrada na tecnologia de objetos é a dificuldade na localização de interesses que envolvem restrições globais e comportamentos dispersos. Procurando resolver essa

limitação, surgiu nos últimos anos a programação orientada a aspectos (POA), como uma alternativa importante para o projeto de software, permitindo separar os aspectos puramente funcionais de outros que se espalham ao longo dos componentes modulares proporcionado, assim, a criação de módulos mais “limpos” (Kiczales et al., 2001b).

Recentemente, a junção das tecnologias de *frameworks* e POA deu origem aos *frameworks* orientados a aspectos. A combinação dessas duas tecnologias constitui uma abordagem bastante promissora para aumentar a reusabilidade dos *frameworks* e facilitar sua evolução. De um lado a programação orientada a aspectos torna possível a separação e implementação de interesses, o que é importante para melhorar a manutenibilidade no desenvolvimento de software. Os *frameworks*, por outro lado, possibilitam o reuso e a personalização de uma implementação particular em aplicações diferentes.

1.2 Motivação

Seguindo essa linha de pesquisa de *frameworks* e reuso, o Grupo de Pesquisa em Engenharia de Software do ICMC vem trabalhando há alguns anos no desenvolvimento de um *framework* OO, denominado GREN, para o domínio dos recursos de gestão de negócios e num processo de desenvolvimento de *framework* em que a base é uma linguagem de padrões que especifica o domínio (Braga et al., 1999; Braga, 2002b; Braga & Masiero, 2002c,b). Como a junção das tecnologias de *frameworks* e POA é bastante promissora e vem sendo estudada como uma alternativa adicional para aumentar a reusabilidade dos *frameworks* e facilitar sua evolução, torna-se importante pesquisar quais as vantagens de se utilizar a POA não apenas para a confecção de um novo *framework*, como é encontrado na literatura, mas para a evolução de um *framework* OO já existente como, por exemplo, o GREN. Essa experiência pode mostrar se é válido o uso de POA na manutenção e evolução de programas já existentes e quais tipos de manutenção poderiam ser ou não beneficiadas com essa técnica.

1.3 Objetivos

Esta dissertação tem como objetivo realizar uma evolução orientada a aspectos do *framework* GREN, na qual são considerados requisitos não funcionais. Essa evolução é baseada em um processo de evolução de *frameworks* proposto na literatura e prioriza a implementação de requisitos não funcionais de segurança que não foram implementados nas versões anteriores do GREN. Portanto, consiste de uma evolução aperfeiçoativa (ou perfectiva), pois novas funcionalidades são adicionadas ao GREN. Pretende-se também avaliar o uso de orientação a aspectos para manutenção de *frameworks*.

1.4 Organização do Trabalho

Este trabalho está organizado em seis capítulos e seis apêndices. No Capítulo 2, é apresentada uma revisão bibliográfica sobre os conceitos gerais de *frameworks* de software orientados a objetos, evolução de *frameworks* e algumas pesquisas existentes na literatura relacionadas à junção da tecnologia de *frameworks* com a tecnologia de POA. Uma descrição detalhada sobre o *framework* GREN, que foi a base para a realização deste trabalho é também apresentada.

No Capítulo 3, são fornecidos os conceitos básicos sobre POA necessários para o entendimento e desenvolvimento deste trabalho. São apresentadas também algumas linguagens de programação que apóiam a POA, outras abordagens relacionadas a POA e algumas propostas presentes na literatura para apoiar o projeto de software orientado a aspectos.

No Capítulo 4 é apresentada, em detalhes, a evolução realizada no *framework* GREN, na qual foi implementado o Subsistema de Segurança seguindo a abordagem POA. A apresentação dessa evolução é realizada de acordo com o seu desenvolvimento, seguindo cada um dos passos do processo de evolução de *frameworks* proposto por Cagnin et al. (2004). Nesse Capítulo também é apresentada a evolução da ferramenta para instanciiação automática do GREN, a GREN-Wizard, para torná-la compatível com a nova versão do GREN criada.

No Capítulo 5, são apresentadas duas instanciiações da nova versão do GREN, para um sistema de Clínica Veterinária: uma de forma caixa-branca e outra por meio da ferramenta GREN-Wizard. Essas instanciiações têm por objetivo ilustrar quais tarefas adicionais devem ser realizadas, nos casos de instanciiações da nova versão do GREN incluem o Subsistema de Segurança.

No Capítulo 6, apresentam-se as conclusões desta dissertação, com um resumo e uma avaliação sobre o trabalho realizado, as contribuições ao estado da arte e sugestões de trabalhos futuros.

No Apêndice A são apresentados os requisitos do Subsistema de Segurança e no Apêndice B são mostrados os casos de uso elaborados a partir desses requisitos. No Apêndice C é apresentado o documento de requisitos do sistema para Clínica Veterinária. No Apêndice D são apresentadas as alterações realizadas decorrentes da evolução da ferramenta GREN-Wizard. No Apêndice E apresenta-se documentação adicional do Subsistema de Segurança, que enfoca os passos para a instalação do pacote de classes AspectS e do Subsistema de Segurança e, também, considerações sobre a instanciiação do GREN incluindo o Subsistema de Segurança. Por fim, no Apêndice F mostra-se a hierarquia de classes das novas versões do GREN e da ferramenta GREN-Wizard.

Frameworks

2.1 Considerações Iniciais

Considerando-se os objetivos deste trabalho, que é o uso da recente tecnologia de aspectos para apoiar a evolução de *frameworks*, apresenta-se, neste capítulo, uma revisão bibliográfica sobre *frameworks* orientados a objetos, e considerações sobre a junção da tecnologia de *frameworks* com a tecnologia de programação orientada a aspectos. Para tal, este capítulo está organizado como segue. Na seção 2.2 são abordados conceitos gerais sobre *frameworks*. A seção 2.3 trata do assunto de evolução de *frameworks* e descreve um processo de evolução de *frameworks* proposto na literatura, o qual recebeu contribuições com o desenvolvimento deste trabalho. Na seção 2.4 é apresentado o *framework* GREN, que foi a base para a realização deste trabalho de mestrado, abordando o seu processo de desenvolvimento e as suas principais características. Na seção 2.5 é apresentado o assunto de *frameworks* orientados a aspectos, citando alguns exemplos propostos atualmente na literatura. Por fim, na seção 2.6 são apresentadas as considerações finais deste capítulo.

2.2 Frameworks de Software Orientados a Objetos

*Frameworks*¹ são soluções de software que têm o objetivo de apoiar o desenvolvimento de aplicações em domínios específicos. O objetivo principal é a reutilização tanto de código

¹Para simplificação, o termo “*framework*” será usado nesta dissertação com o mesmo significado de “*framework* orientado a objetos”

quanto de esforços despendidos em todas as fases do ciclo de vida, num esforço de aumentar a velocidade do desenvolvimento e a qualidade das aplicações desenvolvidas. Um *framework* é uma aplicação semidefinida e reusável que pode ser especializada para criar uma aplicação específica (Fayad et al., 1999). A arquitetura de tempo de execução de um *framework* é caracterizada pela inversão de controle, ou seja, os métodos definidos pelo usuário para especializar o *framework* são invocados dentro do próprio *framework*, ao invés de serem chamados a partir do código do usuário.

A arquitetura dos *frameworks* possui pontos fixos (*frozen spots*) e pontos variáveis (*hot spots*) (Pree, 1995). As várias aplicações dentro de um mesmo domínio são diferenciadas por um ou mais pontos variáveis. Os pontos variáveis são pontos do *framework* projetados para serem genéricos e poderem ser adaptados de alguma forma às necessidades de cada aplicação específica, por exemplo, por meio do preenchimento de parâmetros ou da criação de subclasses. Pontos fixos ou partes fixas são usadas sem nenhuma modificação em todas as instâncias dos *frameworks*.

Considerando a forma de reuso, os *frameworks* podem ser classificados como *framework* caixa-branca, caixa-preta ou caixa-cinza. As funcionalidades de um *framework* caixa-branca são reusadas e estendidas por meio de herança, ou seja, o usuário deve criar subclasses das classes abstratas contidas no *framework* para construir aplicações específicas. Dessa forma, o usuário precisa conhecer detalhes das estruturas internas do *framework* para utilizá-lo. O *framework* caixa-preta permite estender suas funcionalidades por composição ou definição de interfaces para os componentes. Assim, o usuário deve entender apenas a interface para usar este tipo de *framework*. Finalmente, o *framework* caixa-cinza é uma combinação do caixa-branca e do caixa-preta, ou seja, o reuso é feito por herança e pela definição de interfaces. Em outras palavras, *frameworks* caixa-cinza são projetados para suprir as desvantagens apresentadas pelos *frameworks* caixa branca e preta. Ele deve possuir flexibilidade e extensibilidade suficiente, e a habilidade de ocultar de seus usuários informações desnecessárias (Fayad et al., 1999). Portanto, os *frameworks* caixa branca são mais fáceis de projetar, pois não há necessidade de prever todas as alternativas de implementação possíveis. Já os *frameworks* caixa-preta são mais difíceis de projetar por haver necessidade de fazer essa previsão. Por outro lado, o *framework* caixa-preta é mais fácil de usar, pois basta escolher a implementação desejada, enquanto no caixa-branca é necessário completar a implementação.

De acordo com Fayad & Schmidt (1997) Fayad et al. (1999) os *frameworks* podem ser classificados, segundo seu escopo, em três grupos:

- *Frameworks* de infra-estrutura do sistema: simplificam o desenvolvimento da infra-estrutura de sistemas portáteis e eficientes como, por exemplo, sistemas operacionais, sistemas de comunicação, interfaces com o usuário e ferramentas de processamento de linguagem. São geralmente usados internamente em uma organização de software e não são vendidos a clientes diretamente.

- *Frameworks* de integração *middleware*: são geralmente usados para integrar aplicações e componentes distribuídos. Eles são projetados para melhorar a habilidade de desenvolvedores em modularizar, reutilizar e estender a infra-estrutura de software para funcionar em um ambiente distribuído.
- *Frameworks* de aplicação empresarial: estão voltados para domínios de aplicação mais amplos e são a base para atividades de negócios das empresas como, por exemplo, sistemas de telecomunicações, aviação, manufatura e engenharia financeira. Eles são mais caros de desenvolver e comprar, e apóiam diretamente o desenvolvimento de aplicações e produtos.

Os principais benefícios fornecidos pelos *frameworks* aos desenvolvedores, segundo Fayad & Schmidt (1997) e Fayad et al. (1999), são: modularidade, reusabilidade, extensibilidade e inversão de controle.

A modularidade proporcionada pelos *frameworks* melhora a qualidade do software por localizar o impacto das alterações de projeto e implementação, reduzindo o esforço necessário para entender e manter softwares existentes.

Os *frameworks* aumentam a reusabilidade por fornecer implementações genéricas de soluções que podem ser reutilizadas para definir novas aplicações. Esse fato produz uma melhora substancial na produtividade dos programadores, assim como aumenta a qualidade, desempenho e confiabilidade do software.

Um *framework* aumenta a extensibilidade por possuir métodos adaptáveis que podem ter suas interfaces estendidas para atender aos requisitos de diferentes aplicações. A extensibilidade é indispensável para assegurar a personalização adequada de características e serviços de novas aplicações.

Frameworks também são importantes recursos para o enfoque de linha de produto. Uma linha de produto de software envolve um conjunto de aplicações similares de um domínio que podem ser desenvolvidas a partir de uma arquitetura genérica comum, a arquitetura da linha de produto e um conjunto de componentes que povoam a arquitetura. O objetivo dessa abordagem é identificar os aspectos comuns e as diferenças entre os artefatos de software ao longo do processo de desenvolvimento da linha de produto, de modo a explicitar os pontos de decisão em que a adaptação dos componentes para a geração de produtos específicos pode ser realizada. Portanto, para se conceber uma linha de produto é necessário partir de conceitos que levem à generalização de aplicações e que permitam instanciações para aplicações específicas. Os *frameworks* fornecem esse tipo de recurso por ser uma arquitetura de software semidefinida que consiste de um conjunto de unidades individuais e de interconexões entre elas, de tal forma que cria uma infra-estrutura de apoio pré-fabricada para o desenvolvimento de aplicações de um ou mais domínios (Gimenes & Travassos, 2002).

A literatura apresenta algumas abordagens e estratégias para a implementação de linha de produto de software como, por exemplo, a iniciativa PLP (*Product Line Practice*) do SEI/CMU

(PLP *apud* (Gimenes & Travassos, 2002))², a abordagem Synthesis elaborada pelo *Software Productivity Consortium* (SPC, 1993 *apud* (Gimenes & Travassos, 2002))³, a abordagem FAST (Weiss & Lai, 1999), a abordagem PULSE (*Product line Software Engineering*) (Bayer et al., 1999 *apud* (Gimenes & Travassos, 2002))⁴ e a abordagem de Bosch (Bosch, *apud* (Gimenes & Travassos, 2002))⁵. Algumas dessas abordagens apresentam uma solução abrangente para questões relativas à representação de aspectos referentes à engenharia de domínio e aplicação, bem como aos conceitos inerentes à evolução, gerenciamento, análise de custo / benefício, tomada de decisão orientada ao mercado e avaliação de riscos. Outras fornecem métodos concentrados em alguns dos aspectos inerentes à tecnologia de linha de produto, tais como a definição da família de produtos, construção da infra-estrutura básica e até mesmo a implantação de componentes reutilizáveis (Gimenes & Travassos, 2002).

A maioria dos *frameworks* existentes oferece suporte a domínios técnicos (tais como interfaces com o usuário ou distribuição), como por exemplo os *frameworks* MacApp, específicos para aplicações Macintosh, o InterViews e o Smalltalk Model-View-Controller. O Model-View-Controller foi o primeiro *framework* amplamente utilizado. Ele é usado pelo Smalltalk como interface com o usuário, tendo mostrado a adequação da orientação a objetos para implementação de interfaces gráficas com o usuário (Fayad et al., 1999).

Os *frameworks* OO têm representado um importante papel no desenvolvimento de software atual (Fayad et al., 1999). Dentre esses *frameworks* podemos citar: os *frameworks* de integração *middleware* ACE (Schmidt, 1998), desenvolvido em linguagem C++ e que implementa padrões de concorrência e distribuição para softwares de comunicação, o JavaSoft's RMI e implementações do OMG CORBA; os *frameworks* de aplicação ET++ (Weinand et al., 1988) e o Microsoft Foundation Classes (MFC) desenvolvidos ambos em linguagem C++ e o IBM SanFrancisco. O *framework* SanFrancisco foi desenvolvido por uma equipe da IBM utilizando linguagem Java, para auxiliar seus parceiros de negócios na construção de aplicações para uso próprio ou para distribuição para seus clientes (Monday, 2000 *apud* (Braga, 2002b))⁶. Ele pode ser alugado por empresas para a criação de aplicações que, depois de encerrado o período de desenvolvimento, passam a utilizar o sistema gerado sem outros encargos (Yassin & Fayad, 2000 *apud* (BRAGA et al., 2002))⁷.

²PLP. Homepage: A Framework for Software Product Line Practice Version 4.1. Disponível em: <http://www.sei.cmu.edu/plp/framework.html>

³SPC - Software Productivity Consortium, Reuse-Driven Software Processes Guidebook, SPC-92019-CMC version 02.00.03 November 1993.

⁴BAYER, J.; FLEGE, O.; KNAUBER, P.; LAQUA, R.; SCHMID, K.; WIDEN, T.; DEBAUD, J. PuLSE: A Methodology to Develop Software Product Lines. *Symposium on Software Reusability (SSR99)*, May 1999.

⁵BOSCH, J. *Designing & Use of Software Architectures: Adopting and Evolving a Product-Line Approach*. Great Britain: Ed. Addison -Wesley, 2000. 354p

⁶MONDAY, P.; CAREY, J.; DANGLER, M. *SanFrancisco component framework: An introduction*. Addison Wesley, 2000.

⁷YASSIN, A.; FAYAD, M. E. *Application frameworks: A survey*, cap. 29 In: M. E. Fayad and R. E. Johnson. *Domain-Specific Application Frameworks: Frameworks Experience by Industry*, John Wiley & Sons, p.615 - 632, 2000.

2.3 Evolução de Frameworks

Uma vez implementados, os *frameworks* são usados para reduzir esforços na criação de aplicações, e continuam a evoluir a medida que aplicações são instanciadas, em razão da introdução de novos requisitos, funcionalidades ou até mesmo por correções da implementação já existente. A evolução dos *frameworks* apresenta algumas consequências para as aplicações que foram anteriormente instanciadas, isto é, quando um *framework* evolui, as aplicações instanciadas a partir desse *framework* também devem evoluir e é necessário decidir se a implementação da evolução deve ser implementada diretamente nas aplicações já instanciadas ou se deve ser generalizada implementando-a no próprio *framework* (van Gurp & Bosch, 2001).

Roberts & Johnson (1998) propõem uma linguagem de padrões que descreve os passos de desenvolvimento e evolução de um *framework*. De forma resumida, os passos comuns na evolução são: primeiro o desenvolvimento de um *framework* caixa-branca e, em segundo, a sua transição para um *framework* caixa-preta. A transição de caixa-branca para caixa-preta é marcada por uma série de evoluções como a criação de uma biblioteca de componentes, a qual é constituída pelos objetos mais utilizados nas instanciações do *framework*, criação de partes variáveis do *framework*, criação de objetos “plugáveis”, isto é, classes adaptáveis que possam ser parametrizadas, por exemplo, pelo envio de mensagens. O terceiro passo é a criação de uma ferramenta visual para automatizar o processo de instanciação e, como último passo, o desenvolvimento de uma ferramenta da linguagem que possa inspecionar e depurar o processo de instanciação automática. Entretanto, alguns *frameworks* podem parar de evoluir por não serem mais usados ou simplesmente pelo motivo de que é melhor para ele continuar sendo um *framework* caixa-branca e, assim, alguns desses passos podem não ser executados.

Mattsson & Bosch (1998) apresentam uma classificação dos tipos de evolução a que um *framework* pode ser submetido de acordo com os tipos de manutenção a serem realizadas. Essa classificação é composta por quatro categorias: i) reorganização interna - é um tipo de evolução em resposta ao surgimento de novos requisitos, sendo que o *framework* é reorganizado internamente sem afetar as funcionalidades visíveis externamente e tem por objetivo melhorar a qualidade dos requisitos (algumas vezes requisitos não-funcionais como flexibilidade, reusabilidade ou desempenho) do *framework*; ii) mudança de funcionalidade - motivada, por exemplo, pela necessidade de adaptar a interação do *framework* com uma nova tecnologia de *hardware* ou *software*; iii) extensão de funcionalidades - é motivada pela introdução de novas funcionalidades ou de novos conceitos não atendidos pela versão corrente do *framework*; iv) redução de funcionalidade - pode ser motivada por instanciações do *framework* nas quais uma funcionalidade deve ser removida ou desabilitada e ocorre em situações muito especiais de junção de dois *frameworks* de um mesmo domínio, em que uma das funcionalidades existente nos dois precisa ser eliminada.

Em um estudo recente, Cagnin et al. (2004) propõem um processo abrangente para evolução de *Frameworks* de Aplicação composto pelos oito passos mostrados na Figura 2.1. A elaboração

desse processo foi motivada por dois estudos de caso de reengenharia utilizando o processo de reengenharia ágil PARFAIT (Cagnin et al., 2003), que usa o *framework* GREN, descrito na seção 2.4.2, como base para a reengenharia de sistemas legados, nos quais notou-se que muitos dos sistemas legados possuíam funcionalidades não implementadas no GREN.

O processo proposto por (Cagnin et al., 2004) enfatiza principalmente a manutenção perfeita, por essa ser a que mais difere do processo de evolução de outros tipos de software. Entretanto, o processo também pode ser usado em outros tipos de manutenção. Para a implementação dos tipos de manutenção corretiva, adaptativa e preventiva (Pressman, 2001) aplicam-se diretamente os passos 5 a 8, após ser realizada uma análise técnica, econômica, de mercado, dentre outras, para checar a viabilidade da manutenção desejada. Quanto ao responsável pela execução dos passos do processo, verifica-se que, os passos 2, 3 e 4 do processo são executados pelo engenheiro da aplicação, os passos 1, 5, 6, 7 e 8 são executados pelo engenheiro de domínio.

Para cada requisito (funcional ou não funcional) não atendido pelo framework:

Passo 1) *Analisar se o requisito pode ser considerado como genérico ao domínio do framework.*

Caso não seja considerado genérico:

Passo 2) *Implementar a funcionalidade na aplicação para atender ao requisito (ou conjunto de requisitos).*

Passo 3) *Testar as funcionalidades implementadas na aplicação.*

Passo 4) *Armazenar o requisito no histórico.*

Caso seja genérico ao domínio do framework deve-se:

Passo 5) *Projetar, implementar e testar as funcionalidades no framework para atender ao requisito (ou conjunto de requisitos).*

Passo 6) *Atualizar a documentação do framework.*

Passo 7) *Testar a nova versão do framework.*

Passo 8) *Cuidar do Gerenciamento de Controle de Configuração.*

Figura 2.1: Processo para evolução de *frameworks* (Cagnin et al., 2004).

A seguir são descritos, de forma resumida, cada um dos passos do processo de evolução proposto por Cagnin et al. (2004):

- **Passo 1 - Analisar se o requisito pode ser considerado como genérico ao domínio do framework.** Neste passo, o engenheiro de domínio deve decidir se uma certa funcionalidade ou conjuntos de requisitos que especificam total ou parcialmente uma certa funcionalidade, que constitui a causa da manutenção a ser efetuada, é genérica ao domínio do *framework* e poderá ser utilizada em outros produtos do domínio, ou se não deve ser implementada por não ser considerada genérica ou por carência de viabilidade econômica.

Caso a decisão seja implementar o requisito, se ele for considerado genérico ao domínio os passos 5 a 8 do processo de evolução proposto devem ser executados. Caso contrário, se o requisito não for considerado genérico ao domínio, os passos 2 a 4 devem ser executados. Caso a decisão seja por não implementar deve-se registrar a funcionalidade ou conjuntos de requisitos para uma possível mudança de decisão no futuro.

- **Passo 2 - Implementar funcionalidades na aplicação para atender o requisito.** Neste passo a funcionalidade ou conjunto de requisitos deve ser implementada na aplicação instanciada a partir do *framework*. Para realizar a implementação deve-se inicialmente fazer um estudo das classes e métodos da aplicação, bem como das superclasses herdadas do *framework* para que a implementação da nova funcionalidade não danifique o comportamento das classes do *framework*. Deve-se ainda, dar grande atenção para a flexibilidade de alterações, uma vez que, caso seja decidido estender o domínio do *framework* posteriormente, o código da nova funcionalidade implementada poderá ser reaproveitado como base para a implementação da generalização dessa funcionalidade no *framework*.
- **Passo 3 - Testar as funcionalidades implementadas na aplicação.** Devem ser realizados testes de unidade dos módulos afetados pela implementação realizada no passo 2 para checar a sua correção. Além disso, também devem ser realizados testes de integração e de sistema para checar se nenhuma funcionalidade do *framework* foi danificada pela implementação da nova funcionalidade.
- **Passo 4 - Armazenar o requisito no histórico.** Após a implementação e testes da nova funcionalidade, neste passo o engenheiro de aplicação deve armazenar no histórico de requisitos a descrição e o tipo (funcional ou não funcional) de cada requisito implementado e armazenar também a solução adotada e o tipo de manutenção realizada.
- **Passo 5 - Projetar, implementar e testar as funcionalidades no framework para atender ao requisito (ou conjunto de requisitos).** Uma vez que a funcionalidade ou conjunto de requisitos analisados no passo 1 foi considerada genérica ao domínio do *framework*, aqui, no passo 5, o engenheiro de domínio deve fazer um estudo da arquitetura e da hierarquia de classes do *framework* para decidir como, na fase de projeto, o requisito poderá ser atendido pelo *framework*. Para isso, o diagrama de classes do projeto do *framework* é modificado observando-se quais classes, relacionamentos, métodos e atributos de classes devem ser adicionados e/ou modificados para atender à implementação da nova funcionalidade. Funcionalidades já implementadas em aplicações geradas poderão servir como base para esse estudo e se possível poderão ser generalizadas para incorporar a nova funcionalidade ao *framework*. Quanto a funcionalidades típicas do domínio, mas que ainda não foram implementadas, deve-se aplicar um processo de análise de domínio semelhante ao processo usado para gerar o *framework* (Braga & Masiero, 2002b; Braga, 2002b; Roberts & Johnson, 1998). O engenheiro de domínio deve, então, codificar a nova

funcionalidade ou conjunto de requisitos do *framework* a partir do novo projeto criado e em seguida testar, por meio de algum critério de teste. Além disso, testes de integração devem ser realizados para verificar se as funcionalidades implementadas atendem a todos os requisitos preestabelecidos e se nenhuma funcionalidade do *framework* foi danificada pela implementação da nova funcionalidade.

- **Passo 6 - Atualizar a documentação do framework.** Neste passo toda a documentação do *framework*, que refletem as alterações realizadas pela implementação da nova funcionalidade, deve ser atualizada, como por exemplo, diagrama de classes, hierarquia de classes, manual de uso do *framework cookbook* e guia do usuário da ferramenta de apoio a instanciação, se existir.
- **Passo 7 - Testar a nova versão do framework.** Neste passo devem ser realizados testes mais rigorosos de sistema para checar se as funcionalidades implementadas satisfazem os requisitos pretendidos e se nenhuma funcionalidade do *framework* foi prejudicada com a implementação da nova funcionalidade. Todas as partes do *framework* que refletem as alterações realizadas devem ser testadas por meio de diversas instanciações incluindo a nova funcionalidade implementada seguindo o processo descrito no *cookbook* atualizado.
- **Passo 8 - Cuidar do Gerenciamento de Controle de Configuração.** Neste passo deve-se decidir em quais versões do *framework* a implementação da nova funcionalidade deve ser incorporada, se as aplicações já instanciadas devem ser modificadas para incorporar a nova funcionalidade implementada no *framework* e a partir de qual momento a manutenção realizada será incorporada à versão operacional do *framework*.

2.4 O Framework para Gestão de Recurso de Negócios

O Framework para Gestão de REcursos de Negócios (GREN) foi desenvolvido no ICMC-USP no contexto da tese de doutorado de Braga (2002b), na qual foi proposto um processo de desenvolvimento de *frameworks* com base em linguagens de padrões.

2.4.1 O Processo de Desenvolvimento

O processo proposto por Braga & Masiero (2002b), ilustrado na Figura 2.2, usando a notação SADT (Ross, 1977), é composto de quatro passos: o primeiro utiliza sistemas específicos e experiência prática em um dado domínio para construir uma linguagem de padrões, utilizada como entrada para todos os demais passos. Essa linguagem consiste basicamente de padrões de análise, ou seja, padrões a serem aplicados durante a fase de análise de sistemas. Além disso, essa linguagem de padrões pode ser utilizada de forma independente para auxiliar desenvolvedores, a modelarem sistemas no domínio por ela coberto.

Figura 2.2: Processo Geral (Braga, 2002b)

No segundo passo, um *framework* caixa-branca é construído para apoiar a implementação de aplicações específicas modeladas pela linguagem de padrões. Tal *framework* possui classes concretas e abstratas implementadas em uma linguagem de programação específica, que correspondem, embora não necessariamente de forma direta, às classes de cada um dos padrões de análise da linguagem de padrões. É um *framework* caixa-branca porque, para derivar aplicações a partir dele, é necessário criar subclasses que herdem de suas classes abstratas. Recursos como Padrões de projeto (Gamma et al., 1995) e meta-padrões (Pree, 1995) são utilizados para prover a flexibilidade desejada no *framework*. Além disso, outro resultado desse passo é um manual de uso do *framework*, que inclui o mapeamento da linguagem de padrões para as classes do *framework*, de forma que, sabendo-se quais foram os padrões aplicados para modelar um sistema específico, pode-se identificar quais as classes do *framework* que devem ser especializadas e quais métodos devem ser sobrepostos durante a instanciação.

No terceiro passo é construída uma ferramenta (*wizard*) para automatizar a instanciação do *framework* caixa-branca a aplicações específicas. A interface gráfica de tal ferramenta é totalmente baseada na linguagem de padrões, de forma que sua utilização torna-se intuitiva para desenvolvedores que conhecem a linguagem de padrões. Tendo o desenvolvedor fornecido à ferramenta todas as informações sobre os padrões aplicados para modelar seu sistema alvo, a ferramenta baseia-se no mapeamento da linguagem de padrões para as classes do *framework*, a fim de gerar o código das novas classes. O resultado é um sistema executável acompanhado do código-fonte, que pode ser modificado manualmente pelo engenheiro de software para atender requisitos não cobertos pela linguagem de padrões.

O quarto e último passo da abordagem é a instanciação do *framework* caixa-branca a aplicações específicas. Duas alternativas de instanciação são possíveis: com base no caixa-branca e

com base no *wizard*. Na primeira alternativa utiliza-se diretamente o *framework* caixa-branca e seu *cookbook*, criando manualmente as novas classes da aplicação e seus respectivos métodos. Na segunda alternativa o *wizard* é utilizado para obtenção das novas classes e métodos. Em ambas as alternativas a linguagem de padrões é utilizada inicialmente para modelar o sistema, de acordo com seus requisitos específicos.

Deve-se ressaltar que o processo é iterativo, podendo haver, durante quaisquer de suas atividades, o retorno de informações que podem ser úteis para o refinamento de atividades já realizadas. Por exemplo, durante o desenvolvimento do *framework* caixa-branca podem ser identificadas funcionalidades não tratadas pela linguagem de padrões. Essa informação pode ser utilizada para complementar a linguagem de padrões, por meio do acréscimo de novos participantes, novas variantes, ou até mesmo novos padrões, ou pode ser documentada adequadamente para inclusão em futuras versões da linguagem de padrões e do *framework*. Outro exemplo que reforça o aspecto iterativo do processo é o passo de instanciação do *framework*, tanto pelo *framework* caixa-branca quanto pelo *wizard*. A instanciação é o momento no qual uma nova aplicação deve ser desenvolvida por meio da adaptação dos pontos flexíveis do *framework*. É nesse momento também que são identificadas a maioria das funcionalidades não cobertas, mas desejáveis de serem incorporadas ao *framework* e à linguagem de padrões.

2.4.2 O Framework GREN

O GREN é um *framework* orientado a objetos que foi desenvolvido com base na linguagem de padrões GRN (Braga et al., 1999), usando o processo apresentado na Seção 2.4.1. Ele permite criar aplicações no domínio de sistemas de gestão de recursos de negócios e foi implementado com a linguagem Smalltalk, mais especificamente o ambiente *Visual Works Non-Commercial* 5i.4 (CINCOM, 2004).

A linguagem de padrões para Gestão de Recursos de Negócios (GRN), Figura 2.3, é formada por quinze padrões de análise, alguns dos quais são aplicações ou extensões de padrões propostos na literatura. Ela foi projetada para auxiliar os engenheiros de software a desenvolver aplicações que lidam com gestão de recursos, oferecendo-lhes material substancial para o desenvolvimento de novos sistemas, juntamente com soluções alternativas, quando necessário (Braga, 2002b).

A arquitetura do *framework* GREN é apresentada na Figura 2.4. Atualmente ele é composto de oitenta e duas classes de negócio, setenta e cinco classes referentes à interface gráfica e três classes para apoiar a persistência dos dados, fazendo conversão de objetos em Smalltalk para registros relacionais em um SGBD. A camada de persistência trata da conexão com a base de dados, gerenciamento dos identificadores dos objetos e negócios dos objetos. A camada de negócios comunica-se com a camada de persistência sempre que precisa armazenar um objeto permanentemente. Na camada de negócios existem diversas classes derivadas diretamente dos padrões que compõem a linguagem de padrões GRN. A camada de interface gráfica com o

Figura 2.3: Linguagens de padrões para gestão de recursos de negócios (Braga, 2002b).

usuário contém as classes responsáveis pela entrada e saída de dados, e comunica-se com a camada de negócios para obtenção de objetos a serem mostrados na interface com o usuário e para devolver informações a serem processadas pelos métodos da camada de negócio. A camada GREN-Wizard contém as classes que implementam o instanciador do GREN, essa camada comunica-se com as camadas mais abaixo para a criação de classes de negócio e de GUI, e também faz uso da camada de persistência. As aplicações específicas criadas por meio do GREN localizam-se nas camadas mais altas e podem ser geradas manualmente usando a camada de interface gráfica com o usuário ou a partir do instanciador do GREN (GREN-Wizard) (Braga, 2002b).

Definida a arquitetura do GREN, foi então projetada a sua hierarquia de classes. Inicialmente foi construído um modelo de classes geral englobando as classes de todos os padrões da GRN e posteriormente esse modelo foi refinado por mecanismos de especialização e generali-

Figura 2.4: Arquitetura do GREN (Braga, 2002b).

zação. A Figura 2.5 mostra alguns exemplos de classes pertencentes à hierarquia de classes do GREN.

Várias aplicações foram desenvolvidas usando o *framework* GREN (Braga, 2002b), por exemplo:

- Sistema para Hotel, consistindo basicamente no gerenciamento das estadias de *hóspedes* do hotel, controlando desde a reserva de *acomodações* até o acompanhamento do período de estadia, considerando os diversos tipos de consumo efetuados pelos hóspedes, tais como frigobar, restaurante, lavanderia e telefonemas.
- Sistema para Locadora de Carros, consistindo no gerenciamento dos *aluguéis de carros*, bem como do controle de itens que podem ser adicionados ao aluguel, tais como combustível, seguros (danos materiais e pessoais), taxa de retorno, cadeiras de bebê, motoristas, entrega do carro, etc. Emissão de diversos tipos de relatórios e consultas, para um melhor gerenciamento dos aluguéis.

Figura 2.5: Exemplo de algumas classes da hierarquia de classes do GREN (Braga, 2002b).

2.5 Frameworks Orientados a Aspectos

Os *frameworks* orientados a aspectos surgiram recentemente como resultado da combinação das tecnologias de *frameworks* e programação orientada a aspectos. Eles constituem uma abordagem bastante promissora para aumentar a reusabilidade dos *frameworks* e facilitar sua evolução. Os *frameworks* orientados a aspectos têm sido foco de pesquisa de alguns autores tais como Constantinides et al. (2000), Netinant et al. (2000), Elrad et al. (2001a), Garcia et al. (2002), Pace & Campo (2001), Rasshid & Chitchyan (2003) e Camargo (2003).

Em um trabalho de doutorado em andamento no ICMC-USP, Camargo (2003) diferencia os *frameworks* orientados a aspectos em duas classes: i) *frameworks* de aplicação orientados a aspectos (FAOAs) e ii) *frameworks* puramente orientados a aspectos (FOAs). A diferença básica é que os FAOAs são utilizados para instanciar aplicações, enquanto os FOAs, por si só, não instanciam nenhuma aplicação, pois eles são apenas a implementação genérica de um determinado requisito não funcional (persistência, controle de segurança, sincronização etc.). Dessa forma, para instanciar uma aplicação, os FOAs devem ser utilizados em conjunto com outros *frameworks* ou aplicações, que não possuam a implementação do requisito não funcional implementado pelo FOAs.

Camargo & Masiero (2003) propõem um *framework* de persistência orientado a aspectos (FOAs), cuja implementação foi baseada em um estudo anterior de Camargo et al. (2003), em que foi proposto um projeto baseado em aspectos para o padrão de projeto Camada de Persistência (*Persistent Layer* (Yoder et al., 1998)). Nesse estudo, os autores mostram como o padrão Camada de Persistência pode ser implementado separando-se os aspectos funcionais dos aspectos relativos ao padrão, facilitando, dessa forma, o entendimento do padrão e melhorando sua reusabilidade no que diz respeito a sua implementação. Identificou-se também que o padrão Camada de Persistência é composto por sub-padrões, considerados como sub-interesses dentro do interesse maior de persistência. Assim, foi feito o mapeamento desses sub-interesses para determinados aspectos, isto é, os aspectos foram criados utilizando fragmentos de vários sub-padrões ou um sub-padrão completo. Foram realizadas duas implementações, ambas orientadas a aspecto, do *framework* de persistência orientado a aspectos (Camargo & Masiero, 2003). A primeira implementação desse *framework* permite ao engenheiro de aplicações ter consciência sobre os métodos relacionados à persistência dos objetos, ou seja, o engenheiro de aplicação decide qual o melhor momento de estabelecer comunicação com a base de dados inserindo, propriamente, em seu código, durante o processo de instanciação, os métodos para salvar, atualizar ou recuperar objetos da base de dados. Na segunda implementação, o engenheiro de aplicação não necessita ter consciência sobre os alguns métodos de persistência, pois a própria implementação do *framework* percebe quando um objeto deve ser, por exemplo, persistido na base de dados. Essa última implementação apresentou uma queda no desempenho das aplicações instanciadas, por causa da sobrecarga de processamento necessária para manter na base de dados a mesma imagem dos objetos presente na memória durante a execução da aplicação instanciada. A versão atual do *framework* de persistência proposto por Camargo & Masiero (2003) é voltado para aplicações baseadas na Web.

Rasshid & Chitchyan (2003) também propõem um projeto inicial de *framework* de persistência baseado em aspectos, com o objetivo de introduzir os interesses de persistência em uma aplicação nas fases finais de desenvolvimento. A camada de persistência, que é independente da aplicação, foi generalizada por meio da criação de pontos de junção abstratos que devem ser concretizados por aspectos especializados. O interesse de persistência foi dividido em Conexão, Armazenamento e Atualização, Remoção, Transações e Acesso a meta-dados. Entretanto, essas

partes não foram consideradas como sub-interesses e tampouco baseadas em algum padrão de projeto que trata de persistência, como nos trabalhos de Camargo et al. (2003) e de (Camargo & Masiero, 2003).

Netinant et al. (2000) propõem um *framework* orientado a aspectos para apoiar o projeto de sistemas operacionais adaptáveis. O *framework* orientado a aspectos proposto por esse autor caracteriza-se por expressar a fase de projeto em um nível de abstração mais alto e é baseado num projeto de sistema com três dimensões: componentes, aspectos e camadas. Os componentes compreendem as funcionalidades básicas dos módulos do sistema, os aspectos representam as propriedades ortogonais aos componentes do sistema e as camadas consistem de componentes e aspectos.

Com base nas experiências dos autores referenciados nesta seção, pode-se concluir que a arquitetura geral dos *frameworks* orientados a objeto pode ser estendida por meio de aspectos, criando módulos (componentes e aspectos) independentes que facilitam o reuso e a manutenção.

2.6 Considerações Finais

Neste capítulo foram apresentados conceitos e também trabalhos já desenvolvidos, referentes à tecnologia de *frameworks*, que forneceram a base para o desenvolvimento deste trabalho de mestrado.

Comparando a revisão elaborada sobre o *framework* orientado a objetos GREN, base central para o desenvolvimento deste trabalho, e a recente tecnologia de *frameworks* orientados a aspectos, pode-se constatar que no projeto e desenvolvimento do GREN não houve nenhuma preocupação com relação à identificação e separação de interesses não funcionais ortogonais às suas funcionalidades. Foi neste sentido que se inseriu a proposta e o desenvolvimento deste trabalho, um estudo dos benefícios e implicações da junção das tecnologias de *frameworks* e programação orientada a aspectos. Para um maior entendimento sobre a tecnologia de programação orientada a aspectos, no próximo capítulo é apresentada uma abordagem sobre essa tecnologia, incluindo os seus conceitos básicos e uma introdução sucinta à linguagens de programação e propostas de projeto que tem por objetivo apoiar essa nova tecnologia.

Programação Orientada a Aspectos

3.1 Considerações Iniciais

Este capítulo é dedicado à programação orientada a aspectos (POA), a algumas linguagens de suporte à POA e a alguns modelos de projetos usados para representar sistemas orientados a aspectos na fase inicial de desenvolvimento. Dessa forma, este capítulo tem por objetivo apresentar um embasamento teórico para a compreensão deste trabalho de mestrado. Para tal, na seção 3.2 são definidos conceitos básicos sobre a programação orientada a aspectos. Na seção 3.3 são apresentadas algumas linguagens de suporte a POA, classificando-as em duas abordagens. Assim, nas seções 3.3.1 e 3.3.2 são apresentados alguns exemplos de linguagens de propósito geral (Hyper/J, AspectJ, AspectS, Apostle) e de propósito específico (D²AL e TyRuBa), ilustrando suas principais características. Na seção 3.4 são apresentadas outras abordagens ligadas à POA. Na seção 3.5 são apresentadas algumas propostas de modelos para apoiar o projeto de software orientado a aspectos e, por fim, na seção 3.6 são apresentadas as considerações finais deste capítulo.

3.2 Conceitos Básicos de Programação Orientada a Aspectos

Segundo Kiczales et al. (1997), os mecanismos de abstração das linguagens mais comumente utilizadas (sub-rotinas, procedimentos, funções, objetos, classes, APIs) podem ser enquadrados em um modelo de procedimentos generalizados, obtidos pela decomposição funcional

do sistema. Entretanto, há propriedades que não se enquadram em componentes¹ da decomposição funcional, tais como: tratamento de exceções, restrições de tempo real, distribuição e controle de concorrência e de acesso. Elas normalmente estão espalhadas por diversos componentes do sistema, afetando o desempenho ou a semântica da aplicação. Embora elas possam ser visualizadas e analisadas relativamente em separado, sua implementação em linguagens orientadas a objetos ou estruturadas torna-se confusa; além disso, seu código encontra-se espalhado pelo código da aplicação, dificultando a separação entre a funcionalidade básica do sistema e essas propriedades. Esse fato, denominado entrelaçamento de código, é responsável por boa parte da complexidade encontrada nos sistemas atuais. Ele aumenta a dependência entre os componentes funcionais, desviando-os de sua finalidade principal, tornando-os menos reusáveis e mais propensos a erros.

A programação orientada a aspectos é uma abordagem que permite a separação dessas propriedades ortogonais² dos componentes funcionais de uma forma natural e concisa, utilizando mecanismos de abstração e de composição para a produção de código executável (Kiczales et al., 1997). A separação dessas propriedades ortogonais em unidades modulares torna mais simples a evolução, compreensão, adaptação e reuso do sistema (Elrad et al., 2001b). Para alcançar esse objetivo, a abordagem de POA introduz novos construtores de linguagens por intermédio da definição de alguns conceitos básicos. De acordo com Elrad et al. (2001a), os conceitos básicos considerados na abordagem de POA são:

Pontos de junção (*join points*): representam os pontos no código do programa onde o programa de aspecto deve ser inserido durante o processo de *weaving* (processo de composição do programa que representa as funcionalidades básicas do sistema com o programa de aspecto);

Pontos de Corte (*pointcuts*): identifica um conjunto de pontos de junção. Os pontos de corte fornecem estruturas para descrição e manipulação de partes do programa;

Sugestões (*advices*): forma de especificar o comportamento de um ponto de corte. Em outras palavras, especifica a forma como o programa de aspecto afetará o comportamento do programa componente;

Introduções (*introductions*): construção para inserir unidades (métodos, atributos) no programa;

Unidades encapsuladas (*aspects*): constituem a implementação do aspectos, os quais combinam as especificações dos pontos de corte e o comportamento a eles anexados.

A forma de implementação desses conceitos varia de acordo com as linguagens de programação destinadas a dar apoio à POA.

¹O termo componente será usado nesta dissertação com o significado de “parte funcional de um sistema.”

²Essas propriedades são também chamadas de “interesses”.

Figura 3.1: Contraste entre geração tradicional (a) e POA (b) de código executável.

Em contraste com as técnicas tradicionais, ilustradas na Figura 3.1(a), na POA, conforme a Figura 3.1(b), cada aspecto é expresso de uma forma separada por meio de construtores lingüísticos específicos. Para obtenção do programa final, os aspectos devem ser combinados com os componentes, por meio do processo chamado de combinação de aspectos (*aspect weaver*).

3.3 Linguagens de Suporte à Programação Orientada a Aspectos

Várias linguagens têm sido criadas para apoiar a programação orientada a aspectos. Essas linguagens se dividem em duas vertentes, de acordo com o seu foco de abrangência: linguagens de propósito geral, que tratam de aspectos de maneira genérica, e as linguagens de propósito específico, que tratam aspectos específicos de um domínio. Embora as linguagens de propósito geral tenham a vantagem de abranger um domínio maior de problemas, elas são mais complexas e de mais baixo nível, sendo assim, mais difíceis de usar. Por outro lado, as linguagens específicas de domínio, embora se limitem a atender somente um domínio bem definido, proporcionam, por meio de notações e abstrações, um poder significativo para a solução de problemas próprios desse domínio.

3.3.1 Linguagens de Propósito Geral

Linguagens de propósito geral visam a definir abstrações e mecanismos de composição que ofereçam suporte à programação orientada a aspectos de maneira genérica, ou seja, os aspectos tratados não são específicos de um domínio. A seguir são apresentadas as descrições de algumas dessas linguagens tais como AspectJ (Gradecki & Lesiecki, 2003; Kiselev, 2003; Kiczales et

al., 2001b,a), Hyper/J (Lay et al., 2000) , Apostle (Alwis, 2002) e AspectS (ASPECTS, 2004; Hirschfeld, 2002).

3.3.1.1 AspectJ

AspectJ é uma extensão de Java de propósito geral que tem por objetivo dar suporte à Programação Orientada a Aspectos. Foi desenvolvida pela *Xerox Palo Alto Research Center*, e permite uma fácil instalação de interesses que interceptam as classes do sistema (Gradecki & Lesiecki, 2003; Kiselev, 2003). AspectJ define um conjunto de construtores da linguagem tais como: pontos de junção (*join points*), pontos de corte (*pointcuts*), sugestões (*advices*), introduções (*introductions*) e aspectos (*aspects*). Pontos de corte e sugestões afetam dinamicamente o fluxo do programa, enquanto uma introdução afeta estaticamente a hierarquia de classes do programa.

Os pontos de junção são pontos bem definidos na execução do programa. AspectJ tem vários tipos de pontos de junção, tais como: chamadas a construtores e a métodos, execução de construtores e métodos, acesso a campos, tratamento de exceções e iniciação de classes e objetos (Gradecki & Lesiecki, 2003; Kiselev, 2003). Alguns exemplos de pontos de junção e sua respectiva descrição são apresentados na Tabela 3.1.

Tabela 3.1: Exemplos de tipos de pontos de junção e respectiva descrição (Gradecki & Lesiecki, 2003).

Pontos de Junção	Descrição
<code>call{void Point.setX(int)}</code>	Ponto de junção de chamada de método. Neste exemplo, esse ponto de junção identifica todas as chamadas ao método <code>setX</code> definido na classe <code>Point</code> .
<code>initialization{Boxset.new(String)}</code>	Ponto de junção de chamada de construtor. Neste exemplo, este ponto de junção identifica as chamadas do construtor do objeto <code>Boxset</code> .
<code>execution(public void setTitle(String))</code>	Ponto de junção de execução de método. Este tipo de ponto de junção é definido quando um método é chamado a partir de um outro objeto e o controle de execução é transferido para o método chamado.
<code>set{public String DVD.location}</code>	Ponto de corte de atribuição de campo. É definido quando um atributo de um objeto é escrito. Neste exemplo, esse ponto de junção será disparado quando o atributo <code>location</code> definido na classe <code>DVD</code> for alterado.

Um ponto de corte em AspectJ é um construtor que identifica um conjunto de pontos de junção, além de alguns valores no contexto da execução desses pontos por meio de critérios bem definidos. Estes critérios podem ser nomes de funções específicas, ou nomes de funções generalizados pelo sinal de asterisco (*). Um ponto de corte pode ser composto por operadores

lógicos ('&&', '||' e '!') e, além disso, é possível atribuir-lhe um nome para identificar pontos de junção de diferentes classes (Kiczales et al., 2001a). Um exemplo de ponto de corte é mostrado na Tabela 3.2

Tabela 3.2: Exemplo de ponto de corte.

Ponto de Corte	Descrição
<pre>pointcut mover(): call(void UmaFigura.setXY(int,int)) call(void Ponto.setX(int)) call(void Ponto.setY(int)) call(void Linha.setP1(Ponto)) call(void Linha.setP2(Ponto));</pre>	Ponto de corte denominado mover. Esse ponto de corte intercepta as classes UmaFigura, Ponto e Linha por meio dos pontos de junção nele definidos.

Sugestões definem a implementação do interesse que intercepta as classes do sistema (Kiselev, 2003), ou seja, definem o código a ser executado quando um ponto de junção é alcançado na execução do programa. AspectJ implementa três tipos de sugestões (*before*, *after* e *around*) cujo código é processado antes, depois ou durante a execução de um ponto de junção. Para ilustrar, considerando o ponto de corte definido na Tabela 3.2, a sugestão *after* a seguir imprime a mensagem “moveu” após qualquer elemento da figura ter sido movido.

```
after() : mover () {System.out.println("moveu");}
```

Uma introdução em AspectJ permite alterar classes e o relacionamento de herança entre classes externamente à definição da classe original. Por exemplo, um aspecto pode ser usado para adicionar métodos, construtores e atributos em uma classes ou para declarar que uma classe estende uma nova superclasse. Portanto, uma introdução afeta e modifica a hierarquia de tipos estáticos do programa (Gradecki & Lesiecki, 2003).

Um Aspecto é uma unidade modular definida em termos de pontos de corte, sugestões e introduções. Somente os aspectos podem incluir sugestões. Os aspectos funcionam lado a lado com as demais classes de uma aplicação (Gradecki & Lesiecki, 2003), sendo que as classes refletem a lógica do negócio e os aspectos implementam os interesses que afetam e modificam uma ou mais dessas classes. Em AspectJ, um aspecto difere de classe por não poder ser instanciado diretamente e, além disso, classes não podem estender aspectos (Kiselev, 2003). A Figura 3.2(c) ilustra um exemplo de aspecto para resolver o problema de atualização do visualizador. As figuras 3.2(a) e 3.2(b) mostram que a implementação do mecanismo de atualização do visualizador afeta vários métodos de classes diferentes, representadas pelas linhas de código em negrito, fazendo com que este interesse torne-se espalhado e entrelaçado com o código funcional. A Figura 3.2(c) apresenta a solução para o problema, criando um aspecto que possui um ponto de corte denominado `mover()`. Esse ponto de corte agrupa dois pontos de junção, destacados com elipses tracejadas: o primeiro identifica as chamadas a todos os métodos, que iniciam com a palavra `set`, da classe `Linha` e o segundo faz o mesmo para a classe `Ponto`. Quando

há uma chamada a algum método `set*`, a sugestão `after()` executa o método `atualiza()` da classe `Visualizador` após o término da execução dos métodos chamados. A declaração `returning` garante que a sugestão só será executada se os pontos de junção, relativos ao ponto de corte `mover`, retornarem com sucesso de seus processamentos. As linhas de código em negrito, figuras 3.2(a) e 3.2(b), devem ser retiradas quando esse aspecto for implementado.

Figura 3.2: Exemplo de implementação de aspecto em AspectJ.

O processo de composição de aspectos é implementado como um pré-processador que recebe como entrada o(s) programa(s) de componentes e o(s) programa(s) de aspectos e gera arquivos Java que podem ser compilados normalmente.

3.3.1.2 Hyper/J

Hyper/J é uma ferramenta desenvolvida pela *IBM T.J. Watson Research Center* como uma extensão de Java para apoiar a separação multidimensional e integração de interesses em Java. Em outras palavras, ela permite a decomposição de programa Java em múltiplas dimensões de interesses simultaneamente e, depois, permite combinar essas dimensões de interesses em um sistema coerente por meio de regras de composição (Lay et al., 2000).

Na utilização do Hyper/J, o usuário fornece três entradas: arquivo do hiperespaço, que descreve os arquivos das classes Java a serem manipulados pelo Hyper/J; um arquivo de ma-

peamento dos interesses, que descreve quais classes devem ser mapeadas para cada dimensão de interesse; e, um arquivo do hipermódulo, o qual especifica quais dimensões devem ser intercaladas e como essa integração deve proceder. Por exemplo, considerando as duas classes apresentadas na Figura 3.3 abaixo, a classe A, conforme Figura 3.3(a), tem um método chamado `print`, que imprime a cadeia de caracteres “Alô” como saída; a classe B, mostrada na Figura 3.3(b), também possui um método `print`, que imprime “Mundo”.

```

Package aTest;
Class A {
    void print ()
    { System.out.println ("Alô");}

    static void main (String args[])
    { A a = new A();
      a.print();
    }
}
(a)

```

```

Package aTest;
Class B {
    void print ()
    { System.out.println ("Mundo");
    }
}
(b)

```

Figura 3.3: Dois exemplos de classes.

Visando a criar um sistema para imprimir a saída “Alô Mundo”, pode-se usar o Hyper/J da seguinte forma: descrevendo a classe A como pertencente ao interesse Núcleo e a classe B ao interesse Novo; posteriormente, combinando esses dois métodos para obter o comportamento desejado.

Na Figura 3.4 são mostrados os três arquivos de entrada que são necessários para o Hyper/J realizar a decomposição e a composição desejada. O arquivo hiperespaço, Figura 3.4(a), declara que as classes a serem manipuladas pertencem ao pacote `aTest`. O arquivo de mapeamento de interesses, Figura 3.4(b), especifica o mapeamento das classes em diferentes interesses. Finalmente, o arquivo de hipermódulo, mostrado na Figura 3.4(c), especifica que o sistema composto inclui as funcionalidades de ambos os interesses, Núcleo e Novo, e que elas serão combinadas por meio da regra de composição `mergeByName` (Lay et al., 2000).

Hyper/J oferece suporte para a edição e construção de regras de composição, as quais descrevem o inter-relacionamento e as interações entre interesses e como construir novos interesses a partir dos já existentes. As regras de composição podem ser habilitadas e desabilitadas individualmente. Outra característica é que regras inválidas são automaticamente desabilitadas. Os principais benefícios do uso de Hyper/J são: separação e modularização de interesses de maneira flexível; composição não invasora com adaptação de componentes e características de fácil instalação; possibilita a criação de extensões e configurações de componentes existentes sem modificação do código fonte; e desenvolvimento descentralizado de classes (Hyper/J, 2004).

Figura 3.4: Exemplo de arquivos de entrada para o Hyper/J.

3.3.1.3 AspectS

AspectS é uma forma de programação orientada a aspectos de propósito geral implementada no ambiente Squeak (Hirschfeld, 2002; ASPECTS, 2004). Squeak é uma implementação de Smalltalk-80 aberta e altamente portátil, cuja máquina virtual é inteiramente escrita em Smalltalk, favorecendo sua depuração, análise e alterações (Squeak, 2004).

Segundo Hirschfeld (2002), AspectS estende o ambiente Squeak/Smalltalk para permitir o desenvolvimento de sistemas orientados a aspectos experimentais. AspectS baseia-se principalmente nos resultados de dois projetos. O primeiro deles é o AspectJ (Gradecki & Lesiecki, 2003) e o segundo consiste do mecanismos de empacotamento de métodos (*methodWrappers*) (Brant, 2004), que é um mecanismo que permite introduzir um novo comportamento a ser executado antes, depois ou em lugar de um método compilado do Smalltalk. AspectS considera a programação em meta-nível e trata o fenômeno de entrelaçamento de código por meio de módulos relacionados a aspectos. Na sua implementação atual, AspectS não modifica a sintaxe nem a máquina virtual Smalltalk.

Embora tenha sido inicialmente criado para o ambiente Squeak, AspectS também é portátil para o ambiente VisualWorks. Por essa razão foi usado na implementação deste trabalho. Na Figura 3.5 é apresentado o diagrama de classes contendo todas as classes, relativas à implementação de AspectS, que tornam possível a implementação de aspectos na linguagem Smalltalk usando o ambiente de programação VisualWorks.

Figura 3.5: Diagrama de classes AspectS.

Em AspectS os aspectos são implementados como classes regulares especializadas a partir da classe *AsAspect*³ e, dessa forma, suas instâncias agem como objetos regulares. Diferentemente de AspectJ, em AspectS os aspectos podem ser instanciados diretamente. Isso é realizado enviando uma mensagem de instalação por intermédio do método *install*, a uma instância do aspecto. O efeito de um aspecto no sistema é revertido enviando uma mensagem de desinstalação por intermédio do método *uninstall*, à mesma instância do aspecto responsável pela transformação do sistema.

A implementação de sugestões é tratada pela classe *AsAdvice*. AspectS dá suporte à implementação de quatro tipos de sugestões por intermédio das classes que especializam a classe

³Todas os nomes de classes em AspectS possuem o prefixo "As" para melhor identificação das classes deste pacote entre as demais classes no ambiente de programação. Isso se deve ao fato da primeira implementação de AspectS ter sido desenvolvida no ambiente Squeak, cuja implementação atual possui apenas um espaço de nome (do inglês *namespace*) global. No ambiente VisualWorks essa caracterização não seria necessária, pois é possível criar um espaço de nome para cada projeto ou conjunto de classes que implementam um propósito em comum. Entretanto, o pacote de classes de AspectS foi utilizado na implementação deste trabalho de mestrado sem alterações de quaisquer características da versão que foi disponibilizada para o ambiente VisualWorks.

AsAdvice. A classe *AsBeforeAfterAdvice* possibilita a implementação de uma sugestão cujo código, relativo ao interesse tratado, executa antes ou após a invocação de um método. A classe *AsHandlerAdvice* possibilita a implementação de sugestões para o tratamento de exceções. A classe *AsAroundAdvice* permite implementar uma sugestão cujo código executa durante a invocação de um método, tomando para si o controle da execução deste método e, por fim, a classe *AsIntroductionAdvice* permite implementar uma sugestão para adicionar um novo comportamento a uma determinada classe. As sugestões devem ser implementadas como métodos das classes aspecto, que devem ser especializadas a partir da classe aspecto *AsAspect* e, é no corpo destes métodos, que uma das classes que possibilitam a implementação de tipos diferentes de sugestões devem ser instanciadas. As classes *AsBeforeAfterAdvice*, *AsHandlerAdvice*, *AsAroundAdvice* e *AsIntroductionAdvice* usam blocos⁴ para representar os fragmentos de código que implementam o interesse tratado pelo aspecto.

AspectS também implementa o conceito de ponto de corte. A descrição de pontos de corte é permitida pela implementação da classe *AsAdvice* que possui um atributo chamado *pointcut*, o qual armazena um conjunto de pontos de junção. Esse conjunto de pontos de junção é, na verdade, um vetor de objetos do tipo *AsJoinPointDescriptor*. Assim, os pontos de junção são descritos por meio de instâncias da classe *AsJoinPointDescriptor*. Os pontos de junção podem ser enumerados estaticamente ou capturados dinamicamente por meio de consultas ao sistema por causa da natureza reflexiva do ambiente *Smalltalk*.

A classe *AsAdviceQualifier* permite a descrição de atributos dinâmicos do ponto de corte relacionado a uma sugestão. Estes atributos dinâmicos expressam características dinâmicas dos pontos de junção enumerados pelo ponto de corte, indicando, mais especificamente, quando um ponto de junção será afetado.

O processo de integração de um aspecto e suas sugestões com um sistema (*weaving*) ocorre toda vez que um aspecto é instalado e o processo reverso (*unweaving*) ocorre quando o aspecto é desinstalado. Esses processos são considerados completamente dinâmicos, pois ocorrem em tempo de execução. O código resultante é baseado no empacotamento de métodos (*method wrapping*) - que permite introduzir o código a ser executado antes, depois ou em lugar do método existente - e em meta-programação. As classes representadas na Figura 3.5 que possuem o sufixo *Wrapper* são responsáveis por implementar o empacotamento do código de um aspecto com as classes da aplicação que são interceptadas por esse aspecto. Há uma implementação de empacotamento de métodos para cada um dos tipos de sugestão implementados por *AspectS*. Dessa forma, as classes *AsBeforeAfterWrapper*, *AsHandlerWrapper*, *AsIntroductionWrapper* e *AsAroundWrapper* cuidam, respectivamente, do empacotamento de métodos relativo às sugestões implementadas pelas classes *AsBeforeAfterAdvice*, *AsHandlerAdvice*, *AsIntroductionAdvice* e *AsAroundAdvice*.

⁴Blocos representam blocos de códigos delimitados por colchetes “[]” que podem ser manipulados pela linguagem *Smalltalk*.

Para ilustrar a aplicação de AspectS considere o seguinte exemplo do cálculo do fatorial de um inteiro. Conforme a Figura 3.6, a classe `Integer` possui um método denominado `factorial()`, que deve receber um inteiro como parâmetro e retornar o seu fatorial. A classe aspecto `AsFactorialTraceAspect` possui um método denominado `adviseFactorialInOut()` que é a implementação de uma sugestão para rastrear a execução recursiva do método `factorial()`.

Figura 3.6: Representação das classe `Integer` e `AsFactorialTraceAspect`.

A definição da classe `AsFactorialTraceAspect` é mostrada na Figura 3.7. A linha de código dois (2) indica que essa classe especializa a classe `AsAspect`.

```

1 Smalltalk.AspectS defineClass: #AsFactorialTraceAspect
2     superclass: #{AspectS.AsAspect};
3     indexedType: #none
4     private: false
5     instanceVariableNames: ''
6     classInstanceVariableNames: ''
7     imports: ''
8     category: 'AspectS-Examples Factorial'
  
```

Figura 3.7: Definição em linguagem Smalltalk da classe `AsFactorialTraceAspect`

A implementação do método `adviseFactorialInOut` é apresentada na Figura 3.8. Esse método cria uma sugestão do tipo `AsBeforeAfterAdvice`. A linha de código quatro indica a definição de um atributo `receiverClassSpecific` que é um qualificador dos pontos de junção. Este atributo, especificamente, indica que todos os receptores da mensagem `factorial:` que são instância da classe `Integer` serão afetados por este aspecto. As linhas de código cinco e seis mostram a definição de um ponto de corte desta classe de aspecto e a captura dos pontos de junção, representados por uma coleção de todas as chamadas ao método `factorial:` definido na classe `Integer`. As linhas sete a dez mostram a implementação do bloco de código que será executado antes da execução do método `factorial:` e as linhas de código onze a quatorze mostram a implementação do bloco de código que será executado após a execução do método `factorial:`. Dessa forma, a sugestão implementada por este método não altera

o comportamento da classe `Integer`, ela apenas rastreia a execução do método `factorial`: imprimindo o parâmetro de entrada por intermédio das linhas de código oito a dez, e o resultado do fatorial desse parâmetro por intermédio das linhas de código doze a quatorze. O resultado impresso por essa sugestão é mostrado na Figura 3.9.

```

1 AsFactorialTraceAspect >> adviceFactorialInOut
2
3 ^ AsBeforeAfterAdvice
4   qualifier: (AsAdviceQualifier attributes: #(receiverClassSpecific))
5   pointcut: [OrderedCollection
6             with: (AsJoinPointDescriptor targetClass: Integer targetSelector: #factorial:)]
7   beforeBlock: [:receiver :arguments :aspect :client |
8               msg := String cr, '**factorial-in: ', arguments first printString.
9               Transcript show: msg]
10  afterBlock: [:receiver :arguments :aspect :client :return |
11              :msg |
12              msg := String cr, '**factorial-out(',arguments first printString,'):', return
13              printString.
14              Transcript show: msg]

```

Figura 3.8: Código do método `adviceFactorialInOut`

```

factorial2-in: 5
factorial2-in: 4
factorial2-in: 3
factorial2-in: 2
factorial2-in: 1
factorial2-in: 0
factorial2-out {0}: 1
factorial2-out {1}: 1
factorial2-out {2}: 2
factorial2-out {3}: 6
factorial2-out {4}: 24
factorial2-out {5}: 120

```

Figura 3.9: Resultado do rastreamento do método `factorial()`

3.3.1.4 Apostle

Apostle é uma extensão orientada a aspectos para a linguagem Smalltalk, atualmente disponível para o ambiente Visual Age, da IBM, para Smalltalk 4.5. Apostle possui duas facetas: um estilo declarativo, apropriado para o uso com o ambiente de navegação, e um protocolo de meta-objetos, adequado para a construção de programas dinâmicos (Alwis, 2002).

Dentre as especificações declarativas da linguagem, ressaltam-se: pontos de corte, sugestões e aspectos. Os pontos de corte são criados e avaliados no escopo de uma classe ou aspecto e

identificam um conjunto de pontos de junção. Eles são expressos em uma linguagem compacta, semelhante a consultas lógicas, e são formados pela composição de um pequeno conjunto de pontos primitivos de corte em consultas mais complexas, usando um conjunto de operadores padrões: intersecção ('&'), união ('|') e complemento ('!').

Os pontos primitivos de corte fornecidos por Apostle são os seguintes: *kindOf(type-signature)*, que identifica os pontos de junção em que o tipo do objeto em execução é igual ao tipo especificado pela *type-signature*; *receptions(selector)*, que identifica os pontos de junção de chamada de método (recepção de mensagem) indicado por *selector*; *executions(selector)*, que identifica os pontos de junção nos quais o *selector* é executado; *cflow(pointcut-expression)*, que identifica pontos de junção na execução do programa como resultado da execução ter passado por um ponto de junção identificado pela *pointcut-expression*; e *nil*, que é um ponto de corte auto-exclusivo equivalente a pontos de corte nomeados e não conhecidos.

As sugestões são definidas sobre um aspecto e funcionam da mesma forma que em AspectJ, inclusive implementando os mesmos tipos. No tipo *around*, a execução do ponto é continuada por meio do uso das palavras-chaves PROCEED ou PROCEEDUSING. A palavra-chave PROCEEDUSING é uma variante de PROCEED e tem a capacidade de alterar o contexto passado ao ponto de junção, conforme mostra a Figura 3.10.

```
1 : around<executions(#instVarAt: chave) executions(#instVarAt: chave put:)>
2 : indice i
3 : chave isInteger ifTrue : [^PROCEED .
4 : indice : * self class all InstVarNames indexOf : chave ifAbsent : [nil].
5 : ^PROCEEDUSING chave : indice
```

Figura 3.10: Sugestão Around em Apostle.

As variáveis de instância de um objeto podem ser capturadas pelo método `#instVarAt:`; mas esse método captura o índice e não o nome da variável. O índice de uma variável pode mudar quando a forma do objeto é modificada, por exemplo, quando variáveis de instância são adicionadas ou removidas. Porém, o nome de uma variável de instância é facilmente capturado e mapeado para o índice apropriado. De acordo com a Figura 3.10, `#instVarAt:` e `#instVarAt:put:` capturam o índice e o nome da variável respectivamente. A sugestão usa a captura de nome para seletivamente expor partes do contexto de execução no ponto de junção para a sugestão. A terceira linha de código testa se o argumento `chave` é um inteiro. Se o resultado for verdade é dada continuidade ao ponto de execução por meio do comando de retorno `^PROCEED`. Caso contrário, o retorno será realizado na quinta linha de código por meio do comando de retorno `^PROCEEDUSING`. Entretanto, nessa linha de código o valor do argumento `#chave` é alterado para o valor da variável `#indice` que é obtido na quarta linha de código.

Em Apostle, os aspectos são similares a classes. Entretanto, ao contrário de classes, instâncias de aspectos não podem ser criadas explicitamente, mas sim somente quando uma condição

específica do aspecto é satisfeita. Apostle define três tipos de aspectos: *singleton*, quando existe uma única instância desse aspecto no sistema, que perdura durante a existência do sistema; *per-object*, que são instanciados sobre qualquer transição de execução de qualquer objeto cujo tipo casa com o tipo especificado pela configuração do ponto de corte, essa instância do aspecto persiste durante o tempo de vida do objeto; e o aspecto *per-flow*, os quais são similares aos aspectos *per-objects*, mas existem durante toda a duração do contexto (por exemplo, durante a execução de um método).

De acordo com Alwis (2002), a estratégia usada na implementação de Apostle foi código-fonte a código-fonte, na qual as sugestões e o código-fonte são unidos para produzir um código em Smalltalk puro, chamado de modelo alvo. O processo de juntar sugestões e código-fonte é realizado de forma incremental e denominado composição incremental. Na composição incremental qualquer alteração no programa é avaliada para determinar o seu impacto, resultando, se necessário, em correções de partes do modelo alvo.

3.3.2 Linguagens de Propósito Específico

As linguagens de propósito específico baseadas em aspectos, ao contrário das linguagens de propósito geral, visam a tratar aspectos específicos de um domínio e só podem ser usadas em problemas do domínio. A seguir são apresentadas brevemente a descrição de D²AL, uma linguagem de aspecto específica de domínio, que tem o objetivo de minimizar o número de interações remotas por meio do controle da distribuição e replicação dos objetos, e da linguagem TyRuBa, usada para implementar o aspecto de sincronização.

3.3.2.1 D²AL

D²AL (*Design-Based Distribution Aspect Language*) é uma linguagem de domínio específica proposta por Becker (1998). Ela foi desenvolvida para a especificação de distribuição através de uma linguagem de aspectos, permitindo ao desenvolvedor separar o que diz respeito à distribuição do que faz parte da funcionalidade básica do sistema. O foco principal de D²AL é minimizar o número de interações remotas por meio do controle da distribuição e replicação dos objetos em interação. A diferença fundamental entre D²AL e outras linguagens de aspectos é que as construções da linguagem referem-se ao projeto e não à implementação das funcionalidades do sistema.

O conceito de projeto usado como base para a especificação dos requisitos de distribuição foi o de colaboração entre os objetos. Para ilustrar como a colaboração é especificada e usada em D²AL, considere-se o diagrama de classes para um sistema simples de e-mail, ilustrado pela Figura 3.11.

Como mostrado na Figura 3.11, neste exemplo de projeto, o objeto *Email* foi separado do objeto *ConteúdoEmail*, facilitando o envio de diferentes tipos de conteúdo usando apenas

Figura 3.11: Diagrama de classes do sistema de email.

subclasses específicas de ConteúdoEmail. Enquanto essa separação é compreensível sob o ponto de vista do projeto, faz pouco sentido tratar um Email e seu conteúdo como entidades de distribuição separadas. Em D²AL, a expressão a seguir pode ser usada para obter a colaboração dos objetos EMail e ConteúdoEmail.

```

collaboration GrupoDeEmails {
    link Conteúdo;
    participants EMail, ConteúdoEmail;
    distribution collocation;
}
  
```

Figura 3.12: Expressão em D²AL (colaboração entre os objetos EMail e ConteúdoEmail).

A expressão apresentada na Figura 3.12 declara que os participantes da colaboração estão relacionados pela associação Conteúdo, e que os objetos têm os tipos EMail e ConteúdoEmail, respectivamente. Por fim, os objetos devem ser instalados no mesmo processador (Becker, 1998).

O processo de combinação de aspectos em D²AL funciona como um pré-processador que transforma o código Java de distribuição e a especificação D²AL em código Java. Um problema enfrentado nesse processo é o fato de alguns elementos de projeto (por exemplo, associações e estados abstratos) não terem um mapeamento direto para a implementação. Dessa forma, além do código Java e das especificações D²AL, o combinador necessita de uma representação do projeto e de um mapeamento que especifique como esses elementos de projeto devem ser implementados. A Figura 3.13 representa a arquitetura do combinador implementado por D²AL (Becker, 1998).

3.3.2.2 TyRuBa

TyRuBa (TyruBa, 2004), acrônimo de *Type Rule Base*, é uma linguagem de meta programação lógica que gera código Java a partir de descrições lógicas da estrutura do programa. Ela foi implementada como um sistema experimental, parte do trabalho de doutorado de Volder (1998), para explorar o assunto de meta-programação lógica orientada a tipos para a geração de código (Volder, 1998; Volder & D'Hondt, 1999).

Figura 3.13: Arquitetura do combinador do D²AL.

As linguagens de tipos e as linguagens de aspectos têm muito em comum, elas são formalismos declarativos de propósito especial para expressar anotações de programas. A declaração de aspectos em TyRuBa constitui-se meramente de cláusulas num programa lógico que podem ser acessadas e definidas diretamente por regras lógicas, o que é chamado de meta-programação lógica orientada a aspectos.

Para ilustrar o potencial da técnica de meta-programação lógica orientada a aspectos, a linguagem TyRuBa foi usada para implementar o interesse não funcional de sincronização. Na Figura 3.14 é apresentada a implementação de um tipo abstrato de dados pilha por meio da classe `Stack`, ilustrando o problema de entrelaçamento do código referente ao interesse não funcional de sincronização, numa implementação na linguagem Java. A Figura 3.14(a) ilustra uma versão do código sem a implementação do código de sincronização e a Figura 3.14(b) ilustra a implementação do código de sincronização, em negrito, para o método `peek`.

Na Figura 3.15 é apresentado o código, em linguagem TyRuBa, correspondente ao tratamento do problema de entrelaçamento do código de sincronização mostrado na Figura 3.14.

A cláusula `xxxExclusive` declara quais métodos podem ser executados concorrentemente. Assim, a cláusula `selfExclusiveList(?c, ?metodos)` indica que nenhum dos métodos da lista `?metodos`, pertencentes à classe `?c`, pode executar concorrentemente com ele próprio. A cláusula `mutuallyExclusiveList(?c, ?metodos)` indica que nenhum dos métodos da lista `?metodos`, pertencentes à classe `?c`, pode executar concorrentemente com qualquer outro método da mesma lista. A cláusula `requires(?c, ?m, ?condição)` significa que o método `?m` da classe `?c` não será executado a menos que a condição `?condição` seja verdadeira.

3.4 Outras Abordagens Relacionada à POA

Além das linguagens apresentadas na seção 3.3, outros trabalhos relacionados a POA têm sido propostos na literatura, tais como:

Figura 3.14: Ilustração do entrelaçamento de código para o aspecto de sincronização.

```

1 selfExclusiveList (Stack, [push,pop,print]).
2
3 mutuallyExclusiveList (Stack, [push,pop,peek]).
4 mutuallyExclusiveList (Stack, [push,pop,empty]).
5 mutuallyExclusiveList (Stack, [push,pop,full]).
6 mutuallyExclusiveList (Stack, [push,pop,print]).
7
8 requires (Stack,push,{!full()}).
9 requires (Stack,pop,{!empty()}).
    
```

Figura 3.15: Código em linguagem TyRuBa.

- D é mais um exemplo de linguagens de aspectos de propósito específico que fornece abstrações para a implementação do aspecto de sincronização e transferência remota de dados em sistemas distribuídos (Lopes, 1997). Para isso, ela se apóia em duas outras linguagens para a descrição destes aspectos: COOL e RIDL, as quais podem ser integradas a linguagens orientadas a objeto com poucas ou nenhuma alteração na linguagem escolhida;
- AspectC++, que é uma extensão orientada a aspectos para a linguagem C++ (AOSD, 2004);

- Aspect.pm que é uma biblioteca Perl para programação orientada a aspectos (AOSD, 2004);.

As especificações destas e de várias outras linguagens e ferramentas para apoiar a programação orientada a aspectos encontram-se disponíveis em AOSD (2004). Existem, além da programação orientada a aspectos, diversas abordagens que se concentram em encapsular propriedades que são ortogonais às unidades funcionais do sistema, tais como filtros de composição e programação orientada a assunto.

Filtros de composição é uma técnica de programação orientada a aspectos em que diferentes aspectos são expressos em filtros, de maneira declarativa, juntamente com especificações para a transformação de mensagens. Esta abordagem permite ao desenvolvedor expressar aspectos de uma forma geral por meio do uso de filtros e possibilita sua composição sem a necessidade da construção de geradores específicos. Os filtros de composição podem ser anexados a objetos de diferentes linguagens orientadas a objeto (Filters, 2004; Aksit & Tekinerdogan, 1998; Elrad et al., 2001a).

A programação orientada a assunto tem o enfoque baseado em dois pontos principais: i) facilitar a identificação e descrição de conceitos ortogonais (*crosscutting concerns*) em sistemas de software; ii) facilitar a identificação e integração dos pontos de combinação de um sistema. Os pontos de combinação são as localizações em um sistema que são afetadas por mais de um conceito ao mesmo tempo. O processo de integração descreve como um conceito ortogonal afeta o código em um ou mais pontos de combinação (Harrison & Ossher, 1993).

3.5 Projeto de Software Orientado a Aspectos

Poucos métodos têm sido propostos para expressar aspectos na fase de projeto. Segundo Suzuki & Yamamoto (1999), o apoio ao projeto orientado a aspectos organiza o processo de desenvolvimento de software orientado a aspectos e proporciona benefícios como, por exemplo, permitir a identificação de aspectos num nível superior de abstração nos primeiros estágios do processo de desenvolvimento e favorecer a aprendizagem e a documentação do modelo de aspectos de uma maneira mais intuitiva. Além disso, a documentação e o conhecimento adquirido facilitam o reuso de aspectos.

Os termos aspecto, interceptação, pontos de junção e composição representam, em conjunto, a essência do paradigma de programação orientada a aspectos. Sendo assim, devem ser considerados como conceitos fundamentais, que também devem ser examinados em outras fases do processo de desenvolvimento de software. Entretanto, as abordagens orientadas a aspectos existentes enfatizam o uso de linguagens e ferramentas específicas para concretizar esses conceitos no nível de implementação. No nível de projeto, a definição de um modelo de aspectos de nível mais alto e que seja independente de linguagem, bem como a definição de técnicas de modelagem baseadas em aspectos, são áreas ainda pouco exploradas.

Considerando esse contexto, Chavez & Lucena (2001) propõem a definição de um modelo de projeto para o desenvolvimento de software orientado a aspectos que incorpora as principais características da POA e que é independente de linguagem de programação. Esse modelo de projeto é definido como uma extensão do modelo de objetos e tem por objetivo diminuir a distância entre projeto e a implementação em situações em que linguagens orientadas a aspectos são utilizadas (Chavez & Lucena, 2001). O modelo é representado usando UML e compreende três facetas:

- Faceta estrutural - é focada na modelagem da estrutura dos aspectos e das classes do sistema; na maneira como eles estão relacionados, a qual proporciona a interceptação e no mecanismo de composição convencional. A faceta estrutural do modelo é representada pela Figura 3.16. A parte compreendida pelo quadrado pontilhado representa a estrutura do aspecto. Um aspecto é representado por meio de um losango e possui um conjunto de interfaces que interceptam várias classes em um sistema. A Figura 3.16, possui uma tabela que descreve cada elemento do modelo de aspecto apresentado.

Figura 3.16: Faceta estrutural do modelo de Aspectos de Chavez & Lucena (2001).

- Faceta dinâmica - é voltada para modelagem das interações entre as instâncias dos aspectos e as instâncias de componentes que eles interceptam.
- Faceta de composição - é direcionada para a modelagem da combinação de aspectos e componentes e tem por objetivo facilitar a compreensão dos efeitos dessa combinação.

Pawlak et al. (2002) também propuseram uma notação para o projeto de software orientado a aspectos que é uma extensão do padrão UML⁵ e teve como base a linguagem AspectJ e trabalhos desenvolvidos por estes autores relacionados a componentes de aspectos. A notação proposta por estes autores define três conceitos adicionais à UML. O primeiro é o conceito de grupos (*groups*) que permite classificar entidades heterogêneas e distribuídas. O segundo é o conceito de classes de aspecto (*aspect-classes*) que representa o interesse em questão. As classes de aspecto são apresentadas como classes normais (contendo atributos e métodos) exceto pelo fato de possuírem métodos especiais denominados de métodos do aspecto (*aspect-methods*) e que tem por objetivo representar o conceito de sugestões da POA. Esta notação fornece ainda ao projetista alguns estereótipos, apresentados na Tabela 3.3, que possibilitam a definição de alguns tipos de métodos de aspecto.

Tabela 3.3: Estereótipos para definição de alguns tipos de métodos de aspectos (Pawlak et al., 2002).

Estereótipo	Descrição
«before»m(args)	O método m () é executado antes de um dado ponto do programa.
«after»m(args)	O método m () é executado após um dado ponto do programa.
«around»m(args)	Uma parte do método m () é executada antes e outra parte após um dado ponto no programa.
«replace»m(args)	O método m () modifica um dado ponto da implementação do programa.
«role»m(args)	O método m () pode ser invocado por objetos da classe que é afetada pela classe de aspecto a qual m () pertence, além disso, a implementação de m () acessa os atributos da classe afetada e também os atributos da classe de aspecto.

O terceiro e ultimo conceito, introduzido pela notação de Pawlak et al. (2002), é o de relações do ponto de corte (*pointcut relations*) que expressa uma associação entre uma classe de aspecto e uma classe base do sistema.

Na Figura 3.17 é ilustrada a notação proposta por Pawlak et al. (2002).

Figura 3.17: Notação para projeto de software orientado a aspectos (Pawlak et al., 2002).

⁵A linguagem de modelagem UML (*Unified Modelling Language*) é a consolidação de outras notações de modelagem: Booch, OMT e OOSE. Ela possui alguns mecanismos de extensão que permitem definir notações específicas de um determinado domínio, ferramenta ou projeto (UML, 2004).

Conforme apresentado na Figura 3.17, o estereótipo «aspect» é utilizado para representar um aspecto. O estereótipo «pointcut» denota uma relação unidirecional do aspecto para a classe *C*, indicando que esse aspecto intercepta algum ponto dessa classe. O papel “r1” é o nome de um método do aspecto definido no aspecto *A* que afeta algum ponto dos componentes. O papel “r2” é definido como um conjunto de pontos de junção no formato *T[expressão]*, onde *T* pertence ao conjunto descrito na Tabela 3.4 e *expressão* é uma expressão opcional, que especifica o conjunto *T* de pontos e contém as palavras chaves definidas na Tabela 3.5. As cardinalidades “card1” e “card2” indicam o número de instâncias, tanto dos aspectos quanto das classes e o “tag” é uma etiqueta valorada para estender a semântica do relacionamento.

Tabela 3.4: Elementos notacionais para pontos de junção (Pawlak et al., 2002).

Elemento	Exemplo	Descrição
!	!(ClassName.m())	Denota a invocação de um método chamando <i>m()</i> da classe <i>ClassName</i> .
?	?(ClassName.m())	Denota a execução de um método chamando <i>m()</i> da classe <i>ClassName</i> .
<N>	<N>(ClassName)	Denota a criação de todas as instâncias da classe <i>ClassName</i> .
<U>	<U>(ClassName)	Denota todos os pontos do programa onde uma instância da classe <i>ClassName</i> é usada pela primeira vez.
<C>	<C>(ClassName)	Denota todos os pontos do programa em que alguma instância da classe <i>ClassName</i> é clonada.
<R>	<R>(ClassName)	Denota os pontos do programa em que uma instância da classe <i>ClassName</i> foi remotamente criada.
<E>	<E>(ClassNameException)	Denota todos os pontos do programa em que a execução <i>ClassNameException</i> foi lançada.

Tabela 3.5: Palavras chaves permitidas com os pontos ! e ? (Pawlak et al., 2002).

Palavra Chave	Pontos Identificados
ALL	Todos os métodos de <i>C</i>
CONSTRUCTORS	Todos os Construtores de <i>C</i>
SETTERS	todos os métodos “set” de <i>C</i>
GETTERS	todos os métodos “get” de <i>C</i>
SETTERS(attrname)	O método “set” de um dado atributo
GETTERS(attrname)	O método “get” de um dado atributo
ACCESSORS	Todos os métodos de <i>C</i> que lê algumas instâncias
ACCESSORS({attrnames})	Todos os métodos de <i>C</i> que lêem os atributos contidos na lista {attrnames}
MODIFIERS	Todos os métodos de <i>C</i> que modificam o estado de instâncias
MODIFIERS({attrnames})	Todos os métodos de <i>C</i> que modificam os atributos contidos na lista {attrnames}

Assim como Pawlak et al. (2002), Stein et al. (2002) também propuseram uma extensão da UML para a modelagem de programas orientados a aspectos implementados em AspectJ. O modelo de projeto proposto por Stein et al. (2002) é denominado AODM (*Aspect Oriented*

Design Model) e, além de estender a linguagem de modelagem UML com conceitos clássicos da programação orientada a aspectos, também reproduz o mecanismo de composição (*weaving*).

No modelo de Stein et al. (2002) os aspectos são representados como classes UML com estereótipo «aspect» e podem participar em relacionamentos de associação, generalização e dependência. Elas contêm elementos de interceptação que podem alterar a estrutura de outras classes do modelo. A estrutura é alterada por meio de gabaritos de colaboração (*collaboration templates*⁶), que possuem o estereótipo «introduction» e o comportamento por meio de operações com estereótipo «advice». Os aspectos possuem, ainda, etiquetas valoradas que especificam como será a sua instanciação. O AODM também possui estereótipos que permitem interceptar invocações dentro de uma mesma entidade, tais como: construtores, tratamento de exceções, inicializadores de classes e objetos e acesso a campos. Após a obtenção de um modelo de projeto orientado a aspectos pode-se transformá-lo em um outro modelo UML normal. Para isso, o AODM implementa um mecanismo de composição que descreve como as colaborações e o comportamento dos relacionamentos de interceptação podem ser combinados. Para relacionamentos de interceptação estruturais, a composição é realizada instanciando os gabaritos de colaboração e isso não pode ser feito utilizando conceitos padrão UML, porém, pode ser representado em um nível mais abstrato usando casos de uso. Por outro lado, a composição de relacionamentos de interceptação comportamentais pode ser feita utilizando conceitos da UML padrão, pois é realizada dividindo e compondo as colaborações.

Na Figura 3.18 é apresentada apenas a representação gráfica de um aspecto com o estereótipo «aspect» denominado *Timing*. Nota-se que os autores definiram estereótipos tanto para pontos de corte («pointcuts») quanto para sugestões («advice»). Além disso, eles também utilizam os “*templates* de colaboração” que são representados pelas elipses tracejadas na parte inferior do aspecto. Esses *templates* são utilizados com o estereótipo «introduction».

Ainda se tratando de extensões da UML, Camargo & Masiero (2004b) propõem um perfil UML para o projeto de sistemas orientados a aspectos que serão implementados em AspectJ⁷, denominado UML-AOP. Este perfil UML utiliza partes de outras notações propostas por outros autores e foi bastante influenciado pela proposta de Pawlak et al. (2002) que foi citada anteriormente nesta mesma seção. Além disso, ele também adiciona novas extensões e elementos notacionais à UML.

Os novos estereótipos criados por Camargo & Masiero (2004b), bem como suas classes base, podem ser visualizados na Tabela 3.6.

O estereótipo «aspect» é usado para representar o conceito de aspecto. Um aspecto representa uma abstração de um interesse não funcional e pode participar de relacionamentos de associação, dependência e generalização tanto com classes, quanto com outros aspectos. Aspectos abstratos devem ser representados em itálico. O estereótipo «pointcut» é usado para

⁶Um *template* é um elemento do modelo usado para criar outros elementos do modelo através de passagem de parâmetros

⁷A proposta de Camargo & Masiero (2004b) foi adotada durante o desenvolvimento deste trabalho de mestrado...

Figura 3.18: Notação de aspecto em AODM (Stein et al., 2002).

Tabela 3.6: Estereótipos para AOSD (Camargo & Masiero, 2004b).

Estereótipo	Classe base
aspect	Class
introduction	Association
includes_extends	Association
includes_implements	Association
crosscutting	Association
pointcut	Operation
before	Operation
after	Operation
after_returning	Operation
after_throwing	Operation
around	Operation

representar o conceito de ponto de corte e só pode ser definido para pontos de corte (*pointcuts*) definidos no aspecto correspondente, sendo opcional quando houver uma sugestão que atua sobre ele. Da mesma forma que o estereótipo «aspect», o estereótipo «pointcut» também deve ser representado em itálico quando for abstrato.

Na Figura 3.19 é ilustrada a representação gráfica dos estereótipos «aspect» e «pointcut» e, além disso, também é ilustrado um relacionamento de generalização entre dois aspectos.

De acordo com a Figura 3.19, o aspecto *AspectoA* é abstrato, pois possui um ponto de corte abstrato chamado *pt1()*. Um ponto de corte é dito abstrato quando não é definido nenhum ponto de junção para ele, a responsabilidade de definir os pontos de junção é delegada aos

Figura 3.19: Representação gráfica dos estereótipos «aspect» e «pointcut» (Camargo & Masiero, 2004b).

aspectos concretos que especializam o aspecto abstrato. Neste caso, conforme mostrado na Figura 3.19, o aspecto AspectB, que é concreto, deve definir algum ponto de junção para o ponto de corte `pt1()` que ele herdou do aspecto AspectA.

O estereótipo «crosscutting» é usado para representar um relacionamento de associação que ocorre quando um aspecto intercepta uma funcionalidade de alguma classe em um determinado ponto de junção. A associação só é permitida entre aspectos e entre aspectos e classes. Além disso, deve ser unidirecional, partindo do aspecto em direção à entidade que ele afeta. A semântica deste estereótipo é completada por duas etiquetas valoradas, {PCDescriptor} e {joinPoint}. A representação gráfica do estereótipo «crosscutting» e suas etiquetas, {PCDescriptor} e {joinPoint}, é ilustrada na Figura 3.20.

Figura 3.20: Representação gráfica do estereótipo «crosscutting» (Camargo & Masiero, 2004b).

Conforme a Figura 3.20, existe um relacionamento de interceptação entre o aspecto AspectX e a classe classC. A etiqueta valorada {PCDescriptor = `pt1()`} mostra que a interceptação é definida pelo ponto de corte `pt1()`, definido na classe aspecto AspectX e a etiqueta

valorada `{joinPoint = ?m1() || #m2() }` mostra os pontos onde a classe `ClassC` será afetada, que são a execução do método `m1()` e a invocação do método `m2()`. A sintaxe para elaboração dos pontos de junção tem como base o trabalho de Pawlak et al. (2002) e faz uso dos elementos notacionais apresentados na Tabela 3.4. Entretanto, a proposta de Camargo & Masiero (2004b) substitui o sinal de exclamação, usado na notação de Pawlak et al. (2002) para denotar a chamada de métodos, pelo sinal (`#`) porque a linguagem Java já faz uso do sinal de exclamação para representar negação.

Os estereótipos `<<before>>`, `<<after>>`, `<<after_returning>>`, `<<after_throwing>>` e `<<around>>` são usados para representar cada um dos tipos de sugestões implementados por AspectJ. Esses tipos de estereótipos só podem ser usados para operações do tipo `<<pointcut>>` e quando o ponto de corte relacionado for anônimo, deve-se representar esta operação com o nome `anonymous`. A Figura 3.21 mostra um diagrama de classes em que o aspecto `AspectX` possui três pontos de corte chamados `pt1()`, `pt2()` e `pt3()`. Quando há uma sugestão que atua em um determinado ponto de corte não há necessidade de representar a existência desse ponto de corte por meio do estereótipo `<<pointcut>>`, pois por meio da representação das sugestões pode-se identificar a existência dos pontos de corte.

Figura 3.21: Representação gráfica para as sugestões (Camargo & Masiero, 2004b).

Conforme é mostrado na Figura 3.21, pode-se notar que um determinado ponto de corte pode afetar mais de uma classe. O ponto de corte `pt2()`, por exemplo, afeta tanto a classe `ClassX` quanto a classe `ClassP`. Dessa forma, a partir do modelo de projeto, o desenvolvedor pode identificar quais pontos de junção compõem um determinado ponto de corte.

O estereótipo `<<introduction>>` é usado para inserir um novo tipo de relacionamento entre aspectos e classes. A Figura 3.22 mostra a representação gráfica deste estereótipo. As etiquetas

{attribute} e {method} representam, respectivamente, o nome dos atributos e/ou métodos a serem introduzidos na classe apontada no relacionamento de associação. Dessa forma, o aspecto AspectX insere um atributo chamado attribute1 do tipo int, e um método chamado newMethod(String) na classe ClassC.

Figura 3.22: Representação gráfica do estereótipo «introduction» (Camargo & Masiero, 2004b).

Os estereótipos «includes_implements» e «includes_extends» são utilizados para representar relacionamentos entre aspectos ou entre aspectos e classes. Eles expressam que a classe apontada terá um novo relacionamento após o processo de composição. Se o primeiro estereótipo for utilizado, o relacionamento *implements* entre a classe apontada e uma determinada interface será criado. O nome da interface será fornecido pela etiqueta {interface}. Se o segundo estereótipo for utilizado, um relacionamento de herança será criado entre a classe apontada e uma outra. O nome da classe pai será fornecido pela etiqueta {parent}. A Figura 3.23 mostra a representação gráfica desses estereótipos.

Figura 3.23: Representação gráfica dos estereótipos «includes_implements» e «includes_extends» (Camargo & Masiero, 2004b).

Conforme a Figura 3.23, as etiquetas {interface = InterfaceX} e {parent = ClassP} definem, respectivamente, o nome da interface e da classe com as quais a classe

`ClassX` deve se relacionar. Assim, após o processo de composição a classe `ClassX` terá um relacionamento de herança (*extends*) com a classe `ClassP` e também um relacionamento de implementação (*implements*) com a interface `InterfaceX`.

Ainda se tratando de projeto orientado a aspectos, (Camargo & Masiero, 2004a) também propõem um outro perfil denominado UML-AOF, que foi criado para modelagem de *frameworks* orientados a aspectos e surgiu da necessidade de modelar mais precisamente a semântica dos conceitos existentes nesse tipo de *framework*. Esse perfil adota tanto os conceitos/elementos definidos na UML-F (Fontoura et al., 2002), que é um perfil criado para a modelagem de *frameworks* orientados a objetos, quanto os que foram definidos na UML-AOP, citada nesta mesma seção, e adiciona alguns novos que são específicos de *frameworks* orientados a aspectos.

Na Tabela 3.7 são apresentados alguns dos estereótipos criados por Camargo, mostrando as restrições e a semântica de cada estereótipo. Esses estereótipos descrevem as características básicas de projeto de *frameworks* orientados a aspectos. Eles fornecem uma visão da estrutura do *framework*, representando quais unidades modulares são do *framework* e quais são da aplicação, além de informar também quais são os pontos de instanciação⁸ do *framework*.

Tabela 3.7: Estereótipos básicos de projeto de *frameworks* orientados a aspectos (Camargo & Masiero, 2004a).

Estereótipo	Restrições	Semântica
«aspect-application» ou «aspect-app»	Aplicado apenas a elementos do tipo Classe. Classes da aplicação abstratas devem ter seu nome representado em itálico (essa restrição se aplica a qualquer outro elemento).	Denota que o elemento rotulado é um aspecto e pertence à aplicação.
«aspect-framework» ou «aspect-f»	Aplicado apenas a elementos do tipo Classe.	Denota que o elemento rotulado é um aspecto pertencente ao <i>framework</i> .
«class-application» ou «class-app»	Aplicado apenas a elementos do tipo Classe.	Denota que o elemento rotulado é uma classe pertencente à aplicação.
«class-framework» ou «class-f»	Aplicado apenas a elementos do tipo Classe.	Denota que o elemento rotulado é uma classe pertencente ao <i>framework</i> .
«pointcut-hook»	Aplicado somente a operações de elementos do tipo aspecto.	Denota um ponto de instanciação do <i>framework</i> . O elemento rotulado é um ponto de corte que pode ser redefinido por um aspecto especializado.
«template»	Aplicado somente a operações/métodos.	Significa que esse método possui uma parte fixa e várias partes variáveis, que são fornecidas por métodos abstratos. Esses métodos abstratos possuem o estereótipo «hook».
«hook»	Aplicado somente a métodos. Os métodos rotulados com esse estereótipo podem ser ganchos de uma sugestão e não de um método normal.	Significa que o método é um ponto de instanciação do <i>framework</i> .

⁸Segundo (Camargo & Masiero, 2004a), “pontos de instanciação” são os pontos do *framework* que devem ser modificados pelo engenheiro de aplicação durante o processo de instanciação (consiste em sobreposição/redefinição de métodos, especialização de alguma classe do *framework*). A modificação de vários pontos de instanciação determina a utilização ou não de uma variabilidade do *framework*.

Os estereótipos «hook» e «template» apresentados na Tabela 3.7 foram herdados da UML-F e foram mostrados nessa tabela devido à sua importância perante os outros elementos.

3.6 Considerações Finais

Neste capítulo foram apresentadas algumas linguagens que apóiam o desenvolvimento de aplicações baseadas em aspectos. Dentre as linguagens apresentadas, AspectS foi a linguagem escolhida para a implementação da nova versão orientada a aspectos do *framework* GREN realizada neste trabalho de mestrado. Essa escolha se deu ao fato dessa linguagem apoiar a programação orientada a aspectos usando a linguagem Smalltalk no ambiente VisualWorks, uma vez que a versão do *framework* GREN, tomada como base para a realização deste trabalho, também foi implementada em linguagem Smalltalk no ambiente VisualWorks.

Além das abordagens para apoiar a implementação, também foram apresentadas neste capítulo algumas propostas direcionadas a apoiar a fase de projeto de sistemas orientados a aspectos. Dentre os modelos propostos apresentados, as propostas de Camargo & Masiero (2004b) e (Camargo & Masiero, 2004a) foram escolhidas para representar o modelo de projeto do sistema orientado a aspecto implementado, pois além de serem propostas bastante completas com relação à cobertura dos conceitos básicos da POA, a autora desta dissertação teve contado direto com a elaboração de ambas.

Evolução do GREN: Implementação de um Subsistema de Segurança usando POA

4.1 Considerações Iniciais

Este capítulo trata da extensão do *framework* GREN em que foi feita a implementação de um subsistema de segurança usando a abordagem de programação orientada a aspectos e apresenta, mais especificamente, a análise, projeto e implementação dessa funcionalidade. Os requisitos não funcionais de segurança que compõem o subsistema implementado são relevantes ao domínio do *framework* GREN e não estão implementados na sua versão atual, sendo reconhecidos na literatura como requisitos que podem ser tratados pela abordagem de programação orientada a aspectos. A implementação desse subsistema consistiu em uma evolução do *framework* GREN e para realizar essa evolução foi seguido o processo de evolução de *frameworks* proposto por Cagnin et al. (2004), resumido na seção 2.3 desta dissertação. É importante ressaltar que a implementação do requisito não funcional de segurança colaborou para o aprimoramento do processo de evolução proposto por Cagnin et al. (2004), uma vez que foram observadas algumas características no processo de evolução de *frameworks* inicialmente desconsideradas por esse processo, o que resultou em modificações da sua primeira versão.

A organização deste capítulo segue os passos do processo de evolução de *frameworks* proposto por Cagnin et al. (2004). Na seção 4.2 é descrito o passo de análise para classificar o

requisito não funcional de segurança como genérico ao domínio do *framework* GREN. Na seção 4.3 são descritas as etapas de projeto, implementação e testes do Subsistema de Segurança. Na seção 4.4 são apresentadas algumas considerações sobre a atualização da documentação do GREN. Na seção 4.5 disserta-se sobre os testes realizados na nova versão do GREN por meio de instâncias de aplicações. Na seção 4.6 é apresentada a evolução realizada na ferramenta para instânciação automática do GREN, o GREN-Wizard. Na seção 4.7 são feitas algumas considerações sobre o gerenciamento de controle de versão do *framework* GREN. Por fim, na seção 4.8 são apresentadas as considerações finais deste capítulo.

4.2 Análise dos requisitos de segurança

No passo 1 do processo de evolução, o conjunto de requisitos de segurança, que compõem o Subsistema de Segurança (SS), apresentado no Apêndice A foi analisado quanto a sua generalidade. Essa análise mostrou que:

1. Não estava implementado na versão 1.1 do GREN.
2. Durante a implementação original do *framework* GREN foi considerado para a implementação mas, com prioridade menor, não foi implementado por falta de tempo da autora Braga (2002b).
3. Trata-se de uma aplicação que pode ser implementada em qualquer aplicação do domínio de recursos de negócio, que é um subdomínio dos Sistemas de Informação. Essa afirmação é justificada pelo grande número de sistemas implementados que possuem funcionalidades semelhantes, tais como sistema de gestão de biblioteca, de comércio eletrônico, imobiliárias, de vídeo locadoras, de clínicas médicas etc.

Assim, caracterizada a generalidade da funcionalidade decidiu-se por sua implementação no *framework* e foram seguidos os passos 5 a 8 do processo de Cagnin et al. (2004) (Figura 2.1). Ainda a partir da análise realizada no passo 1, o requisito não funcional de segurança foi subdividido em três interesses: autenticação, registro de acessos e controle de acesso. A autenticação diz respeito à responsabilidade de autenticar um usuário do sistema, o registro de acesso diz respeito à responsabilidade de registrar as operações realizadas pelo usuário no sistema em execução e o controle de acesso diz respeito à responsabilidade de atribuir ou restringir acesso a operações do sistema para um usuário. Esses três interesses identificados são fortes candidatos a serem tratados pela abordagem de programação orientada a aspectos, pois na implementação convencional orientada a objetos eles se encontrariam espalhados pelas demais classes funcionais da aplicação. De fato, ao executar a operação para entrar no sistema é necessário que o usuário seja autenticado e, quando o usuário tenta executar qualquer operação é necessário que seja checada a sua permissão de acesso a tal operação e também seja realizado, de alguma forma, o registro da operação que o usuário tentou executar.

O modelo conceitual elaborado para o SS foi baseado na linguagem de padrões para modelos de segurança de Fernandez & Pan (2001), mais especificamente no padrão de análise Controle de Acesso Baseado em Regras (RBAC), apresentado na Figura 4.1. Esse modelo considera regras de composição e separa a administração da segurança por meio de privilégios. O administrador é um usuário especial, que tem o direito de atribuir papéis para grupos e usuários e atribuir privilégios aos papéis.

Figura 4.1: Padrão RBAC (Fernandez & Pan, 2001).

Na Figura 4.2 é apresentado o modelo conceitual do SS¹. Como pode-se observar, não foram considerados os conceitos de sessões e nem de grupos de usuários do padrão de Fernandez & Pan (2001). O conceito de sessão não foi considerado, pois a implementação atual do GREN permite apenas a instanciação de aplicações monousuário. O conceito de grupos de usuários não foi considerado para simplificação do modelo e, também, por não ter sido considerado uma característica indispensável para a retidão do SS. Entretanto, ambos os conceitos não considerados poderão ser implementados em uma manutenção futura do SS. Uma outra diferença entre o modelo conceitual do SS e o modelo apresentado por Fernandez & Pan (2001), é a inclusão do conceito de registro de acesso, representado na Figura 4.2 pela classe *AccessLog*.

O documento de requisitos do SS encontra-se no Apêndice A. Ele apresenta uma visão geral do SS e os seus requisitos. Para obter-se uma visão do uso do SS, foram especificados

¹As classes mostradas neste modelo e nos demais diagramas apresentados nesta dissertação estão em inglês para manter coerência com as classes da implementação, que estão em inglês, uma vez que todo o GREN está programado nessa língua.

Figura 4.2: Modelo de classes do Subsistema de Segurança para o *framework* GREN.

os principais casos de uso, que são apresentados no Apêndice B. Durante a elaboração desses casos de uso procurou-se fazer a separação dos requisitos funcionais dos não funcionais, com o propósito de identificar e tornar visível, já na fase de análise, as funcionalidades candidatas a serem implementadas, futuramente, como aspectos. Para isso, foram feitas marcações, nos casos de uso, dos eventos relacionados aos requisitos não funcionais, delimitando-os por colchetes. Após serem marcados, esses eventos foram classificados em interesses (autenticação, registro de acesso e controle de acesso). Para indicar a qual interesse pertence cada um dos eventos marcados, foi atribuída uma letra “maiúscula” a cada interesse (A - autenticação, B - registro de acesso e C - controle de acesso), a qual aparece, em sobrescrito, após cada marcação nos casos de uso. Assim, conforme mostra a Figura 4.3, a seqüência de eventos do caso de uso “Entrar no sistema” possui quatro marcações: o evento 2 é marcado mostrando a presença do interesse de autenticação; o evento 5 apresenta três marcações, a primeira e a terceira indicam a presença do interesse de registro de acesso, que deve registrar informações de acesso sobre o usuário que solicitou autenticação no sistema e a segunda indica a presença do interesse de controle de acesso, que deve disponibilizar para o usuário autenticado somente as transações que lhe são permitidas.

4.3 Projeto, implementação e testes do Subsistema de Segurança

No passo 5 do processo de evolução, Figura 2.1, foram desenvolvidas as seguintes atividades: elaboração de um novo projeto para o GREN, incluindo o SS; implementação do SS usando a abordagem POA, por meio do pacote de classes AspectS; e testes para checar a inte-

Figura 4.3: Exemplo de marcações realizadas no caso de uso ‘Entrar no sistema’.

gridade dessa implementação. O desenvolvimento de cada uma dessas atividades é detalhado nas próximas subseções.

4.3.1 Projeto

Para a elaboração do projeto da nova versão do *framework* GREN incluindo o Subsistema de Segurança foi inicialmente realizado um estudo das classes do GREN, para familiarização com a hierarquia de classes e métodos desse *framework*. As principais atividades realizadas para o entendimento do GREN foram:

- i) Exploração da hierarquia de classes por meio de comandos específicos para isso disponibilizados pelo ambiente VisualWorks, por exemplo, Spawn Hierarchy. Essa tarefa foi facilitada pelo fato das classes do *framework* GREN se encontrarem agrupadas em *namespaces* nomeados com o prefixo GREN.
- ii) Entendimento parcial da chamada dos métodos das classes do GREN no VisualWorks, também por meio de comandos específicos para isso (Senders - lista os métodos que chamam um determinado método e Implementors - lista as classes que implementam um determinado método).
- iii) Instanciações de aplicações usando o GREN.

A Figura 4.4 mostra uma visão esquemática do projeto elaborado para a nova versão do *framework* GREN considerando o SS. O projeto é constituído pelo pacote de classes original do GREN, que compreende as classes de negócio, as classes de persistência e as classes GUI, juntamente com o pacote de classes referente ao SS.

Figura 4.4: Visão esquemática do projeto da nova versão do *framework* GREN.

O pacote de classes referentes ao SS é composto por suas classes de negócio, pelas classes GUI, que são as classes responsáveis pela interface gráfica com o usuário do SS, e pelas classes que implementam os aspectos. As classes implementadas segundo a abordagem de programação orientada a aspectos foram denominadas “classes aspecto”. O projeto também compreende o pacote de classes AspectS, por meio do qual as classes aspectos do SS são criadas. Dessa forma, uma aplicação específica, produto da instanciação da nova versão do GREN, se constituirá de classes especializadas a partir das classes do GREN e também especializadas a partir das classes referentes ao SS. As classes da aplicação específica serão interceptadas, durante a execução, pelas classes aspecto do Subsistema de Segurança.

A maior parte das classes de negócio e algumas classes GUI do SS estão diretamente ligadas às classes do GREN por meio de relacionamento de herança. A hierarquia de classes do SS é apresentada no Apêndice F e permite, claramente, a visualização do relacionamento entre as classes do GREN e as classes do SS. A decisão de projeto de acoplar o Subsistema de Segurança ao GREN deveu-se à reutilização de código permitida pela natureza da arquitetura do GREN.

O diagrama de classes apresentado na Figura 4.5 mostra uma visão geral do projeto do SS. A notação adotada nesse diagrama, e nos demais que se referem ao projeto das classes do SS, segue o perfil UML-AOF (Camargo & Masiero, 2004a) citado na seção 3.5 do Capítulo 3. Esse perfil fornece elementos notacionais para o projeto de *frameworks* orientados a aspectos.

Entretanto, foi adicionado um estereótipo «Smalltalk.Core» para representar classes base da linguagem Smalltalk.

As classes compreendidas na área com linha pontilhada na Figura 4.5 representam, genericamente, as classes de uma aplicação instanciada. Todas as classes de negócio do SS, com exceção da classe `Login` e das classes aspecto, estão diretamente ligadas às classes do *framework* GREN por meio de um relacionamento de herança.

Na Figura 4.6 apresenta-se mais detalhadamente o modelo de projetos das classes aspecto do SS. Como pode-se observar, essas classes possuem um relacionamento de herança com a classe `AsAspect`, que é a classe aspecto do pacote de classes `AspectS` citado na Seção 3.3.1.3 do Capítulo 3. Todas elas (`AsAccessLog`, `AsAccessControl` e `AsAuthentication`) são abstratas e, assim, devem ser especializadas durante o processo de instanciação de uma aplicação específica. O método `mainApplicationName()`, presente nas três classes aspecto, é um método abstrato e deve ser sobreposto para retornar o nome da classe principal (“*main*”) da aplicação instanciada. Trata-se de uma aplicação do padrão de projeto *Factory Method* (Gamma et al., 1995). Este método é usado para a identificação dos pontos de junção coletados por essas classes aspecto. A classe `AsAccessControl` possui, ainda, um segundo método abstrato que deve ser sobreposto para retornar o nome do método responsável por construir o menu principal da aplicação instanciada. As classes abaixo da linha pontilhada representam genericamente as classes especializadas em uma instanciação. A classe principal da aplicação é representada pela classe `ApplicationNameMainWindow`. Os pontos de junção são especificados em cada relacionamento de interceptação entre o aspecto especializado e as classes da aplicação.

Como pode-se observar na Figura 4.6, cada um dos sub-interesses identificados, dentro do interesse de segurança, foi projetado como um aspecto do SS. A semântica de cada aspecto é descrita a seguir:

- A classe aspecto `AsAuthentication` possui uma sugestão do tipo *after* e outra do tipo *before*. A sugestão *after* atua sobre o descritor do ponto de corte denominado `adviceUserAuthentication1()`. Os pontos de junção identificados por esse descritor do ponto de corte são todas as execuções do método `postOpenWith()`, definido na classe principal da aplicação. A sugestão *before* desse aspecto atua sobre o descritor do ponto de corte denominado `adviceUserAuthentication2()`. Os pontos de junção definidos por esse descritor do ponto de corte são todas as execuções do método `login()` definido na classe principal da aplicação.
- A classe aspecto `AsAccessLog` possui duas sugestões do tipo *after*. A primeira delas atua sobre o descritor do ponto de corte denominado `adviceLoginRegister()`. Os pontos de junção identificados por esse descritor do ponto de corte são todas as execuções do método `login()`, definido na classe principal da aplicação. A segunda sugestão atua sobre o descritor do ponto de corte denominado `adviceLogoutRegister()`. Os pontos

Figura 4.5: Diagrama de classes do SS para o *framework* GREN.

Figura 4.6: Classes aspecto do SS para *framework* GREN.

de junção definidos por esse segundo descritor do ponto de corte são todas as execuções do método `logout()` definido na classe principal da aplicação.

- A classe aspecto `AsAccessControl` possui quatro sugestões. A primeira sugestão é do tipo *before* e atua sobre o descritor do ponto de corte denominado `adviceMenuControlOpen()`. Os pontos de junção identificados por esse descritor do ponto de corte são todas as execuções do método `postOpenWith()`, definido na classe principal da aplicação. A segunda sugestão é do tipo *after* e atua sobre o descritor do ponto de corte denominado `adviceMenuControlIn()`. Os pontos de junção identificados por esse descritor são todas as execuções do método `beLogon()` definido na classe principal da aplicação. A terceira sugestão desse aspecto também é do tipo *after* e atua sobre o descritor do ponto de corte denominado `adviceMenuControlOut()`. Os pontos de junção identificados por esse descritor do ponto de corte são todas as execuções do método `logout()`. A quarta e última sugestão desse aspecto é do tipo *around*. Ela atua sobre o descritor do ponto de corte denominado `adviceOperationControl()`. Os pontos de junção identificados por esse descritor do ponto de corte são as execuções de alguns métodos definidos em algumas classes da aplicação específica, que possuem

um relacionamento de herança com exatamente uma das classes `StaticObjectForm`, `BasicBusinessTransactionForm` ou `BasicQuotationForm` do GREN.

4.3.2 Implementação do SS para o *framework* GREN

O Subsistema de Segurança é composto por dez classes de negócio, sete classes referentes à interface gráfica e três classes implementadas seguindo a abordagem de programação orientada a aspectos. O diagrama de classes apresentado na Figura 4.7 mostra todas as classes de negócio do SS, com exceção da classe `SystemInitialStateConfigurationForm`, que é uma classe de interface gráfica com o usuário e será especificada mais adiante.

Figura 4.7: Classes de negócio do SS para *framework* GREN.

O SS faz o controle de usuários de uma aplicação por meio da classe `User`. O mecanismo de segurança é feito por meio de papéis aos quais são atribuídos direitos sobre as operações protegidas da aplicação. As operações protegidas da aplicação são representadas pela classe `ProtectionObject`. Conforme a implementação realizada, as operações protegidas de uma aplicação instanciada são: as opções do menu da aplicação e as operações da aplicação, por exemplo: salvar, excluir e visualizar relatórios. Um determinado usuário poderá visualizar determinadas opções do menu ou executar operações da aplicação, dependendo dos direitos

que foram atribuídos ao papel que possui. A implementação da classe *Role*, que representa os papéis, utilizou o padrão de projeto *Composite* proposto por Gamma et al. (1995). Assim, um papel pode ser composto de um outro papel. Na Figura 4.8 é apresentada a interface gráfica do SS que permite ao usuário Administrador gerenciar (cadastrar, excluir, modificar e atribuir subpapéis) os papéis da aplicação, na qual pode-se observar que o Veterinário é um papel composto e possui um subpapel denominado Auxiliar de Veterinário. Na Figura 4.9 apresenta-se a interface gráfica do SS que permite ao usuário Administrador atribuir direitos aos papéis da aplicação. O campo à esquerda nessa figura representa os papéis da aplicação, o campo superior direito representa os direitos a serem atribuídos a um papel (selecionado no campo à esquerda) e o campo inferior direito mostra os direitos herdados a partir do subpapel do papel selecionado. Ambas as interfaces gráficas representadas pela Figura 4.8 e pela Figura 4.9 foram extraídas de uma aplicação instanciada para clínica veterinária.

Figura 4.8: Interface gráfica do SS para gerenciamento de papéis da aplicação.

A classe *SystemInitialStateConfigurationForm* (Figura 4.7) é uma classe de interface gráfica com o usuário. Ela é responsável por fornecer ao engenheiro de aplicação uma interface gráfica que lhe permite realizar a configuração do estado inicial do sistema. Ou seja, após uma aplicação ser instanciada o engenheiro de aplicação poderá, por meio dessa interface gráfica, solicitar a execução de uma operação que automaticamente cria o papel Administrador, o usuário Administrador do Sistema, todos os objetos a serem protegidos dessa aplicação e atribui ao papel Administrador direitos de acesso a todos os objetos protegidos da aplicação. Essa interface gráfica é apresentada na Figura E.1 do Apêndice E.

Todas as classes de interface gráfica com o usuário do SS são apresentadas na Tabela 4.1 e, como pode ser observado, apenas as classes *AccessControlMainWindow*, *RoleForm* e *UserForm* são ligadas às classes da camada de interface gráfica com o usuário do *framework* GREN.

Figura 4.9: Interface gráfica do SS para gerenciamento de permissões.

Tabela 4.1: Classes GUI do sistema de segurança e respectivas superclasses.

Camada de Interface Gráfica com o Usuário - ACSForms	
Classe	Superclasse
AccessControlMainWindow	GREN.GRENApplicationMainForm
AlterPasswordForm	UI.SimpleDialog
LoginForm	UI.SimpleDialog
RightsForm	UI.ApplicationModel
RoleForm	GREN.StaticObjectForm
SystemInitialStateConfigurationForm	UI.SimpleDialog
UserForm	GREN.StaticObjectForm

Cada um dos subinteresses identificados dentro do interesse de segurança e projetados como aspecto (Figura 4.6) foi implementado como classes aspecto em Smalltalk a partir do pacote de classes AspectS.

A classe aspecto AsAuthentication trata da implementação do sub-interesse de autenticação dos usuários da aplicação. Essa classe possui duas sugestões que foram implementadas pelos métodos `adviceUserAuthentication1()` e `adviceUserAuthentication2()`. O método `adviceUserAuthentication1()` é a implementação da sugestão do tipo *after* e o seu código é apresentado na Figura 4.10. Conforme mostra a linha de código oito da Figura 4.10, essa sugestão simplesmente invoca o método `login()` implementado na classe que é interceptada pelo aspecto AsAuthentication. Esse método `login` tem a função de atribuir um valor *booleano* a uma variável da aplicação que indica que um determinado usuário está conectado ou não no sistema. Conforme mostra a definição dos pontos de junção nas linhas de código quatro a seis da Figura 4.10, essa sugestão será executada sempre após a execução do método `postOpenWith()`, implementado na classe cujo nome deve ser retornado pelo método `mainApplicationName`.

```

1 AsAuthentication >> adviceUserAuthentication1
2   ^AspectS.AsBeforeAfterAdvice
3     qualifier: (AspectS.AsAdviceQualifier attributes: #{#receiverClassSpecific })
4     pointcut: [ OrderedCollection
5               with: (AspectS.AsJoinPointDescriptor
6                     targetClass: self mainApplicationName targetSelector: #postOpenWith:)]
7     afterBlock: [:receiver :arguments :aspect :client :return |
8               receiver login. ]

```

Figura 4.10: Código da sugestão adviceUserAuthentication1

O método adviceUserAuthentication2() é a implementação da sugestão do tipo *before* cujo código é apresentado na Figura 4.11. Conforme mostra o bloco de código representado pelas linhas sete a nove da Figura 4.11, essa sugestão manipula um objeto do tipo Login para realizar a autenticação de usuários. Assim, por meio da linha de código oito é aberta a janela de autenticação de usuários, onde o usuário deverá informar a sua identificação. Assim, se o usuário foi autenticado e reconhecido pelo sistema, na linha de código nove, é atribuído à variável aLoggedInUser o objeto que representa o usuário autenticado. Caso contrário, ou seja, se o sistema não reconheceu o usuário, a variável aLoggedInUser, pertencente à classe interceptada, receberá o valor nil. Conforme mostra a definição dos pontos de junção nas linhas de código quatro a seis, essa sugestão será executada sempre antes da execução do método login() implementado na classe cujo nome deve ser retornado pelo método mainApplicationName.

```

1 AsAuthentication >> adviceUserAuthentication2
2   ^AspectS.AsBeforeAfterAdvice
3     qualifier: (AspectS.AsAdviceQualifier attributes: #{#receiverClassSpecific })
4     pointcut: [ OrderedCollection
5               with: (AspectS.AsJoinPointDescriptor
6                     targetClass: self mainApplicationName targetSelector: #login)]
7     beforeBlock: [:receiver :arguments :aspect :client |
8               receiver aLogin: AccessControlSystem.LoginForm open.
9               receiver aLoggedInUser: receiver aLogin aUser.]

```

Figura 4.11: Código da sugestão adviceUserAuthentication2

A classe aspecto AsAccessLog trata da implementação do sub-interesse de registro de acesso dos usuários da aplicação. Essa classe possui duas sugestões do tipo *after* que são implementadas respectivamente pelos métodos adviceLoginRegister(), que trata do registro do acesso do usuário quando este solicita entrar no sistema e adviceLogoutRegister(), que trata do registro da saída do usuário da aplicação. Essas informações de acesso são armazenadas na base de dados da aplicação.

4.3. PROJETO, IMPLEMENTAÇÃO E TESTES DO SUBSISTEMA DE SEGURANÇA 60

O código do método `adviceLoginRegister()` é apresentado na Figura 4.12. O método que é invocado dentro do bloco de código `afterBlock: []`, na linha de código sete, implementa o comportamento básico da sugestão, que é registrar na base de dados da aplicação o nome do usuário, a data e a hora em que ele solicitou entrar no sistema. De acordo com os pontos de junção identificados por meio das linhas de código quatro e cinco, esse comportamento é executado sempre após a execução do método `login()`, implementado na classe cujo nome deve ser retornado pelo método `mainApplicationName`.

```
1 AsAccessLog >> adviceLoginRegister
2 ^AspectS.AsBeforeAfterAdvice
3     qualifier: (AspectS.AsAdviceQualifier attributes: #(#receiverClassSpecific))
4     pointcut: [ OrderedCollection
5         with: (AspectS.AsJoinPointDescriptor targetClass: self mainApplicationName targetSelector: #login)]
6     afterBlock: [:receiver :arguments :aspect :client :return |
7         self callLoginRegisterAdviceCodeWith: receiver arguments: arguments aspect: aspect client: client
8         return: return]
```

Figura 4.12: Código da sugestão `adviceLoginRegister`

A sugestão `adviceLogoutRegister` é apresentada na Figura 4.13. O comportamento da sugestão, que é registrar na base de dados da aplicação o nome do usuário, a data e a hora em que ele solicitou sair do sistema, é implementado pelo método invocado dentro do bloco de código `afterBlock: []`, na linha de código sete. Conforme os pontos de junção definidos pelas linhas de código quatro e cinco, esse comportamento deve ser executado sempre após a execução do método `logout()`, implementado na classe cujo nome deve ser retornado pelo método `mainApplicationName`.

```
1 AsAccessLog >> adviceLogoutRegister
2 ^AspectS.AsBeforeAfterAdvice
3     qualifier: (AspectS.AsAdviceQualifier attributes: #(#receiverClassSpecific))
4     pointcut: [ OrderedCollection
5         with: (AspectS.AsJoinPointDescriptor targetClass: self mainApplicationName targetSelector: #logout)]
6     afterBlock: [:receiver :arguments :aspect :client :return |
7         self callLogoutRegisterAdviceCodeWith: receiver arguments: arguments aspect: aspect client: client
8         return: return]
```

Figura 4.13: Código da sugestão `adviceLogoutRegister`

A classe aspecto `AsAccessControl` é responsável pela implementação do sub-interesse de controle de acesso dos usuários da aplicação. O controle de acesso restringe-se às opera-

ções do sistema. O acesso às operações do sistema é controlado ocultando/exibindo e habilitando/desabilitando as opções do menu da aplicação e checando os direitos de acesso de um determinado usuário quando este tenta executar uma operação por meio da interface gráfica da aplicação. A classe `Aspecto AsAccessControl` possui uma sugestão do tipo *before* implementada pelo método `adviseMenuControlOpen()`, duas sugestões do tipo *after* implementadas pelos métodos `adviseMenuControlIn()` e `adviseMenuControlOut()` e uma sugestão do tipo *around* que é implementada pelo método `adviseOperationControl()`. As sugestões implementadas pelos métodos `adviseMenuControlOpen()`, `adviseMenuControlIn()` e `adviseMenuControlOut()` têm a responsabilidade de construir o menu da aplicação ocultando/exibindo e habilitando/desabilitando as opções do menu.

A sugestão implementada pelo método `adviseMenuControlOpen()` é executada sempre antes da execução do método `postOpenWith()`, que é implementado na classe cujo nome deve ser retornado pelo método `mainApplicationName`. Ou seja, ela deve ser executada sempre antes da aplicação ser aberta. Assim, ela constrói o menu da aplicação e oculta todas as opções do menu, exceto as opções do menu `Arquivo` que são apenas habilitadas ou desabilitadas. O menu `Arquivo` possui três opções: `Entrar`, que permite um usuário se conectar ao sistema; `Sair`, que possibilita o usuário se desconectar do sistema; e `Fechar`, que permite fechar o sistema. Com a execução dessa sugestão as opções `Entrar` e `Fechar` são habilitadas e `Sair` é desabilitada.

A sugestão implementada pelo método `adviseMenuControlIn()` é executada sempre após a execução dos métodos `beLogOn()`, implementado na classe interceptada e cujo nome deve ser retornado pelo método `mainApplicationName`. Assim, caso o usuário consiga se conectar ao sistema, essa sugestão constrói o menu da aplicação exibindo as opções do menu de acordo com os direitos de acesso do usuário conectado. Com relação ao menu `Arquivo`, as opções `Entrar` e `Fechar` são desabilitadas e a opção `Sair` é habilitada.

A sugestão implementada pelo método `adviseMenuControlOut()` é executada sempre após a execução dos métodos `logout()`, implementado na classe interceptada e cujo nome deve ser retornado pelo método `mainApplicationName`. Assim, após o usuário se desconectar do sistema, essa sugestão constrói o menu da aplicação e oculta as opções do menu. Com relação ao menu `Arquivo`, as opções `Entrar` e `Fechar` são habilitadas e a opção `Sair` é desabilitada.

A sugestão implementada pelo método `adviseOperationControl()` controla a execução de todas as operações da aplicação disponíveis aos usuários por meio da interface gráfica da aplicação. Portanto, quando um usuário tenta executar alguma operação como, por exemplo, excluir uma entrada da aplicação, essa sugestão checa os direitos de acesso do usuário sobre a operação requisitada. Por ser uma sugestão do tipo *around*, essa sugestão toma o controle sobre a execução do método (operação) que foi interceptado. Assim, permite que o método seja executado somente se o usuário tiver direito de acesso sobre tal operação. Caso contrário, a sugestão retorna uma mensagem ao usuário informando

que ele não possui o direito de executar a operação solicitada. Os pontos de junção dessa sugestão dependem da aplicação instanciada e não foram especificados estaticamente como ocorreu na implementação das demais sugestões, ao invés disso, eles foram especificados usando a natureza reflexiva da linguagem Smalltalk. Para apoiar essa especificação foram alteradas três classes do GREN: *StaticObjectForm*, *BasicBusinessTransactionForm* e *BasicQuotationForm*. Essas classes são classes de interface do GREN e implementam as principais operações relacionadas aos recursos de negócio. Em cada uma delas foi criado um método (*protectedOperations()*) que retorna uma lista contendo as principais operações implementadas pela classe, e esse método é usado na especificação dos pontos de junção da sugestão *adviceOperationControl()*. Por meio da natureza reflexiva do Smalltalk é possível descobrir quais classes da aplicação instanciada devem ser interceptadas, que são exatamente aquelas que herdam de uma das classes *StaticObjectForm*, *BasicBusinessTransactionForm* ou *BasicQuotationForm*. Essas classes da aplicação instanciada devem ser interceptadas durante a recepção de uma mensagem (operação/método), contida na lista de operações retornada pelo método *protectedOperations()* de sua superclasse.

O código relativo ao método *adviceOperationControl()* é apresentado na Figura 4.14. O método *pointcuts()* invocado na linha de código quatro da Figura 4.14 é responsável por retornar uma lista com todos os pontos de junção nos quais a sugestão *around* deve ser executada.

```

1 AsAccessControl>> adviceOperationControl
2   ^AspectS.AsAroundAdvice
3     qualifier: (AspectS.AsAdviceQualifier attributes: (#receiverClassSpecific ))
4     pointcut: ( OrderedCollection withAll: self pointcuts )
5     aroundBlock:
6         [:receiver :arguments :aspect :client :clientMethod |
7           self callOPControlAdviceCodeWith: receiver arguments: arguments
8             aspect: aspect client: client clientMethod:clientMethod ]

```

Figura 4.14: Código da sugestão *adviceOperationControl*

4.3.3 Testes do Subsistema de Segurança

Testes funcionais foram realizados durante a implementação do sistema de segurança para garantir que os requisitos do sistema estavam sendo implementados corretamente. Estes testes foram realizados simulando-se instâncias do GREN na modalidade Caixa-Branca e englobaram testes unitários e testes intra e inter-classes (Harrold et al., 1992).

Para testar a integridade das classes aspecto, o SS foi inicialmente aplicado a um sistema para clínica veterinária, cujo documento de requisitos encontra-se no Apêndice C. A instanciamento do sistema para clínica veterinária foi realizada pela autora, durante o cumprimento de uma disciplina de mestrado, e ocorreu de acordo com o Manual de Instanciamento (*cookbook*) do GREN (Braga, 2002a). Assim, o código do sistema de clínica veterinária foi reaproveitado, preocupando-se apenas em acrescentar as classes e métodos necessários para o funcionamento dessa aplicação em conjunto com o SS. Com isso, foi possível testar que os aspectos do SS interceptavam as classes da aplicação corretamente. Também foi feita a instanciamento de um sistema de locadora de vídeo seguindo o *cookbook* do GREN. Durante essa instanciamento foram anotados os pontos no *cookbook* nos quais deveriam ser feitas as alterações referentes à inclusão de novos passos necessários para a instanciamento da nova versão do GREN (com o SS).

4.4 Atualização da documentação do *framework* GREN

No passo 6 do processo de evolução, Figura 2.1, foram feitas as atualizações da documentação do GREN e do manual do GREN-Wizard. Além dessa documentação ser útil para a instanciamento, também é necessária para futuras manutenções do GREN e do GREN-Wizard. A documentação do GREN consiste basicamente de seu manual de instanciamento, no qual foi atualizada a hierarquia de classes e foram adicionadas novas tabelas referentes às classes a serem instanciadas do SS, bem como um passo adicional para que o engenheiro de aplicações configure o estado inicial do sistema. Foram também incluídos os passos necessários para a instalação do SS e do pacote de classes AspectS. No Apêndice E são apresentadas algumas informações que constam na atualização da documentação do GREN.

4.4.1 Considerações sobre o processo de instanciamento caixa-branca para a nova versão do GREN

Com as instanciações realizadas, conclui-se que o processo para instanciar um *framework* caixa-branca definido por Braga (2002b) atende à nova versão do GREN. O processo de instanciamento de Braga (2002b) é composto por quatro passos: análise do sistema, mapeamento entre o modelo de análise e o *framework*, implementação das classes específicas e testes do sistema resultante. Todavia, a particularização desse processo para a nova versão do GREN, descrita no *cookbook* do GREN (Braga, 2002a) sofreu algumas alterações. Embora os passos do processo não tenham sido alterados, foram inseridas, em cada passo, novas tarefas a serem realizadas caso a instanciamento inclua o SS. A seguir são descritas as particularidades a serem consideradas, em cada um dos passos do processo, em uma instanciamento do GREN incluindo o SS.

Análise do sistema - O primeiro passo para se instanciar um *framework* caixa-branca do processo de Braga (2002b) é a análise do sistema com base na linguagem de padrões GRN (Braga et al., 1999). Esse passo pode ser realizado normalmente conforme é descrito no processo original. Com relação a inclusão do SS, o instanciador da aplicação deve apenas estudar a documentação relativa a esse subsistema e decidir se deve usá-lo ou não caso a aplicação a ser instanciada necessite do requisito de segurança. Entretanto, o instanciador também poderá, caso deseje, utilizar o modelo de análise do SS como base para modelar o seu próprio sistema de segurança ou estender o próprio modelo do SS. Porém, na documentação do SS não são citadas diretrizes para a extensão de seu modelo e nem de sua implementação, o que poderá ser realizado em um trabalho futuro. O resultado desse passo é uma lista de padrões e variantes utilizados, uma lista de tomada de decisões quando a linguagem de padrões não atende a todos os requisitos do sistema e a decisão de incluir ou não o SS na instanciação.

Mapeamento entre o modelo de análise e o *framework* - De posse do modelo de análise e do histórico dos padrões e variantes utilizados, neste segundo passo produz-se o mapeamento entre o modelo de análise e as classes do *framework*. O resultado é uma lista das classes e métodos a serem implementados. Neste passo devem ser seguidas as diretrizes definidas por (Braga et al., 1999) para realizar esse mapeamento. Caso a aplicação inclua o SS, a documentação atualizada do GREN fornece informações sobre quais classes do SS devem ser especializadas e os seus respectivos métodos que devem ser sobrepostos. Para tal, quatro tabelas são fornecidas:

- A Tabela E.1 e a Tabela E.2 apresentadas no Apêndice E contêm informação para a criação das classes concretas. Nessas tabelas são apresentados os nomes das classes do SS a serem especializadas e uma sugestão para o nome das classes concretas a serem criadas.
- Também apresentadas no Apêndice E, a Tabela E.3 mostra quais métodos das classes aspecto do SS devem ser sobrepostos e a Tabela E.4 os métodos da camada GUI do SS.

Implementação do sistema específico - Esse passo pode ser realizado normalmente como definido no *cookbook* do GREN. Todavia, com relação a criação do menu principal da aplicação, deve-se seguir as instruções apresentadas na seção E.2.3 do Apêndice E. A elaboração do script SQL para gerar a base de dados da aplicação resultante deve incluir as tabelas referentes ao SS contidas no script apresentado na seção E.2.4 do Apêndice E. Por fim, antes da compilação da aplicação, deve-se realizar a configuração do estado inicial do sistema conforme, instruções apresentadas na seção E.2.5 do Apêndice E.

Testes do sistema resultante - Esse passo deve ser realizado como definido no processo original de Braga (2002b). Contudo, o instanciador deve elaborar casos de testes também para

testar o SS embutido na aplicação resultante para garantir que a instancião foi realizada corretamente.

4.5 Teste da nova verso do *framework* GREN

Os testes realizados anteriormente (seo 4.3.3) tiveram dois propsitos. O primeiro foi testar o SS inserido em uma aplicao completa, testando todos os passos do processo de instancio do *framework* GREN. O segundo objetivo foi identificar os pontos no processo que deveriam ser modificados para incluir o SS na instancio, o que foi descrito na seo 4.4.

Com a documentao atualizada faz-se necessrio outro teste realizado por pessoa (ou pessoas) diferente daquelas que fizeram a evoluo do sistema e a atualizao da documentao. Este equivalente a um teste Beta. Neste caso, foi escolhida a Profa. Rosana Braga, criadora da primeira verso do GREN, que realizou o teste instanciando um sistema para loja de brinquedos. A nova verso do GREN foi instalada no microcomputador da Profa. Braga e a instancio foi feita baseada apenas na documentao atualizada.

O resultado foi bastante bom, pois a instancio foi feita sem problemas e sem necessidade de ajuda, tendo sido instanciada corretamente a aplicao. Esse teste mostrou que a documentao de instancio, com as modificaes introduzidas com a insero do Subsistema de Segurana, est apta a ser usada por outros engenheiros de software.

4.6 Evoluo do GREN-Wizard

Aps a implementao do SS e dos testes da nova verso do GREN resultante da manuteno apresentada anteriormente, foi realizada a evoluo do GREN-Wizard (Braga & Masiero, 2002a), que uma ferramenta para auxiliar a instancio automtica do *framework* GREN, permitindo, assim, que as novas instancies realizadas a partir dessa ferramenta incluam tambm as funcionalidades do Subsistema de Segurana.

Para a evoluo do GREN-Wizard, inicialmente foi realizado um estudo de sua hierarquia de classes, para compreenso de sua atual implementao e identificao dos pontos a serem alterados em decorrncia dessa evoluo. A evoluo realizada no implicou em alterao na estrutura de classes do GREN-Wizard, j que foram apenas acrescentados novos mtodos relativos instancio das funcionalidades do SS. Nas Tabelas D.1 e D.3 do Apndice D, constam as classes alteradas, variveis de instncia adicionadas, mtodos adicionados, alterados e corrigidos, respectivamente, do GREN e do GREN-Wizard decorrente do processo de evoluo do GREN-Wizard. A Tabela D.2 apresentada tambm no Apndice D, mostra as modificaes feitas na base de dados do GREN-Wizard.

A evoluo realizada visvel ao instanciador de aplicaes em apenas dois passos do processo de instancio:

1. Foi necessário incluir uma opção na interface gráfica para permitir a instanciação de aplicações com ou sem o SS. Essa alteração na interface do GREN-Wizard é apresentada na Figura 4.15 e destacada por uma área pontilhada e apontada por uma seta. Ela é visível ao instanciador logo no primeiro passo de instanciação, quando é solicitada a operação para criar uma nova aplicação.

Figura 4.15: Interface GREN-Wizard (Criação de uma nova aplicação).

2. O segundo ponto visível ao instanciador é a interface para configuração do estado inicial da aplicação instanciada, apresentada na Figura 4.16. Essa interface aparece automaticamente no final do processo de instanciação, após o instanciador executar a operação para criar as tabelas da base de dados da aplicação instanciada. Com essa interface, o instanciador deve somente solicitar a execução da operação por meio do botão **Configurar** e a configuração é realizada automaticamente.

Após a evolução do GREN-Wizard, realizaram-se novos testes para verificar o seu funcionamento, gerando automaticamente vários sistemas. Neste caso, da mesma forma que o processo de instanciação caixa-branca, não houve modificações nos passos de instanciação, apenas foi acrescentada uma opção para permitir que o instanciador escolha ou não incluir o SS, bem como um último passo, que é a tarefa de configurar o estado inicial da aplicação. O sistema faz a configuração do estado inicial da aplicação automaticamente, o instanciador necessita apenas selecionar essa operação na interface da ferramenta de instanciação. Os resultados dos testes foram satisfatórios, tendo atendido os requisitos do SS inicialmente propostos e também serviram para a correção de alguns erros encontrados na implementação original da ferramenta.

Figura 4.16: Interface GREN-Wizard (Configuração do estado inicial da aplicação)

4.7 Gerenciamento de Controle de Versão

A primeira versão do GREN (1.0) e do GREN-Wizard foi liberada como parte do trabalho de doutorado de Braga (2002b). Essa versão passou a ser usada por alunos do Grupo de Engenharia de software do ICMC para testes do *framework* e várias aplicações foram instanciadas de forma caixa-branca e/ou usando o GREN-Wizard. Vários erros encontrados durante essas instâncias e também requisitos que não puderam ser implementados deram origem a várias manutenções no GREN, uma das quais permitiu o desenvolvimento deste trabalho de mestrado. Partindo-se desse fato foi estabelecido o gerenciamento de controle de versão do GREN, que é representado, de forma visual, na Figura 4.17. As primeiras manutenções geraram uma segunda versão do GREN e do GREN-Wizard (1.1). A implementação do SS, apresentada neste capítulo, deu origem à versão 1.2 do GREN e do GREN-Wizard. A versão 1.2 é a primeira versão com parte orientada a aspectos do GREN.

Também vem sendo desenvolvida em paralelo uma nova versão do GREN para o ambiente Java contendo todas as funcionalidades da versão 1.1 mas, embora previsto, não há planos concretos para o desenvolvimento do GREN-Wizard para essa nova versão.

Figura 4.17: Planejamento de controle de configuração do GREN.

4.8 Considerações Finais

Neste capítulo foi apresentada a evolução do *framework* GREN, na qual foi realizada a implementação do Subsistema de Segurança de acordo com a abordagem POA. Em decorrência dessa evolução também foi feita evolução da ferramenta para instanciamento automático do GREN, a GREN-Wizard. Na evolução do GREN foram criadas dezessete novas classes e implementados quatrocentos e oito novos métodos referentes ao SS e também foram modificadas três classes do GREN: *StaticObjectForm*, *BasicBusinessTransactionForm* e *BasicQuotationForm*. A evolução do GREN-Wizard não acarretou a criação de nenhuma classe nova, mas dezesseis novos métodos foram criados, quatorze métodos foram alterados e três métodos foram corrigidos. A evolução do GREN-Wizard também provocou modificações em sua base de dados e a alteração de um método do GREN. Embora o SS tenha sido implementado com aspectos, essa característica não tem impacto sobre o trabalho do instanciador de aplicações, pois o SS foi implementado como um componente fechado e seu pontos de instanciamento (mesmo das classes aspecto) são métodos normais. Dessa forma, o instanciador de aplicações não necessita ter conhecimento dos conceitos da POA e tampouco sobre como esses conceitos são implementados pelo pacote de classes *AspectS*.

Exemplo - Instanciação da nova versão do GREN para Sistema de Clínica Veterinária

5.1 Considerações Iniciais

Neste Capítulo mostra-se, passo a passo, a instanciação da nova versão do GREN, incluindo o SS, para o sistema de Clínica Veterinária. Primeiramente, é mostrada a instanciação realizada manualmente de forma caixa-branca e, em segundo, é apresentada a instanciação realizada por meio do GREN-Wizard.

5.2 Instanciação do GREN de forma caixa-branca.

Esta instanciação seguiu os passos do manual de instanciação do GREN atualizado.

5.2.1 Análise do Sistema

O primeiro passo da instanciação é a análise do sistema com base na linguagem de padrões GRN (Braga et al., 1999). O resultado dessa análise é o modelo de classes mostrado na Figura 5.1 e o histórico de padrões e variantes que foram aplicados, os quais são apresentados na Tabela 5.1 e, para este caso, a decisão de incluir o SS nessa instanciação. Como pode ser

observado na Tabela 5.1, a GRN foi aplicada duas vezes, uma vez para o recurso Produto e outra para o recurso Animal, e o histórico de padrões e variantes é apresentado na ordem de aplicação da GRN. Os novos atributos inseridos em cada classe durante a fase de análise aparecem sublinhados na Figura 5.1 e os papéis desempenhados por cada classe no padrão aplicado aparecem representados nos balões.

Figura 5.1: Modelo de análise do sistema para Clínica Veterinária com os padrões aplicados.

5.2.2 Mapeamento do modelo de análise para o GREN

O segundo passo consiste em fazer o mapeamento do modelo conceitual do sistema de Clínica Veterinária para o *framework* GREN, utilizando a documentação do GREN e os resultados obtidos no primeiro passo. A documentação do GREN é composta por diversas tabelas que mostram, para cada padrão da GRN, as classes correspondentes do GREN a serem especializadas e os métodos a serem sobrepostos durante a instanciação e, também, pelas tabelas que mostram as classes a serem especializadas e os respectivos métodos a serem sobrepostos referentes ao Subsistema de Segurança. O resultado deste passo é a criação de tabelas de mapeamento contendo a lista de classes e métodos correspondentes a serem implementados. As classes de

Tabela 5.1: Padrões e variantes aplicados na fase de análise.

Padrão	Variante ou Sub-padrão	Papéis Desempenhados = Nome da Classe
P1 - Identificar o Recurso	Default	Recurso = Produto Tipo de Recurso = CategoriaProduto
P2 - Quantificar o Recurso	Recurso Mensurável	Recurso = Produto Unidade de Medida = UnidadeMedida
P6 - Comercializar o Recurso	Sem origem - Venda	Recurso = Produto Comercialização do Recurso = VendaProduto Destino = Cliente
P11 - Itemizar Transação do Recurso	Default	Recurso = Produto Transação do Recurso = VendaProduto Item da Transação = ItemVendido
P12 - Pagar pela Transação do Recurso	Default	Pagamento = PagamentoVendaProduto Pagamento Posterior = PagmtPosteriorVP Pagamento Imediato = PagmtImediatoVP Dinheiro = Cash Cheque = Check Taxa de Juros = TaxaJuros Taxa de Multa = TaxaMulta Tansação do Recurso = VendaProduto
P1 - Identificar o Recurso	Múltiplos Tipos de Recurso	Recurso = Animal Tipo de Recurso = Especie Tipo de Recurso = Raca
P9 - Manter o Recurso	Sem origem	Recurso = Animal Manutenção do Recurso = Consulta Destino = Cliente
P12 - Pagar pela Transação do Recurso	Default	Pagamento = PagamentoConsulta Pagamento Posterior = PagmtPosterior Pagamento Imediato = PagmtImediato Dinheiro = Cash Cheque = Check Taxa de Juros = TaxaJuros Taxa de Multa = TaxaMulta Tansação do Recurso = Consulta
P13 - Identificar o Executor da Transação	Sem comissão	Executor da Transação = Veterinário Transação do Recurso = Consulta
P14 - Identificar as Tarefas da Manutenção	Default	Tarefa de Manutenção = TipoServico Manutenção do Recurso = Consulta Executor da Manutenção = Veterinario
P15 - Identificar Peças da Manutenção	Default	Peça Utilizada na Manutenção = ProdutoUsadoConsulta Manutenção do Recurso = Consulta Peça = Produto

negócio a serem implementadas foram mapeadas na Tabela 5.2 e as classes de interface gráfica com o usuário na Tabela 5.3. As tabelas contendo as classes e métodos referentes ao SS, a serem implementadas, já estão prontas e devem apenas ser consultadas na fase de implementação. As tabelas referentes à instanciação do SS são apresentadas no Apêndice E desta dissertação.

5.2.3 Implementação do sistema para Clínica Veterinária

O terceiro passo na instanciação do GREN para o sistema da Clínica Veterinária foi implementar as classes e métodos seguindo as tabelas de mapeamento obtidas no passo anterior. A documentação do GREN também fornece algoritmos que auxiliam na criação de novas classes, adaptação da interface gráfica com o usuário para a inserção de novos atributos e programação dos menus do sistema. A Figura 5.2 mostra parte da hierarquia de classes do GREN e de classes derivadas no sistema para Clínica Veterinária. Ela apresenta o relacionamento de herança entre as classes da aplicação específica, as classes do GREN e as classes do Subsistema de Segurança. Além disso, essa figura também ilustra o relacionamento de interceptação entre

Tabela 5.2: Mapeamento APP para Clínica Veterinária.

Classe da aplicação a ser criada	Superclasse do GREN	Atributos adicionais	Métodos adicionais
Consulta	ResourceMaintenance	hora	(set e get para os novos atributos)
Cliente	DestinationParty	endereço, cidade, estado, telefone, documento, email	(set e get para os novos atributos)
Animal	Resource	identProprietario, datanasc, sexo, cor	(set e get para os novos atributos)
EspecieAnimal	SimpleType	-	-
Raca	SimpleType	-	-
Produto	StockResource	fabricante	(set e get para os novos atributos)
CategoriaProduto	SimpleType	-	-
UnidadeMedida	MeasureUnity	-	-
VendaProduto	BasicSale	-	-
ItemVendido	TransactionItem	-	-
Veterinario	TransactionExecutor	endereço,cidade,estado, foneresi-dencial, fonecelular	(set e get para os novos atributos)
ProdutoUsadoConsulta	MaintenancePart	-	-
TipoServico	MaintenanceTask	-	-
PagamentoVendaProduto	Payment	-	-
PagmtImediato	Nada a Fazer	-	-
PagmtPosterior	Nada a Fazer	-	-
Cash	Cash	-	-
Check	Check	-	-
TaxaMulta	FineRate	-	-
TaxaJuros	InterestRate	-	-
PagamentoConsulta	Payment	-	-

Tabela 5.3: Mapeamento GUI para Clínica Veterinária.

Classe da interface a ser criada	Superclasse do GREN	Nome do Spec no GREN	Spec a ser criado
ConsultaForm	OneResourceMaintWPTWForm	oneResBasicMaintWTWPSpec	consultaSpec
ClienteForm	DestinationPartyForm	windowSpec	clienteSpec
AnimalForm	SingleResourceForm	singleResSpec	animalspec
EspecieAnimalForm	StaticObjectForm	windowSpec	-
RacaForm	StaticObjectForm	windowSpec	-
ProdutoForm	MesasurableResourceForm	measResSpec	produtoSpec
CategoriaProdutoForm	StaticObjectForm	windowSpec	-
UnidadeMedida	MeasureUnityForm	windowSpec	-
VendaProdutoForm	MultiResourceTradeForm	multiResTradeSpec	-
ItemVendidoForm	TransactionItemForm	measTransItemSpec	-
VeterinarioForm	TransactionExecutorForm	transExecutorSpec	veterinarioSpec
ProdutoUsadoConsultaForm	MaintenancePartForm	windowSpec	-
TipoServicoForm	MaintenanceTaskForm	windowSpec	-
PagamentoVendaProdutoForm	PaymentForm	windowSpec	-
TaxaMultaForm	FineRateForm	windowSpec	-
TaxaJurosForm	InterestRateForm	windowSpec	-
PagamentoConsultaForm	PaymentForm	windowSpec	-

as classes aspecto e as classes da aplicação específica¹. Como pode-se observar, as classes aspecto `AsAuthenticationApp` e `AsAccessLogApp` interceptam apenas a classe principal da aplicação `ClinicaVeterinariaMainWindow`, já a classe aspecto `AsAccessControlApp` intercepta, além da classe principal da aplicação, várias outras classes da aplicação, uma vez que controla a execução das operações implementadas nessas classes.

¹Para simplificação, a Figura 5.2 apresenta apenas algumas classes da aplicação da Clínica Veterinária.

Figura 5.2: Parte da hierarquia de classes do GREN e de classes do sistema para Clínica Veterinária.

5.2.3.1 Criação da base de dados para o sistema de Clínica Veterinária

Após a implementação das classes e métodos do sistema para a Clínica Veterinária, o próximo passo é a criação de um *script* para gerar a base de dados da aplicação instanciada. A documentação do GREN apresenta um modelo de *script* default e um algoritmo, que usa esse modelo de *script* para especificar quais tabelas devem ser criadas conforme os padrões e variantes da GRN aplicados na análise do sistema. Além disso, apresenta também as tabelas que devem ser criadas caso a instancição esteja considerando o Subsistema de Segurança. Dessa forma, o *script* para gerar a base de dados para o sistema da Clínica Veterinária contém, além

das tabelas correspondentes aos padrões da GRN aplicado ao sistema, as tabelas correspondentes ao Subsistema de Segurança².

5.2.3.2 Configuração do estado inicial do sistema

Após a criação da base de dados da aplicação, como o sistema para Clínica Veterinária inclui o SS, deve-se inicialmente configurar o estado inicial do sistema antes de sua compilação. Para tal foi executada a linha de comando abaixo no *Workspace* do ambiente VisualWorks.

```
ClinicaVeterinaria.ConfiguracaoInicialForm openWithSpec:#configSpec
```

Essa linha de comando faz abrir a janela que permite ao instanciador solicitar a configuração automática do estado inicial da aplicação e pode ser visualizada na Figura E.1 do Apêndice E.

5.2.4 Teste do sistema para Clínica Veterinária

Para testar o sistema de Clínica Veterinária foram elaborados casos de testes para todas as funcionalidades da aplicação, bem como do SS. Para tal, foram exercitadas toda as opções do menu. A Figura 5.3 mostra os menus e a janela principal do sistema de Clínica Veterinária. Algumas das opções dos menus selecionados nessa figura dizem respeito ao SS e são visualizadas apenas pelo usuário Administrador do Sistema. No menu *Relatórios*, somente o Administrador possui o direito de visualizar os dois últimos relatórios. No menu *Manutenção*, com exceção da primeira opção *Alterar Senha*, todas as demais opções são restritas ao Administrador do Sistema.

Figura 5.3: Menus e janela principal do sistema para Clínica Veterinária.

²Essas tabelas podem ser visualizadas no script contido no Apêndice E.

Assim que a aplicação é compilada e a janela principal é aberta, o aspecto responsável pela autenticação apresenta a janela para que o usuário possa se conectar ao sistema, que pode ser observada na figura Figura 5.4. Na primeira execução do aplicação existe um único usuário, o Administrador do Sistema, que deve registrar os papéis da aplicação por meio da interface apresentada na Figura 5.5, atribuir direitos (permissões) a esses papéis por meio da interface mostrada na Figura 5.6 e registrar os demais usuários e atribuir-lhes papéis por meio da interface apresentada na Figura 5.7 .

Figura 5.4: Janela para autenticação de usuários.

Figura 5.5: Janela para manutenção de papéis da aplicação .

Figura 5.6: Janela para atribuição de direitos aos papéis da aplicação.

Figura 5.7: Janela para manutenção de usuários da aplicação.

A Figura 5.8 mostra um exemplo de um dos relatórios destinados ao Administrador do Sistema. O relatório de acessos em um período é elaborado a partir de informações, que são armazenadas na base de dados por meio das interceptações do aspecto responsável por registrar a entrada e saída dos usuários do sistema. Esse relatório informa o usuário que tentou se conectar ao sistema, o status do acesso desse usuário e a data e hora de entrada e saída do sistema.

GREN Report

GREN-REPORTS - CLINICA VETERINÁRIA ANIMAL & CIA

Registro de Acessos - Período: 23/5/2004 a 26/5/2004

Data: 26 de Maio de 2004

Usuário	Status	Data-Hora de Entrada	Data-Hora de Saída
sandro	Acesso Permitido	23/5/2004-3:43:11 pm	23/5/2004-4:04:42 pm
admin	Acesso Permitido	23/5/2004-3:25:31 pm	23/5/2004-3:32:00 pm
tanis	Acesso Permitido	25/5/2004-7:45:15 pm	25/5/2004-8:59:41 pm
Barbosa	Usuário não existe.	26/5/2004-9:12:12 pm	-
admin	Acesso Permitido	26/5/2004-9:12:41 pm	-

Figura 5.8: Exemplo do relatório de registro de acessos em um período.

A Figura 5.9 mostra uma interceptação do aspecto responsável por realizar o controle de acesso às operações do sistema. Essa figura ilustra uma tentativa de um usuário remover uma consulta. A execução dessa operação é interceptada pelo aspecto de controle de acesso e é checado o direito de acesso do usuário corrente sobre a operação requisitada. Como o aspecto checou que o usuário não tem direito de acesso para executar tal operação, o aspecto executou o envio de uma mensagem de informação ao usuário, ao invés de permitir a execução da operação requisitada.

Novo

Remove

Busca

Lista

Sai

Situação

Entrada

Saída

Nº da Consulta:

Você não tem acesso para realizar esta operação!

OK

Nome Cliente:

Mais...

Data de entrada

26-05-04

Data de saída

26-Mai-04

Hora da Consulta:

10:20 AM

HH:MM:AM/PM

Comentários:

Veterinário:

Paulo da Silva

Recurso

Mais...

Faltas apresentad

Pela quebrada

Pagamento...

Tipos de Serviços

Produtos

Total da mão-de-obra

0,00

Total de Peças

0,00

Preço total

0,00

Desconto total

0,00

Total final

0,00

Figura 5.9: Exemplo da interceptação do aspecto que realiza o controle de acesso.

5.3 Instanciação do GREN usando a ferramenta GREN-Wizard

O processo de utilização de um *wizard* definido por Braga (2002b) possui quatro passos: análise do sistema, uso do *Wizard* para a geração das classes da aplicação, implementação de funcionalidades não cobertas pelo *framework* e testes do sistema resultante. Esses passos foram seguidos para a instanciação do sistema para Clínica Veterinária por meio do GREN-Wizard.

5.3.1 Análise do Sistema

Essa fase é idêntica à fase de análise para a instanciação de forma caixa-branca, descrita anteriormente na seção 5.2.1. Nela produz-se o modelo de análise apresentado na Figura 5.1 e o histórico de padrões e variantes que foram aplicados, mostrados na Tabela 5.1.

5.3.2 Uso do GREN-Wizard para a geração das classes da aplicação

Para a utilização do GREN-Wizard na instanciação de uma aplicação deve-se seguir os seguintes passos (Braga et al., 2004):

Definição do Modelo . Neste passos são informados ao GREN-Wizard os padrões aplicados durante a fase de análise. Entretanto, antes de se informar os padrões aplicados deve-se criar uma nova aplicação. Ao solicitar essa operação é apresentada uma janela, na qual deve ser informado o nome da nova aplicação, Figura 5.10a, e em seguida seguida o GREN-Wizard apresenta uma outra janela na qual devem ser informadas as particularidades da nova aplicação, Figura 5.10b. Como essa aplicação deve incluir o Subsistema de Segurança essa opção foi selecionada e aparece destacada na Figura 5.10b por um retângulo tracejado. Em seguida devem ser informados os padrões aplicados durante a fase de análise. A Figura 5.11 ilustra a aplicação do Padrão 14 - Identificar as tarefas da Manutenção.

Escolha dos relatórios . A Figura 5.12 mostra a interface fornecida pelo GREN-Wizard para a seleção dos relatórios da aplicação instanciada. Os relatórios disponíveis são relacionados aos padrões informados ao GREN-Wizard no passo de definição do modelo.

Geração das Classes . Neste passo, após terem sido informados todos os padrões e escolhidos os relatórios necessários, a operação Gerar Aplicação é solicitada. O GREN-Wizard gerará todas as classes da aplicação e também as classes pertinentes ao SS, bem como realizará a sobreposição e inserção, respectivamente, dos métodos e dos atributos necessários.

Figura 5.10: Janelas para a criação de uma nova aplicação.

Figura 5.11: Exemplo da aplicação de um padrão.

Geração da base de dados . Neste passo, ao solicitar a operação para criar a base de dados, o GREN-Wizard criará todas as tabelas da aplicação e como essa instanciação incluiu o SS, as tabelas pertinentes a ele também serão criadas. Após criar a base de dados, o GREN-Wizard apresentará uma interface para que seja configurado o estado inicial da aplicação, mostrada na Figura 5.13.

Adaptação da interface gráfica com o usuário . Como são inseridos novos atributos em alguma classes, pode ser necessário ajustar o tamanho de algumas das interfaces da aplicação e também a posição dos atributos inseridos.

Figura 5.12: Janela para seleção dos relatórios da aplicação.

Figura 5.13: Configuração do estado inicial do sistema para Clínica Veterinária.

5.3.3 Implementação de funcionalidades não cobertas pelo *framework*

Todas as funcionalidades da sistema para Clínica Veterinária foram cobertas pelo GREN, dessa forma este passo não foi executado.

5.3.4 Testes do sistema resultante

Esse passo é idêntico ao passo descrito na seção 5.2.4 e, assim, foram elaborados casos de testes para testar o funcionamento da aplicação da Clínica Veterinária, assim como do Subsistema de Segurança. Exemplos de telas da aplicação gerada não são mostradas nesta seção porque são idênticas às aquelas apresentadas na seção 5.2.4.

5.4 Considerações finais

Este Capítulo apresentou um exemplo de instanciação do *framework* GREN, incluindo o Subsistema de Segurança, primeiramente manualmente e de forma caixa-branca e em seguida usando o GREN-Wizard. Na instanciação manual foram gastas aproximadamente vinte e uma horas para obter o código final do sistema para Clínica Veterinária (cinco horas de análise, quatro horas para o mapeamento, oito horas para implementação e quatro para testes). Inference-se que o tempo gasto na instanciação é menor do que o tempo que seria gasto se a mesma aplicação fosse programada sem o uso do *framework*, uma vez que exigiria um número de linhas de código muito maior. Na instanciação realizada as linhas de código adicionadas consistem de código de métodos para lidar com os novos atributos que não faziam parte dos padrões aplicados, e alguns métodos que devem ser concretizados referentes ao Subsistema de Segurança. Na instanciação realizada com o GREN-Wizard foram gastos duas horas e quarenta minutos para a obtenção do código final da aplicação (quarenta minutos no uso do GREN-Wizard para a geração da aplicação e duas horas na realização dos testes da aplicação). Como a fase de análise já havia sido realizada na instanciação manual, ela foi reutilizada na instanciação com o Wizard e por isso foi desconsiderado o tempo gasto com essa atividade. O tempo gasto com os testes foi menor em relação ao tempo usado na instanciação manual, simplesmente, porque, neste caso, foi realizado um número menor de testes.

Conclusões

6.1 Considerações Iniciais

Este trabalho constituiu da evolução do *framework* GREN, na qual foi implementado um Subsistema de Segurança orientado a aspectos (SS). A evolução realizada seguiu o processo de evolução de *frameworks* proposto por Cagnin et al. (2004). O SS foi implementado por meio de classes normais e classes aspecto. As classes aspecto foram implementadas a partir do pacote de classes AspectS. Após a evolução do GREN também foi realizada a evolução da ferramenta GREN-Wizard para torná-la compatível com a nova versão do GREN criada.

6.2 Avaliação

O uso de aspectos facilitou a manutenção realizada, em especial o projeto e a programação, porque toda a lógica da aplicação de segurança foi desenvolvida em separado, como se fosse um componente. Toda a interação entre o SS e as demais classes do *framework* GREN é realizada por meio das classes aspecto do SS. Com isso, não foram inseridos erros no *framework* durante a implementação, erros que provavelmente poderiam ser inseridos ao fazer a manutenção tradicional, na qual o código do SS estaria espalhado e entrelaçado nas classes do *framework*. Pode-se concluir deste experimento, que manutenções aperfeiçoativas, nas quais um requisito não funcional é completamente implementado, beneficiam-se grandemente da implementação orientada a aspectos. Requisitos funcionais que podem ser implementados como aspectos também podem se beneficiar, mas eles ocorrem em número muito menor. Outros tipos de manutenção, que apenas modificam funcionalidades existentes ou fazem adaptações ao

ambiente operacional parecem não se beneficiar dessa tecnologia, mas esse não foi o foco deste trabalho.

O SS foi implementado como um componente fechado, no sentido de que se o engenheiro de aplicações optar por incluí-lo, deverá utilizar todas as funcionalidades por ele oferecidas. Entretanto, a implementação permite, com pouco esforço, tornar algumas funcionalidades opcionais como, por exemplo, o registro de acesso, que poderia ser uma funcionalidade não implementada em uma aplicação específica. Para tal, o SS deveria ser instanciado de maneira caixa-branca. Neste caso, a classe encarregada da instalação do aspecto que trata do registro de acesso deveria ser especializada e o método responsável por essa tarefa ser sobreposto. Assim, o SS pode ser visto também como um *framework* que pode ter suas classes especializadas, permitindo a alteração das regras implementadas. Poderia também ser usado em conjunto com outras aplicações (implementadas em linguagem Smalltalk) não instanciadas a partir do GREN. Entretanto, neste caso, seria necessário um estudo mais elaborado com relação à funcionalidade que executa automaticamente a configuração inicial dos objetos protegidos dessa aplicação, uma vez que, na implementação atual do SS, essa funcionalidade está fortemente ligada a algumas classes do *framework* GREN. Seria necessário também a redefinição dos pontos de junção do aspecto que trata do controle de acesso da aplicação. Uma outra característica interessante do SS é o fato de que seus pontos de instanciação são métodos normais e, dessa forma, o instanciador da aplicação não necessita ter conhecimento sobre programação orientada a aspectos.

Com relação à implementação das classes aspecto do SS, foram, inicialmente, encontradas algumas dificuldades na utilização do pacote de classes AspectS. Por ser um pacote ainda em experimentação, havia poucos exemplos de uso e a documentação ainda não estava concluída na época de implementação do SS. Entretanto, após o estudo e execução dos exemplos disponíveis, concluiu-se que o pacote de classes AspectS atenderia à implementação do SS.

O fato de permitir a fácil habilitação ou não do SS em aplicações instanciadas a partir do *framework* GREN abre a possibilidade de uma utilidade importante da abordagem orientada a aspectos: pontos variáveis do *framework* que têm características de opcionalidade como, por exemplo, habilitar ou desabilitar uma certa funcionalidade, são candidatos a serem implementados utilizando aspectos.

Para a instanciação caixa-branca da nova versão do GREN foi usado o processo genérico de instanciação de *frameworks* proposto por Braga (2002b). A particularização desse processo para a instanciação da nova versão do GREN não alterou os passos do processo seguido, apenas novas tarefas a serem realizadas com relação à instanciação do SS foram adicionadas em pontos específicos dos passos do processo.

Manutenções preventivas, nas quais é feito um refatoramento de funcionalidades já existentes, também podem ser realizadas usando a abordagem de programação orientada a aspectos. Entretanto, percebe-se que esse tipo de manutenção exige um esforço adicional, pois além do esforço necessário para a implementação de tal funcionalidade seguindo a abordagem de POA e identificação dos pontos de junção no código existente, é necessário também, um esforço para

reestruturar o código existente, pois é preciso remover o código que se encontra espalhado e entrelaçado pelas diversas classes do *framework*. Este fato aumenta a complexidade da manutenção, uma vez que pode acarretar em alterações na estrutura das classes do *framework* e conseqüentemente provocar manutenção em blocos de código que não estejam diretamente ligados ao interesse tratado e, sendo assim, é mais suscetível à introdução de erros nas funcionalidades do *framework*. Processos de engenharia reversa de sistemas OO visando à reorganização do código base em OA (Aspectualização) têm sido publicados recentemente (Ramos, 2004).

6.3 Contribuições

A realização deste trabalho contribuiu para mostrar que a arquitetura geral dos *frameworks* orientados a objetos pode ser estendida por meio de aspectos, criando módulos (componentes e aspectos) independentes que facilitam o reuso e a manutenção. Esta possibilidade ocorre principalmente para a implementação de requisitos não funcionais. O reuso é favorecido, pois além de ser o principal objetivo dos *frameworks*, com a adição da abordagem de programação orientada a aspectos, um aspecto pode ser reusado simplesmente incluindo-o ou não nas instâncias do *framework*. Já a manutenção é favorecida principalmente pela independência obtida entre componentes e aspectos, possibilitando a introdução de uma nova funcionalidade sem a inserção de erros no código existente.

Este trabalho contribuiu também para a melhoria do *framework* GREN, para o qual foi criada uma nova versão que inclui um novo requisito inicialmente não implementado em suas primeiras versões. Dois trabalhos de doutorado, em andamento, ambos do Grupo de Engenharia de Software do ICMC-USP também foram beneficiados, pois este trabalho serviu para aperfeiçoar o processo de evolução de *frameworks* proposto por Cagnin et al. (2004) em seu trabalho de doutorado (Cagnin, 2002) e para validar e checar a generalidades dos perfis UML-AOD (Camargo & Masiero, 2004b) e UML-AOF (Camargo & Masiero, 2004a) propostos durante o desenvolvimento do trabalho de doutorado de Camargo (2003).

6.4 Sugestões de Trabalhos Futuros

Como resultado da análise realizada no *framework* GREN há dois requisitos não funcionais que poderiam ser implementados seguindo a abordagem de POA: o requisito de persistência e o controle dos componentes relativos à interface gráfica com o usuário (GUI). O código relativo ao controle dos componentes da GUI do GREN encontra-se totalmente espalhado nas classes responsáveis pela interface gráfica do GREN. O requisito de persistência foi implementado no GREN conforme o padrão *PersistentLayer* (Yoder et al., 1998) por meio da classe *PersistenteObject*. A conexão com a base de dados é tratada por meio da classe *ConnectionManager* e a classe *OIDManager* trata da geração do código dos objetos persis-

tentes. Embora essa implementação tenha se preocupado em separar o interesse de persistência atribuindo as responsabilidades de persistência dos dados à classe `PersistenteObject`, ainda assim, a implementação desse requisito encontra-se espalhada por outras classes do *framework*, pois existem métodos abstratos que devem ser concretizados durante a fase de instanciação do *framework* nas classes que representam objetos persistentes e que devem ser especializadas a partir de classes do GREN que herdam direta ou indiretamente da classe `PersistenteObject`. Além disso, existem métodos relativos ao requisito de persistência implementados em algumas classes do GREN.

Uma outra sugestão de trabalho futuro é a extensão do SS para aperfeiçoar suas funcionalidades. Por exemplo, o aspecto responsável pelo registro de acessos poderia ser estendido para armazenar na base de dados todas ou as operações mais críticas (como exclusão de informações, registro de pagamentos, etc) realizadas pelo usuário na aplicação. Na implementação atual esse aspecto registra apenas a entrada e saída do usuário na aplicação.

O SS também poderia ser usado com outras aplicações implementadas em linguagem Small-talk não derivadas de instanciações a partir do *framework* GREN realizando-se, assim, um experimento para avaliar a dificuldade desse tipo de reuso e que mudanças deveriam ser feitas na arquitetura do SS para facilitar esse tipo de reuso.

Também poderiam ser feitos experimentos, usando a abordagem de POA, para o tratamento de requisitos funcionais como, por exemplo a implementação de partes variáveis do *framework*, que poderiam ser implementadas como aspectos e que seriam ativadas durante o processo de instanciação ou execução dinâmica do *framework*.

Referências Bibliográficas

- AKSIT, M.; TEKINERDOGAN, B. Solving the modeling problems of object-oriented languages by composing multiple aspects using composition filters. In: *Proceedings of the Workshop on Aspect Oriented Programming (ECOOP 1998)*, Brussels – Belgium: Springer-Verlag, 1998.
- ALWIS, B. S. *Aspects of Incremental Programming*. Dissertação de Mestrado, University of British Columbia, Vancouver, Canada, 2002.
- AOSD *Aspect-oriented software develop homepage*. 2004. Disponível em: <<http://www.aosd.net>>. Acesso em: 12/03/2004.
- ASPECTS *AspectS homepage*. 2004. Disponível em: <<http://www-ia.tu-ilmenau.de/~hirsch/Projects/Squeak/Aspects/#aspects>>. Acesso em: 12/03/2004.
- BECKER, U. D²AL: A design-based aspect language for distribution control. In: *Proceedings of the International Workshop on Aspect-Oriented Programming at ECOOP*, Brussels – Belgium: Springer-Verlag, 1998.
- BRAGA, R. T. V. *Manual de instanciação do GREN*. ICMC – USP, São Carlos SP, documento de trabalho, 96 p., versão 1.1, 2002a.
- BRAGA, R. T. V. *Um processo para construção e instanciação de frameworks baseados em uma linguagem de padrões para um domínio específico*. Tese de Doutorado, ICMC/USP, São Carlos - São Paulo, 2002b.
- BRAGA, R. T. V.; GERMANO, F. S. R.; MASIERO, P. C. A pattern language for bussiness resource management. In: *Proceedings 6th Annual conference on Pattern Languages of Programs (PLP'99)*, Monticello, Illinois, EUA, 1999, p. 1 – 33.

- BRAGA, R. T. V.; GERMANO, F. S. R.; MASIERO, P. C. System development using a pattern language-based tool. In: *6th International Conference on Enterprise Information Systems*, Porto - Portugal, 2004, p. 155 – 162.
- BRAGA, R. T. V.; MASIERO, P. C. Gren-wizard: a tool to instantiate the GREN framework. In: *Caderno de Ferramentas do 16º Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software (SBES)*, Gramado – RS, 2002a, p. 408 – 413.
- BRAGA, R. T. V.; MASIERO, P. C. A process for framework construction based on a pattern language. In: *Proceedings of the 26th Annual International Computer Software and Applications Conference (COMPSAC 2002)*, Oxford, Inglaterra: IEEE, 2002b, p. 615 – 620.
- BRAGA, R. T. V.; MASIERO, P. C. The role of pattern languages in the instantiation of object-oriented frameworks. In: *Proceedings of the Workshop on Reuse in Object-Oriented Information Systems Design, 8th International Conference on Object-Oriented Information Systems (OOIS'02)*, Montpellier, France: Springer-Verlag, lecture Notes On Computer Science, 2002c, p. 122 – 131.
- BRANT, J. *Methodwrappers homepage*. 2004. Disponível em: <<http://st-www.cs.uiuc.edu/~brant/Applications/MethodWrappers.html>>. Acesso em: 12/03/2004.
- CAGNIN, M. I. Investigação e definição de um processo de reengenharia orientada a objetos visando ao apoio por computador, Monografia de Qualificação de doutorado apresentada ao ICMC – USP, 2002.
- CAGNIN, M. I.; MALDONADO, J. C.; GERMANO, F. R.; MASIERO, P. C.; BRAGA, R. T. V.; SILVA, M. T. F.; PENTEADO, R. D. A comprehensive evolution process for application frameworks, submitted paper, 2004.
- CAGNIN, M. I.; MALDONADO, J. C.; PENTEADO, R. D.; GERMANO, F. R. Parfait: Towards a frameworks-based agile reengineering process. In: *Agile Development Conference*, Salt Lake City, Utha, EUA, 2003, p. 22 – 31.
- CAMARGO, V. V. Desenvolvimento de frameworks no contexto da separação de interesses, Monografia de Qualificação de doutorado apresentada ao ICMC – USP, 2003.
- CAMARGO, V. V.; MASIERO, P. C. *Aspect-based persistence framework*. Relatório Técnico, ICMC - USP, São Carlos - SP, 2003.
- CAMARGO, V. V.; MASIERO, P. C. *Um perfil UML para o projeto de frameworks orientados a aspectos*. Relatório Técnico, ICMC – USP, São Carlos - SP, 2004a.
- CAMARGO, V. V.; MASIERO, P. C. *Um perfil UML para projeto de sistemas orientados a aspectos*. Relatório Técnico, ICMC – USP, São Carlos - SP, 2004b.

- CAMARGO, V. V.; RAMOS, R. A.; PENTEADO, R.; MASIERO, P. C. Projeto baseado em aspectos do padrão da camada de persistência. In: *Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software (SBES)*, Manaus – Brasil, 2003.
- CHAVEZ, C.; LUCENA, C. P. Desing suport for aspect-oriented software development. In: *In: Doctoral Symposium at OOPSLA'2001 and Poster Session at OOPSLA'2001*, Tampa Bay, Florida, USA, 2001.
- CINCOM *VisualWorks 5i.4 non-commercial*. 2004. Disponível em: <<http://www.cincom.com>>. Acesso em: 17/02/2004.
- CONSTANTINIDES, C.; BADER, A.; ELRAD, T.; FAYAD, M.; NETINANT, P. Designing an aspect oriented framework in a object oriented environment. In *ACM Computing Surveys Symposium on Applications Frameworks*, v. 32, n. 1, 2000.
- ELRAD, T.; AKSIT, M.; KICZALES, G.; LIEBERHERR, K.; OSSHER, H. Discussing aspects of AOP. *Communications of the ACM*, v. 44, n. 10, p. 33 – 38, 2001a.
- ELRAD, T.; FILMAN, R. E.; BADER, A. Apect-oriented programming: Introduction. *Communications of the ACM*, v. 44, n. 10, p. 29 – 32, 2001b.
- FAYAD, M. E.; SCHMIDT, D. C. Object-oriented application frameworks. *Communications of the ACM*, v. 40, n. 10, p. 32 – 38, 1997.
- FAYAD, M. E.; SCHMIDT, D. C.; JOHNSON, R. E. Application frameworks. In: “Mohamed E. Fayad, Douglas C. Schmidt and Ralph E. Johnson Building Application Frameworks: Object-Oriented Foundations of Framework Design. John Wiley and Sons, p. 3 – 27 ”, 1999.
- FERNANDEZ, E. B.; PAN, R. A pattern language for security models. In: *Proceedings of the 8th Conference o Pattern Languages of Progrms (PLOP'01)*, Monticello, Illinois, EUA, 2001.
- FILTERS *Aspect-oriented research on composition filters homepage*. 2004. Disponível em: <http://tres.cs.utwente.nl/composition_filters>. Acesso em: 12/03/2004.
- FONTOURA, M.; PREE, W.; RUMPE, B. *The UML profile for framework architectures*. Addison Wesley, 2002.
- GAMMA, E.; HELM, R.; JOHNSON, R.; VLISSIDES, J. *Desing patterns - elements of reusable object-oriented software*. Addison - Wesley Computing Series, 1995.
- GARCIA, A.; SILVA, V.; CHAVEZ, C.; LUCENA, C. Engineering multi-agent systems with aspects and patterns. *Journal of the Brazilian Computer Society*, v. 8, n. 1, p. 57 – 72, 2002.

- GIMENES, I. M. S.; TRAVASSOS, G. H. O enfoque de desenvolvimento de linha de produto para desenvolvimento de software. *21ª Jornada de Atualização em Informática*, evento Integrante do 22º Congresso da SBC, 2002.
- GRADECKI, J. D.; LESIECKI, N. *Mastering aspectJ – aspect oriented programming in java*. 1ªed. Wiley Publishing, 2003.
- VAN GURP, J.; BOSCH, J. Design, implementation and evolution of object oriented frameworks: concepts and guidelines. *Software - Practice and Experience (SPE)*, v. 31, n. 3, p. 277 – 300, 2001.
- HARRISON, W.; OSSHER, H. Subject-oriented programming (a critique of pure objects). In: *Proceedings of the Conference on Object-Oriented Programming: Systems, Languages and Applications (OOPSLA'93)*, Washington: ACM, 1993, p. 411 – 428.
- HARROLD, M. J.; MCGREGOR, J. D.; FITZPATRICK, K. J. Incremental testing of object-oriented class structures. In: *Proceeding of the 14th International Conference on Software Engineering*, Melbourne, Australia: ACM Press, 1992, p. 68 – 80.
- HIRSCHFELD, R. AspectS – Aspect-Oriented Programming with Squeak. In: *Revised Papers from the International Conference NetObjectDays on Objects, Components, Architectures, Services, and Applications for a Networked World*, v. 2591 de *Lecture Notes in Computer Science*, Springer-Verlag, 2002, p. 216–232 (*Lecture Notes in Computer Science*, v.2591).
- HYPER/J, I. H. *Hyper/JTM: Multi-dimensional separation of concerns for javaTM*. 2004. Disponível em: <<http://www.research.ibm.com/hyperspace/HyperJ/HyperJ.htm>>. Acesso em: 12/03/2004.
- KICZALES, G.; HILSDALE, E.; HUGUNIN, J.; KERSTEN, M.; PALM, J.; GRISWOLD, W. G. An Overview of AspectJ. *Lecture Notes in Computer Science*, v. 2072, p. 327–355, 2001a.
- KICZALES, G.; HILSDALE, E.; HUGUNIN, J.; KERSTEN, M.; PALM, J.; GRISWOLD, W. G. Getting Started with AspectJ. *Communications of the ACM*, v. 44, n. 10, p. 59–65, 2001b.
- KICZALES, G.; LAMPING, J.; MENHDHEKAR, A.; MAEDA, C.; LOPES, C.; LOINGTIER, J.-M.; IRWIN, J. Aspect-oriented programming. In: *Proceedings of the European Conference on Object-Oriented Programming*, Springer-Verlag, 1997, p. 220–242.
- KISELEV, I. *Aspect oriented programming with aspectj*. 1ªed. Sams Publishing, 2003.
- LARMAN, G. *Utilizando UML e padrões: Uma introdução à análise e ao projeto orientados a objetos*. Bookman, 2000.
- LAY, A.; MURPHY, G.; WALKER, R. J. Separating concerns with hyper/JTM. In: *Workshop on Multidimensional Separation of Concerns*, ICSE, 2000.

- LOPES, C. V. *D: A Language Framework for Distributed Programming*. Tese de Doutorado, College of Computer Science – Northeastern University, 1997.
- MATTSSON, M.; BOSCH, J. Frameworks as components: A classification of framework evolution. In: *Proceedings of Nordic Workshop on Programming Environment Research*, Ronneby, Sweden, 1998, p. 163 – 174.
- NETINANT, P.; CONSTANTINIDES, C.; ELRAD, T.; FAYAD, M. Aspect-oriented frameworks: The design of adaptable operating systems. In: *Addendum to the 2000 Proceedings of the Conference on Object-Oriented Programming, Systems, Languages, and Applications*, Minneapolis, Minnesota, United States: ACM Press, poster Session, 2000, p. 61 – 62.
- PACE, J. A. D.; CAMPO, M. R. Analyzing the role of aspects in software design. *Communications of the ACM*, v. 44, n. 10, p. 67 – 73, 2001.
- PAWLAK, R.; DUCHIEN, L.; FLORIN, G.; ABD LIONEL SEINTURIER, F. L.-A.; MARTELLI, L. A UML notation for aspect-oriented software design. In: *Proceedings of Workshop of Aspect Oriented Modeling with UML of Proceedings of Aspect Oriented Software Development Conference (AOSD)*, 2002.
- PREE, W. *Design patterns for object-oriented software development*. Addison-Wesley, 1995.
- PRESSMAN, R. S. *Software engineering: A practitioner's approach*. 5^oed. McGraw-Hill, 2001.
- RAMOS, R. A. *Aspecting: Abordagem para migração de sistemas oo para sistemas oa*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos – SP, dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciência da Computação, 2004.
- RASSHID, A.; CHITCHYAN, R. Persistence as an aspect. In: *Proceedings of 2nd International Conference on Aspect Oriented Software Development - AOSD*, Boston – USA, 2003.
- ROBERTS, D.; JOHNSON, R. Evolving frameworks: A pattern language for developing object oriented frameworks. In: “R. C Martin and D. Riehle and F. Buchmann Pattern Languages of Program Design 3, Addison - Wesley, p. 471 – 486 ”, 1998.
- ROSS, D. T. Structured analysis: A language for communicating ideas. *IEEE Transactions on Software Engineering*, v. 3, n. 1, p. 16 – 34, 1977.
- SCHMIDT, D. C. An architectural overview of the acc framework: A case-study of successful cross-platform systems software reuse. *USENIX login magazine*, tools special issue, 1998.
- SQUEAK *Squeak homepage*. 2004. Disponível em: <<http://www.squeak.org>>. Acesso em: 12/03/2004.

- STEIN, D.; HANENBERG, S.; UNLAND, R. Designing aspect-oriented crosscutting in UML. In: *Proceedings of Workshop of Aspect Oriented Modeling with UML (AOSD)*, Enschede, 2002.
- SUZUKI, J.; YAMAMOTO, Y. Extending UML with Aspects: Aspect Support in the Design Phase. In: *Proceedings of the Workshop on Object-Oriented Technology*, Lisbon – Portugal: Springer-Verlag, 1999, p. 299–300.
- TYRUBA *Tyruba homepage*. 2004. Disponível em: <<http://tyruba.sourceforge.net/>>. Acesso em: 12/03/2004.
- UML *Unified modelling language specification 1.5*. 2004. Disponível em: <<http://www.omg.org/technology/documents/formal/uml.htm>>. Acesso em: 29/03/04.
- VOLDER, K. D. *Type-oriented logic meta programming*. Tese de Doutorado, Vrije Universiteit Brussel, programming Technology Laboratory, 1998.
- VOLDER, K. D.; D'HONDT, T. Aspect-oriented logic meta programming. In: *Proceedings of Meta-Level Architectures and Reflection, Second International Conference, Reflection'99*, Springer-Verlag, 1999, p. 250 – 272.
- WEINAND, A.; GAMMA, E.; MARTY, R. Et++ - an object-oriented application framework in c++. In: *Proceedings of the Conference on Object-Oriented Programming: Systems, Languages and Applications (OOPSLA'88)*, San Diego, California, EUA: ACM Press, special Issue of SIGPLAN Notices, 1988, p. 46 – 57.
- WEISS, D. M.; LAI, C. T. R. *Software product-line engineering - a family-based software development process*. Addison-Wesley, 1999.
- YODER, J. W.; JOHNSON, R. E.; WILSON, Q. D. Connecting business objects to relational databases. In: *Conference on the Pattern Languages of Programs 5 (PLOP)*, Monticello-IL, EUA, 1998.

Subsistema de Segurança proposto para o *framework* GREN (SS).

Documento de Requisitos

Abril de 2004

A.1 Visão Geral do Sistema

O Subsistema de Segurança proposto para o *framework* GREN tem por objetivo controlar o acesso a transações das aplicações instanciadas. Ele faz o gerenciamento de usuários, de papéis e das transações a serem protegidas em uma aplicação específica. O controle do acesso de cada usuário sobre as transações da aplicação é feito por meio de papéis. Dessa forma, o SS permite criar papéis aos quais são atribuídos direitos sobre as transações da aplicação e esses papéis são atribuídos aos usuários da aplicação. Além disso, um papel pode ser composto de um sub-papel que, por sua vez, também pode incluir um outro sub-papel. Isso possibilita que um usuário herde direitos dos sub-papéis do papel que lhe foi atribuído. As transações a serem protegidas em uma aplicação específica são as opções de seu menu principal e a execução de operações como, por exemplo: salvar, excluir, visualizar relatórios. O SS deve autenticar os usuários quando estes solicitam entrar no sistema (aplicação específica), registrar a sua entrada e saída do sistema, bem como as tentativas de entrar no sistema realizadas por usuários inválidos. O SS deve, ainda, bloquear o acesso de usuários ao sistema de acordo com determinadas especificações. O gerenciamento do SS deve ser feito por um usuário que possui o papel Administrador. Com

este propósito, o SS deve gerar alguns relatórios para permitir a gestão adequada do mesmo pelo usuário Administrador, como o relatórios de usuários bloqueados e relatório de registro de acesso à aplicação.

A.2 Requisitos

1. A aplicação deve possuir um administrador, com respectiva senha de acesso, que tem o poder de gerenciar todas as entradas e saídas do SS, bem como manipular todas as entradas e saídas da aplicação específica na qual os SS está embutido.
2. O SS deve permitir pelo menos três níveis de acesso para os demais usuários do sistema: nível 1 - restrito: acesso apenas a alguns tipos de saída (por exemplo, consulta a catálogos, etc.); nível 2 - intermediário: acesso apenas a operações de entrada e alguns tipos de saída; e nível 3 - total: acesso a todas as operações entradas e saídas). Opcionalmente, esses níveis podem ser especificados como papéis de atores que interagem com a aplicação específica.
3. O SS deve permitir a inclusão, alteração e exclusão de usuários da aplicação. Essas opções só podem ser executadas pelo administrador da aplicação. Os dados do usuário são: nome completo, nome abreviado, data de cadastro, tipo de acesso, e-mail, senha e data de validade da senha (renovável por 3 meses).
4. O administrador da aplicação deve ter acesso total a todas as informações geradas a partir do SS exceto às senhas dos demais usuários.
5. O SS deve permitir a verificação diária de usuários com senha expirada, bloqueando seu acesso a aplicação.
6. O SS deve bloquear o acesso do usuário quando este tentar entrar no sistema com senha errada, (3 tentativas consecutivas com senha incorreta bloqueia o acesso do usuário ao sistema por 1 dia; após 3 bloqueios consecutivos somente o administrador poderá desbloquear o acesso de um eventual usuário bloqueado).
7. O tempo de validade da senha deve ser de no mínimo 90 dias e de no máximo 180 dias. Esses limites podem ser mudados pelo administrador do sistema.
8. O SS deve permitir ao administrador desbloquear um usuário que tenha sido bloqueado por senha expirada, ou por tentativa de acesso ilegal.
9. O SS deve permitir ao usuário trocar sua senha a qualquer momento. Para tal, o usuário deverá informar a sua senha atual e a nova senha confirmando-a pelo menos mais uma vez.

10. Uma senha válida para o sistema deve conter doze caracteres sendo, quatro desses, caracteres numéricos.
11. O SS deve permitir que as operações de entrada e saída sejam executadas apenas por usuários com o nível de acesso adequado. A cada operação deve ser designado um nível e tal operação somente poderá ser executada por usuários de nível maior ou igual a ele.
12. O SS deve solicitar nome e senha do usuário apenas no momento de entrada no sistema. O usuário fica responsável por encerrar a conexão quando não for mais utilizar o sistema.
13. O SS deve permitir consultar o registro dos acessos efetuados pelos usuários do sistema e saber o ID, data e hora do acesso e o status do acesso (ok, senha ilegal, ID inexistente etc).
14. O SS deve fornecer ao administrador um relatório, relatando os usuários bloqueados dentro de um certo período. O relatório deve informar pelo menos os seguintes dados: ID do usuário e senha bloqueada.

Casos de uso elaborados para o SS proposto para o *framework* GREN

Os casos de uso são apresentados como uma sequência típica de eventos (Larman, 2000). Caso algum evento, mostrado nas tabelas, apresente outras alternativas para a sua realização, elas são apresentadas logo abaixo da tabela como uma sequência alternativa de eventos.

Com o objetivo de tornar visível, nos casos de uso elaborados, os eventos candidatos a se tornarem aspectos na fase de implementação foram adicionadas algumas marcações nesses caso de uso:

1. Para proporcionar a separação de eventos relacionados a requisitos funcionais do SS dos eventos relacionados a requisitos não funcionais, estes últimos aparecem delimitados (ou marcados) por colchetes “[]”. Os eventos relacionados a requisitos não funcionais são candidatos a serem implementados futuramente como funcionalidades (sugestões) dos aspectos.
2. Após a identificação e marcação dos eventos relacionados aos requisitos não funcionais, eles foram analisados e classificados em três interesses: Autenticação, Registro de acesso e Controle de acesso. Esses interesses são candidatos a serem implementados como aspectos em uma fase posterior do processo de desenvolvimento do sistema. Essa classificação pode ser visualizada em cada caso de uso por meio de uma letra sobrescrita após o fechamento do colchete “]”. Dessa forma, [evento]^A - indica que o evento descrito entre colchetes pertence ao interesse de *Autenticação*. [evento]^B - indica que o evento descrito entre colchetes pertence ao interesse de *Registro de acesso* e [evento]^C - indica que o evento descrito entre colchetes pertence ao interesse de *Controle de acesso*.

Tabela B.1: Caso de uso Entrar no Sistema.

Caso de uso 1: Entrar no Sistema (<i>Login</i>)	
Usuário	Sistema
1. Solicita operação <i>Entrar</i> no sistema	2. Recebe a solicitação e [apresenta a janela de <i>login</i>] ^A .
3. Informa o nome de usuário e senha de acesso ao sistema.	4. Checa a existência do usuário na tabela de usuários e checa a integridade da senha.
	5. Se o usuário existe e a senha confere, o sistema checa a data de validade da senha 5. 1 se a senha já estiver expirada o sistema bloqueia o <i>login</i> do usuário, informa que a sua senha expirou e [registra o nome do usuário que tentou se conectar ao sistema, a data e hora da tentativa e o status 'Usuário bloqueado'] ^B . 5. 2 se a senha ainda não expirou, o sistema permite acesso ao usuário, [desabilita as transações que não são acessíveis àquele usuário] ^C . [Registra o nome do usuário que tentou se conectar ao sistema, a data e hora da tentativa e o status 'Acesso permitido'] ^B . Se a senha estiver para expirar a 10, 5 ou 1 dia, o sistema informa o usuário sobre este fato.
	6. Após três tentativas de entrar no sistema com senha incorreta, o sistema bloqueará o acesso do usuário por um período de 24 horas, após esse período o acesso será desbloqueado automaticamente. Após o bloqueio o sistema enviará um aviso ao usuário informando-o sobre o bloqueio e que ele deve contatar o administrador se quiser desbloquear antes das 24 horas.
	7. O sistema informará o usuário se ele for bloqueado no sistema por três vezes consecutivas e pede que entre em contato com o administrador do sistema para desbloquear o seu acesso.

Seqüência Alternativa de Eventos:

Linha 5: Se o usuário não existe, o sistema informa “usuário não existe”, [registra o nome do usuário que tentou se conectar ao sistema, a data e a hora da tentativa e o status ‘Usuário não existe’]^B e [apresenta novamente a janela de *login*]^A.

Linha 5: Se o usuário existe e a senha não confere, o sistema informa “senha incorreta”, [registra o nome do usuário que tentou se conectar ao sistema, a data e a hora da tentativa e o status ‘Senha incorreta’]^B e [apresenta a janela de *login* novamente]^A. Após a segunda tentativa com senha incorreta, o sistema informa que bloqueará o acesso do usuário se este informar sua senha incorreta novamente.

Tabela B.2: Caso de uso Sair do Sistema

Caso de uso 2: Sair do Sistema (Logout)	
Usuário	Sistema
1. Solicita a operação de <i>Sair</i> do sistema.	2. Recebe a solicitação e [registra a data e a hora em que o usuário desconectou do sistema.] ^B . [Reconstrói o menu da aplicação, deixando disponível apenas as opções para <i>Entrar</i> e <i>Fechar</i> a aplicação e ocultando todos as demais opções do menu] ^C .

Tabela B.3: Caso de uso Manutenção de Usuários (Criar novo)

Caso de uso 3: Manutenção de Usuários (Criar novo)	
Usuário	Sistema
1. O usuário administrador seleciona a opção de <i>Manutenção => Usuário</i> .	2. O sistema apresenta uma janela onde será possível realizar a manutenção de usuários, a qual permite fazer <i>Inserção</i> , <i>Remoção</i> ou <i>Alteração</i> de usuários do sistema.
3. Caso a manutenção seja inserção - o usuário solicita a operação <i>Criar novo</i> objeto (usuário).	4 [O sistema verifica se o usuário tem permissão para executar a operação requisitada] ^C . 4. 1 se o usuário possui permissão para executar a operação requisitada o sistema habilita a interface para que o usuário possa entrar com as informações.
5. O usuário informa os dados do novo objeto (usuário) a ser persistido e seleciona a operação <i>salvar</i> .	6. O sistema trata da persistência dos dados do novo objeto criado.

Seqüência Alternativa de Eventos:

Linha 4.1: Se o usuário não possui permissão para executar a operação requisitada [o sistema deve informá-lo sobre este fato]^C.

Tabela B.4: Caso de uso Manutenção de Usuários (Remover)

Caso de uso 3: Manutenção de Usuários (Remover)	
Usuário	Sistema
1. O usuário administrador seleciona a opção de <i>Manutenção => Usuário</i> .	2. O sistema apresenta uma janela onde será possível realizar a manutenção de usuários, a qual permite fazer <i>Inserção</i> , <i>Remoção</i> ou <i>Alteração</i> de usuários do sistema.
3. Caso a manutenção seja remoção - o usuário escolhe o objeto a ser removido e seleciona a operação <i>remover</i> .	4 [O sistema verifica se o usuário tem permissão para executar a operação requisitada] ^C . 4. 1 se o usuário possui permissão para executar a operação requisitada o sistema remove o objeto a ser apagado da base de dados.

Seqüência Alternativa de Eventos:

Linha 4.1: Se o usuário não possui permissão para executar a operação requisitada [o sistema deve informá-lo sobre este fato]^C.

Tabela B.5: Caso de uso Manutenção de Usuários (Alterar)

Caso de uso 3: Manutenção de Usuários (Alterar)	
Usuário	Sistema
1. O usuário administrador seleciona a opção de <i>Manutenção</i> -> <i>Usuário</i> .	2. O sistema apresenta uma janela onde será possível realizar a manutenção de usuários, a qual permite fazer <i>Inserção</i> , <i>Remoção</i> ou <i>Alteração</i> de usuários do sistema.
3. Caso a manutenção seja alteração - o usuário seleciona o objeto a ser alterado, realiza as alterações e seleciona a operação <i>salvar</i> .	4 [O sistema verifica se o usuário tem permissão para executar a operação requisitada] ^C . 4.1 se o usuário possui permissão para executar a operação requisitada o sistema trata da persistência dos dados referentes ao objeto modificado.

Seqüência Alternativa de Eventos:

Linha 4.1: Se o usuário não possui permissão para executar a operação requisitada [o sistema deve informá-lo sobre este fato]^C.

Tabela B.6: Caso de uso Manutenção de Papéis (Criar novo)

Caso de uso 4: Manutenção de Papéis (Criar novo)	
Usuário	Sistema
1. O usuário administrador seleciona a opção de <i>Manutenção</i> => <i>Papéis</i> .	2. O sistema apresenta uma janela onde será possível realizar a manutenção de papéis, a qual permite fazer <i>Inserção</i> , <i>Remoção</i> ou <i>Alteração</i> de papéis do sistema.
3. Caso a manutenção seja inserção - o usuário solicita a operação <i>Criar novo</i> objeto (papel).	4 [O sistema verifica se o usuário tem permissão para executar a operação requisitada] ^C . 4.1 se o usuário possui permissão para executar a operação requisitada o sistema habilita a interface para que o usuário possa entrar com as informações.
5. O usuário informa os dados do novo objeto (papel) a ser persistido e seleciona a operação <i>salvar</i> .	6. O sistema trata da persistência dos dados do novo objeto criado.

Seqüência Alternativa de Eventos:

Linha 4.1: Se o usuário não possui permissão para executar a operação requisitada [o sistema deve informá-lo sobre este fato]^C.

Tabela B.7: Caso de uso Manutenção de Papéis (Remover)

Caso de uso 4: Manutenção de Papéis (Remover)	
Usuário	Sistema
1. O usuário administrador seleciona a opção de <i>Manutenção => Papéis</i> .	2. O sistema apresenta uma janela onde será possível realizar a manutenção de papéis, a qual permite fazer <i>Inserção, Remoção</i> ou <i>Alteração</i> de papéis do sistema.
3. Caso a manutenção seja remoção - o usuário escolhe o objeto a ser removido e seleciona a operação <i>remover</i> .	4 [O sistema verifica se o usuário tem permissão para executar a operação requisitada] ^C . 4. 1 se o usuário possui permissão para executar a operação requisitada o sistema remove o objeto a ser apagado da base de dados.

Seqüência Alternativa de Eventos:

Linha 4.1: Se o usuário não possui permissão para executar a operação requisitada [o sistema deve informá-lo sobre este fato]^C.

Tabela B.8: Caso de uso Manutenção de Papéis (Alterar)

Caso de uso 4: Manutenção de Papéis (Alterar)	
Usuário	Sistema
1. O usuário administrador seleciona a opção de <i>Manutenção => Papéis</i> .	2. O sistema apresenta uma janela onde será possível realizar a manutenção de papéis, a qual permite fazer <i>Inserção, Remoção</i> ou <i>Alteração</i> de papéis do sistema.
3. Caso a manutenção seja alteração - o usuário seleciona o objeto a ser alterado, realiza as alterações e seleciona a operação <i>salvar</i> .	4 [O sistema verifica se o usuário tem permissão para executar a operação requisitada] ^C . 4. 1 se o usuário possui permissão para executar a operação requisitada o sistema trata da persistência dos dados referentes ao objeto modificado.

Seqüência Alternativa de Eventos:

Linha 4.1: Se o usuário não possui permissão para executar a operação requisitada [o sistema deve informá-lo sobre este fato]^C.

Tabela B.9: Caso de uso Manutenção de Direitos (Atribuir direitos a um papel)

Caso de uso 5: Manutenção de Direitos (Atribuir direitos a um papel)	
Usuário	Sistema
1. O usuário administrador seleciona a opção de <i>Manutenção</i> -> <i>Direitos</i> .	2. O sistema apresenta uma janela onde será possível realizar a manutenção de direitos, a qual permite o usuário Administrador <i>Atribuir</i> e <i>Remover</i> direitos aos papéis registrados no sistema.
3. Caso a manutenção seja atribuir direitos a um papel - o usuário seleciona o papel desejado e em seguida informa todos os privilégios que deseja atribuir ao papel escolhido anteriormente e seleciona a operação <i>salvar</i> .	3.2 caso a manutenção realizada seja atribuir direitos a um papel, o sistema trata da persistência dos dados do novo objeto criado.

Tabela B.10: Caso de uso Manutenção de Direitos (Remover direitos de um papel)

Caso de uso 5: Manutenção de Direitos (Remover direitos de um papel)	
Usuário	Sistema
1. O usuário administrador seleciona a opção de <i>Manutenção</i> -> <i>Direitos</i> .	2. O sistema apresenta uma janela onde será possível realizar a manutenção de direitos, a qual permite o usuário Administrador <i>Atribuir</i> e <i>Remover</i> direitos aos papéis registrados no sistema.
3. Caso a manutenção seja remover direitos de um papel - o usuário seleciona o papel desejado em seguida seleciona todos os privilégios que deseja remover deste papel e seleciona a operação <i>remover</i> .	4 caso a manutenção realizada seja remover direitos de um papel, o sistema remove o objeto a ser apagado da base de dados.

Tabela B.11: Caso de uso Alterar Senha

Caso de uso 6: Alterar Senha (usuário comum e administrador do sistema)	
Usuário	Sistema
1. Seleciona a opção de <i>Manutenção</i> => <i>Alterar Senha</i>	2. Exibe janela para troca de senha. Solicita que o usuário informe a senha atual, a nova senha e uma confirmação da nova senha.
3. Usuário informa senha atual, nova senha e confirmação da nova senha.	
4. Usuário seleciona opção para confirmar a nova senha <i>Ok</i>	5. Sistema confere se a nova senha é válida. Regra: para ser válida a senha deve ser diferente da senha atual e deve possuir sendo, quatro desses, caracteres numéricos.
	5.1 se a senha for diferente da atual e válida grava a nova senha do usuário.

Sequência Alternativa de Eventos:

Linha 5: Se a senha for igual à senha atual, o sistema informará ao usuário “Senha inválida. Entre com uma nova senha.”

Tabela B.12: Caso de uso Desbloquear Usuário

Caso de uso 7: Desbloquear Usuário	
Usuário	Sistema
1. Solicita a operação <i>Desbloquear Usuário</i>	2. Sistema apresenta a janela na qual será realizado este tipo de manutenção.
3. Busca o usuário que deseja desbloquear a senha.	4. Devolve o usuário pesquisado.
5. Efetua o desbloqueio.	6. Grava a nova informação de desbloqueio para o usuário desbloqueado.

Baseando-se nos casos de uso elaborados, a seguir é apresentada uma lista de variabilidades previstas para o subsistema de controle de acesso:

1. Implementar o item 6 do caso de uso 1 Entrar no Sistema.
2. Tempo de validade da senha:
 - (a) Poderá ser instanciado com um valor *default* fixo de 3 meses;
 - (b) Poderá ser instanciado alterando o valor *default*;
 - (c) Permitir diferentes tempos para diferentes usuários.
3. Implementar uma regra para senha ou ter uma como *default*.

Documento de Requisitos do Sistema para Clínica Veterinária

Documento de Requisitos

Setembro de 2002

C.1 VISÃO GERAL DO SISTEMA

O sistema para a Clínica Veterinária Animal & Cia trata do gerenciamento das consultas realizadas em animais domésticos (por exemplo, cães e gatos). A consulta pode ser de rotina, mas pode implicar em diagnósticos que envolvam outros serviços a serem prestados pelo veterinário, como injeções, vacinação, cirurgias, etc. Além disso, o animal pode precisar de medicamentos, que podem ser adquiridos na própria clínica. A clínica possui também diversos produtos para venda, como rações, brinquedos, casas de madeira, shampoos, escovas, bebedouros, etc. Esses produtos podem ser vendidos separadamente, ou integrados a uma consulta. Diversos relatórios devem ser gerados pelo sistema para permitir a gestão adequada da clínica, como o relatório de estoque de medicamentos e produtos, consultas feitas em um determinado animal, relatório de vendas de produtos, etc.

C.2 REQUISITOS FUNCIONAIS

C.2.1 Lançamentos diversos

1. O sistema deve permitir a inclusão, alteração e remoção de *animais*, com os seguintes atributos: código do *animal*, nome do animal (opcional), identificação de seu proprietário (que é um *cliente*), data de nascimento (opcional), *espécie do animal*, raça, sexo e cor.
2. O sistema deve permitir a inclusão, alteração e remoção de *clientes*, com os seguintes atributos: código, nome, endereço, cidade, estado, telefone, documento, email.
3. O sistema deve permitir a inclusão, alteração e remoção de *espécie de animais*, com os seguintes atributos: código de identificação e espécie do animal.
4. O sistema deve permitir a inclusão, alteração e remoção de *raças*, com os seguintes atributos: código de identificação e descrição da raça.
5. O sistema deve permitir a inclusão, alteração e remoção dos diversos *produtos* vendidos na clínica veterinária, com os seguintes atributos: código do produto, descrição do produto, fabricante, categoria (se é alimento, acessórios, medicamento, etc.), preço de venda e quantidade em estoque.
6. O sistema deve permitir a inclusão, alteração e remoção das diversas *categorias de produtos*, com os seguintes atributos: código e descrição da categoria.
7. O sistema deve permitir a inclusão, alteração e remoção de veterinários da Animal & Cia, com os seguintes atributos: nome, endereço, cidade, estado, telefone residencial e telefone celular.
8. O sistema deve permitir a inclusão, alteração e remoção de *tipos de serviços* prestados durante a consulta, com os seguintes atributos: código de identificação, descrição do tipo de serviço e preço cobrado por hora.
9. O sistema deve permitir o processamento da *consulta de um animal*, com os seguintes atributos: data e hora da consulta, identificação do *cliente/animal* (previamente cadastrado), identificação do *veterinário* que efetuou a consulta, descrição dos sintomas do animal, identificação dos *serviços* executados como parte da consulta, relação de medicamentos e *produtos* usados na consulta e forma de pagamento.
10. O sistema deve permitir o processamento de *venda de produto*, com os seguintes atributos: data da venda, identificação do cliente (previamente cadastrado), relação de produtos adquiridos, valor total e forma de pagamento.

11. O sistema deve permitir as seguintes opções de *pagamento da consulta*: 1) à vista (em dinheiro ou cheque); 2) em 1 ou mais cheques pré-datados.

C.2.2 Impressão de diversos tipos de relatórios e consultas

1. O sistema deve permitir a impressão de uma listagem dos produtos/medicamentos em estoque, agrupados por categorias, contendo a descrição do produto, fabricante, preço, e quantidade em estoque.
2. O sistema deve permitir a impressão de um comprovante de *consulta*, contendo o nome do *cliente*, data e horário da consulta, nome do veterinário responsável, serviços prestados, produtos adquiridos e valores totais. Nesse mesmo comprovante deve ser mostrada a forma de pagamento escolhida e deve ser reservado um espaço para assinatura do cliente.
3. O sistema deve permitir a impressão de um relatório de animais, classificados por espécie, contendo: raça, nome do animal, nome do proprietário, data de nascimento, sexo e cor.
4. 15. O sistema deve permitir a impressão de uma consulta online mostrando todas as consultas realizadas em um determinado animal, agrupadas por espécie, contendo o nome do animal, raça, nome do proprietário, data da consulta, veterinário responsável, serviços realizados e valor total.
5. O sistema deve permitir a impressão de um relatório resumindo do faturamento da Animal & Cia. no período (por exemplo, semanal ou quinzenal), contendo, para cada dia do período, um resumo das consultas e vendas nesse dia.
6. O sistema deve permitir a impressão de um relatório contendo os cheques pré-datados a serem depositados no dia contendo o nome do cliente, a data do cheque e valor.

C.3 REQUISITOS NÃO FUNCIONAIS

C.3.1 Confiabilidade

1. O sistema deve ter capacidade para recuperar os dados perdidos da última operação que realizou em caso de falha.
2. O sistema deve fornecer facilidades para a realização de *backups* dos arquivos do sistema.
3. O sistema deve possuir senhas de acesso e identificação para diferentes tipos de usuários: administrador do sistema, veterinários e clientes que têm acesso ao sistema da clínica veterinária (em quiosques especiais).

C.3.2 Eficiência

- 1. O sistema deve responder a consultas on-line em menos de 5 segundos.
- 2. O sistema deve iniciar a impressão de relatórios solicitados dentro de no máximo 20 segundos após sua requisição.

C.3.3 Portabilidade

- 1. O sistema deve ser executado em computadores Pentium 200mHz ou superior, com sistema operacional Windows 98 ou acima.
- 2. O sistema deve ser capaz de armazenar os dados em base de dados Oracle ou Sybase.

C.3.4 Glossário

Termo	Descrição
Animal	Animal que é consultado na clínica, podendo ser de diversas <i>espécies</i> e <i>raças</i>
Backup	Cópia de segurança ou cópia de salvaguarda
Categoria de Produto	Diversas classificações nas quais os produtos vendidos pela clínica podem ser agrupados, por exemplo: medicamentos, alimentos, acessórios, etc.
Cliente	Proprietário de um ou mais <i>animais</i> que podem ser consultados na clínica.
Consulta	Evento no qual um <i>animal</i> comparece à clínica para ser feito um ou mais <i>serviços</i> como consulta para diagnóstico de doença, vacinação, etc., podendo-se também, durante a consulta, vender medicamentos ou outros <i>produtos</i> para animais.
Espécie do animal	Espécie na qual os animais são classificados, por exemplo, cães, gatos, etc.
Pagamento da Consulta	Pagamento que o proprietário do <i>animal</i> deve fazer referente aos serviços prestados pela clínica e produtos adquiridos durante a <i>consulta</i> .
Produto	Diversos bens vendidos pela clínica ao proprietário do <i>animal</i> , como por exemplo vacinas, remédios anti-piolhos, ração, bebedouro, shampoos, etc.
Raça	Raça específica de uma espécie de animal, por exemplo, um cão pode ser Labrador, Pastor alemão, Coker, Poodle, etc.
Tipo de Serviço	Serviço oferecido pela clínica ao <i>animal</i> , como por exemplo, vacinação, aplicação de injeções, banho, tosa, cirurgias, etc.
Veterinário	Profissional contratado pela clínica para efetuar <i>consulta em animais</i> que comparecem à clínica.

Alterações resultantes da evolução GREN-Wizard

A evolução realizada no GREN-Wizard não implicou em alteração na sua estrutura de classes, apenas foram acrescentados novos métodos, em algumas classes, relativos à instanciação das funcionalidades do SS. Na Tabela D.3 são apresentadas para cada classe do GREN-Wizard alterada, as respectivas variáveis de instância ou de classe adicionadas e os métodos criados, alterados e corrigidos nessas classes. Essa evolução também provocou impacto na base de dados do GREN-Wizard e em uma das classes do *framework* GREN. Na Tabela D.1 é apresentada a classe do GREN alterada e na Tabela D.2 é apresentada a alteração realizada na base de dados do GREN-Wizard.

Tabela D.1: Classes alteradas do *framework* GREN.

Classes	Variáveis Criadas (I)instância (C)classe	Métodos Criados	Métodos Alterados	Métodos Corrigidos
GRENApplicationMainForm			mainMenu	

Tabela D.2: Tabelas pertencente à base de dados do GREN-wizard alteradas.

Tabelas	Colunas Adicionadas	Colunas Removidas
Grenapplication	useAccessControl	

Tabela D.3: Classes alteradas do GREN-Wizard.

Classes	Variáveis Criadas (I)instância (C)classe	Métodos Criados	Métodos Alterados	Métodos Corrigidos
GRENApplication	useAccessControl (I)	useAccessControl useAccessControl: useAccessControlAsString appUsesAccessControl	initialize initialize:index: initializeWith: insertionFieldClause insertionValueClause updateSetClause	updateWhereClause
GRENApplicationForm	useAccessControl (I)	useAccessControl	initializeWithApp openInterface:with: closeAccept appSpec	
GrenWizardCodeGenerato		createAspectClasses initializeSystemInitialConfiguration aspectClassMethods interfaceClassMethods mainClassMethods createAccessControlSystemMethods addNewSubMenuItems: createAppMenu createMenuItem: createSubMenuItem: createAccessControlSystemOn:	createSpecAndResourceMethods overrideMainWindowHookMethods createSQLTables:path:	
GrenWizardGUI			generateApp	editBt changedApp

Documentação adicional do SS

E.1 Instalação do Subsistema de Segurança e do pacote de classes AspectS

- 1- Copiar os arquivos (extensões .pcl e .pst) para o diretório C:\Vw5i4nc\parcels: AspectS-041-5i4.* e AccessControl1.0.*.
- 2- Criar os *namespaces*: AspectS e AccessControlSystem. Siga as opções do menu Browse » All Namespaces, clique sobre Smalltalk, para que os novos *namespaces* fiquem abaixo dele e, novamente, vá ao menu Namespace » Add » Namespace. Aparecerá um *template* como mostrado abaixo. NameOfPool deve ser substituído pelo nome do novo *namespace*. O *namespace* AspectS deve importar apenas private Smalltalk.*, e o *namespace* AccessControlSystem, GREN.* e private Smalltalk.*. Clique o botão direito e Accept para gravar cada *namespace*.

```
Smalltalk defineNameSpace: #NameOfPool
private: false
imports: ' OtherNameSpace.*
private Smalltalk.* '
category: 'As yet unclassified'
```

- 3- Executar Tools » Load Parcel Named. Digite * <enter> e selecione o pacote AspectS-041-5i4.*. Clique OK.
- 4- Copiar os arquivos da pasta Message para C:\Vw5i.4nc\messages.

5- Executar, no *workspace* do VisualWorks, os seguintes comandos (selecione cada comando e execute do `it` com o botão direito do mouse)

```
IndexedFileMessageCatalog compileAllCatalogsInSearchDirectories
Locale installPTLocale
Locale set: #`pt_BR.CP1252'
```

E.2 Considerações sobre a instanciação

E.2.1 Classes concretas

Para dispor de todas as funcionalidades do SS é necessário criar apenas cinco classes concretas, sendo três classes de aplicação, as quais dizem respeito às classes implementadas segundo a proposta de POA e duas classe de interface. Uma das classes de interface representa a janela principal da aplicação e a outra a classe responsável pelo estabelecimento da configuração inicial da aplicação instanciada.

A Tabela E.1 e a Tabela E.2 contêm informação para a criação das classes concretas. Nas tabelas são apresentados os nomes das classes do SS a serem especializadas e uma sugestão para o nome das classes concretas a serem criadas. Outras classes que pertencem à implementação do SS, mas que não precisam ter classes correspondentes na aplicação concreta, não são mencionadas nessas tabelas.

Tabela E.1: Classes aspecto do SS X Classes aspecto da aplicação específica a serem criadas.

Superclasse do SS	Sugestão de nome da classe concreta
AccessControlSystem.AsAccessControl	AsAccessControlApp
AccessControlSystem.AsAccessLog	AsAccessLogApp
AccessControlSystem.AsAuthentication	AsAuthenticationApp

Tabela E.2: Classes de interface do SS X Classes de interface da aplicação específica a serem criadas.

Superclasse do SS	Sugestão de nome da classe concreta
AccessControlSystem.AccessControlMainWindow	NomeAplicaçãoEpeificaPrincipalWindow
AccessControlSystem.SystemInitialStateConfigurationForm	SystemInitialStateConfigurationAppForm

E.2.2 Métodos sobrepostos

A Tabela E.3 mostra quais métodos das classes aspecto do SS devem ser sobrepostos e a Tabela E.4 os métodos da camada GUI do SS.

Tabela E.3: Classes aspecto do SS X métodos a serem sobrepostos.

Nome da Superclasse	Protocolo	Nome do método a sobrepor	C/I	Corpo do método
AsAccessLog, AsAccessControl e AsAuthentication	abstractMethods	mainApplicationName	I	Retorna o nome da classe principal da aplicação que contém o menu da aplicação. Exemplo: ^VideolocadoraMainWindow
AsAccessControl	abstractMethods	applicationMenuName	I	Retorna o nome do método responsável por construir o menu da aplicação. Exemplo: ^videolocadoraMenu

Tabela E.4: Classes de interface do SS X métodos a serem sobrepostos.

Nome da Superclasse	Protocolo	Nome do método a sobrepor	C/I	Corpo do método
SystemInitialStateConfigurationForm	abstractMethods	mainApplicationName	C	Retorna o nome da classe principal da aplicação que contém o menu da aplicação. Exemplo: ^VideolocadoraMainWindow
		applicationMenu	C	Retorna o menu da aplicação. Exemplo: ^VideolocadoraMainWindow videolocadoraMenu
AccessControlMainWindow	classReferences	accessControlAspectName	I	Retorna o nome da classe especializada a partir da classe de aspecto AsAccessControl . Exemplo: ^Videolocadora.AsAccessControlApp
		accessLogAspectName	I	Retorna o nome da classe especializada a partir da classe de aspecto AsAccessLog . Exemplo: ^Videolocadora.AsAccessLogApp
		authenticationAspectName	I	Retorna o nome da classe especializada a partir da classe de aspecto AsAuthentication . Exemplo: ^Videolocadora.AsAuthenticationApp

E.2.3 Janela Principal/Menus

- i) A janela principal deve ser criada a partir da ferramenta CANVAS do VisualWorks. Para tal, crie um novo canvas e instale-o na classe principal da aplicação específica. A classe principal da aplicação, criada conforme informações da Tabela, E.2 deve herdar da classe AccessControlMainWindow do SS.
- ii) O menu da aplicação deve ser criado tomando-se como base o menu “accessControlMenu” oferecido pela implementação do Sistema de Segurança. Para tal use a ferramenta *MenuEditor* do VisualWorks, por meio da opção Load localize a classe AccessControlMainWindow na categoria “AccessControlSystem”, selecione o menu e personalize-o da forma desejada. As opções do menu nas quais a cláusula String esteja marcada com (RNFS) não devem ser removidas ou sobrepostas, pois estão diretamente relacionadas à execução das funcionalidades do SS.

E.2.4 Persistência

- i) Criar nova base de dados para armazenar as tabelas conforme instruções do manual de instanciação do GREN. O nome da base de dados deve ser o mesmo nome dado ao *namespace* da aplicação específica.

- ii) Montar um *script* SQL para criação das tabelas que irão armazenar os objetos persistentes da aplicação específica de acordo com as instruções do manual de instanciação do GREN.
- iii) O SS também apresenta objetos persistentes, os quais devem ser armazenados em tabelas na base de dados criada para a aplicação específica. O *script* para criação das tabelas referentes ao SS é mostrado abaixo, as tabelas deste *script* devem ser incluídas no *script* da aplicação específica obtido no item ii.

Início do script

```
use nomeDaBaseDeDados;
```

```
CREATE TABLE accesslog (  
  idCode integer NOT NULL default '0',  
  description char(35) default NULL,  
  isLastAccess char(5) default NULL,  
  loginTime char(11) default NULL,  
  loginDate date default NULL,  
  logoutTime char(11) default NULL,  
  logoutDate date default NULL,  
  status char(20) default NULL);
```

```
CREATE TABLE compositerole (  
  superiorRoleId integer NOT NULL default '0',  
  includeRoleId integer NOT NULL default '0');
```

```
CREATE TABLE protectionobject (  
  idCode integer NOT NULL default '0',  
  description char(70) default NULL,  
  protectionObjectSelector char(50) default NULL,  
  actionType char(1) default NULL);
```

```
CREATE TABLE rights (  
  roleId integer default NULL,  
  protectionObjectId integer default NULL,  
  accessType char(1) default NULL,  
  predicate char(1) default NULL);
```

```
CREATE TABLE role (  
  idCode integer NOT NULL default '0',
```

```

description char(35) default NULL,
Type char(1) default NULL);

CREATE TABLE user (
idCode integer NOT NULL default '0',
description char(35) default NULL,
userName char(20) default NULL,
registerDate date default NULL,
email char(30) default NULL,
password char(12) default NULL,
passwordDateVigour date default NULL,
RoleType integer default NULL,
passDaysVal int(3) default '90',
blockadeCounter integer default '0',
blockadeState int(1) NOT NULL default '0',
blockDate date default '1900-01-01',
blockTime time default '00:00:00');

quit

Fim do script

```

- iv) Executar o *script* final obtido pelos passos ii e iii conforme instruções do manual de instanciação do GREN.

E.2.5 Configuração do estado inicial da aplicação

Após completar a instanciação da aplicação específica é preciso configurar o seu estado inicial, ou seja, criar o papel Administrador, o usuário Administrador do Sistema, criar todos os objetos protegidos do sistema (menu/operações) e criar os direitos do papel Administrador sobre todas as operações e menus do sistema e armazenar todas essas informações na base de dados da aplicação específica. A implementação do SS oferece uma interface visual, apresentada na Figura E.1, que automatiza esta tarefa, dessa forma, para executá-la, o instanciador de aplicação deve apenas executar no *Workspace* do VisualWorks o comando descrito abaixo:

Videolocadora.SystemInitialStateConfigurationAppForm openWithSpec:#configSpec

i ii

- i - Nome do Namespace da aplicação específica instanciada.
- ii - Nome da classe especializada a partir da classe SystemInitialStateConfigurationForm, responsável pela iniciação da configuração, o nome dessa classe foi sugerido na Tabela E.2.

Figura E.1: Interface para configuração do estado inicial da aplicação instanciada

Os valores iniciais do nome de usuário e senha criados para o usuário Administrador do Sistema são, respectivamente, admin e admin123. Estas informações serão requisitadas pelo sistema de autenticação de usuários ao ser executada a aplicação específica e deverão ser modificados pelo usuário Administrador após o primeiro acesso ao sistema.

Hierarquia de Classes das novas versões do GREN e da GREN-wizard

F.1 Hierarquia de Classes do GREN

As classes da linguagem Smalltalk aparecem em *itálico*. As demais são classes do GREN.

Camada de Persistência

```
Object ()
  ConnectionManager ()
  OIDManager ('className' 'lastIdCode')
  PersistentObject ('isChanged' 'isPersisted')
```

Camada de Negócios

```
Object ()
  DatePeriod ('initialDate' 'finishingDate')
  DiscreteList ('values')
  PersistentObject ('isChanged' 'isPersisted')
    AbstractCalculator ('percentageRate')
      ExactNumberCalculator ('number')
        InterestRate ()
      NumberRangeCalculator ('lowerNumber' 'upperNumber')
        FineRate ()
    BusinessResourceTransaction ('number' 'date' 'observation' 'status' 'totalPrice'
      'totalDiscount' 'finalTotal' 'destinationParty'
      'TransQuantification')
    BasicMaintenance ('faultsPresented' 'tasks' 'parts' 'totalTasks' 'totalParts')
    MaintenanceQuotation ('expirationDate' 'maintenanceNumber')
```

```

    ResourceMaintenance ('exitDate' 'quotationNumber')
    BasicNegotiation ('freight' 'taxes' 'oldQty')
    BasicDelivery ('tradeNumber')
        PurchaseDelivery ()
        SaleDelivery ()
    ResourceTrade ('quotationNumber')
        BasicPurchase ()
        BasicSale ()
    ResourceRental ('finishingDate' 'returnDate' 'reservationNumber' 'fineValue')
    ResourceReservation ('period')
    BusinessResourceQuotation ('number' 'date' 'observation' 'status' 'sourceParty'
        'quotationItems' 'executor')
    Commission ('transaction' 'executor' 'date' 'aValue')
    LocationZoneStCond ('locationZoneIdCode' 'stCond' 'condition')
    MaintenancePart ('transaction' 'part' 'qty' 'cost')
    MaintenanceTask ('transaction' 'problemToSolve' 'laborDescription' 'hoursSpent' 'cost'
        'executor')
    NToNRelationship('obj1' 'obj2')
    Payment ('dueDate' 'paymentDate' 'installmentNumber' 'paymentType' 'value' 'status')
    PaymentStrategy ('transaction' 'installmentNumber')
        ImmediateReceiving ()
            Cash ('suppliedValue')
            MoneyOrder ('bank')
            ElectronicTransfer ('cardNumber' 'bank')
        LaterReceiving ()
            CashOnDelivery ('paymentForm')
            Check ('accountNumber' 'bank' 'checkNumber')
            CreditCard ('cardNumber' 'type' 'bank' 'expirationDate' 'paymentDay')
            Invoice ('invoiceNumber')
    QuotationItem ('transaction' 'destinationParty' 'resource' 'price' 'expirationDate'
        'quantity')
    ResourceInstance ('resourceIdCode' 'code' 'allocation' 'status')
    ResourceLot ('number' 'qty')
    ResourceStCond ('resourceIdCode' 'stCond' 'condition')
    StaticObject ('idCode' 'description')
        DestinationParty ()
        LocationZone ('capacity' 'storageConditions' 'storageLocationIdCode')
        MeasureUnity ()
        QualifiableObject ('types')
            NestedType ()
            Resource ('quantification')
                StockResource('cost' 'salePrice')
                StorableResource ('locationZone' 'storageConditions')
            SimpleType()
            Warehouse ('storageLocations')
        SourceParty ()
        StorageCondition ()
        StorageLocation ('locationZones' 'warehouseIdCode')
        TransactionExecutor ('specialty' 'percentage' 'minimumValue' 'salary')
    TransactionItem ('transaction' 'resource' 'aValue' 'itemQuantification')
    QuantificationStrategy ('resource')
        InstantiableResource ('instances')
        MeasurableResource ('quantityInStock' 'reSupplyLevel' 'measureUnity')
            LotableResource ('lotNumber')
        SingleResource ('status')
    TransactionQuantificationStrategy ('transaction')
        InstantiableResTransaction ('instanceCode')
        ItemQuantificationStrategy ('transactionItem')
            InstResTransItem ('instanceCode')

```

```

MeasResTransItem ('quantity')
LotResTransItem ('lotNumber')
SingleResTransItem ()
MeasurableResTransaction ('quantity' 'unitaryValue')
LotableResTransaction ('lotNumber')
SingleResTransaction ()
Label ('linesPerPage' 'spaces' 'rows' 'columns' 'title' 'header' 'showDate')
Report ('header' 'title' 'showDate' 'showPageNumber' 'linesPerPage' 'spaces' 'rows' 'columns')
ReportColumn ('number' 'label' 'width' 'group' 'classify' 'totalize' 'totalizeGroup'
'calculatePercentage')
ReportBySourceParty ('description' 'totalValue')
ReportDailyGains ('date' 'totalValue')
ReportMonthlyGains ('monthNumber' 'totalValue')
ReportMostTransacted ('resourceDescription' 'quantity')
ReportQuotation ('resourceDescription' 'destinationPartyDescription' 'price' 'expirationDate'
'quantity')

```

Camada de Interface com o Usuário

```

Object()
Model ('dependents')
ApplicationModel ('builder' 'uiSession')
BasicBusinessTransactionForm ('number' 'aTransaction' 'date' 'observation' 'status'
'totalPrice' 'totalDiscount' 'aDestinationParty' 'allDestinationParties'
'aSourceParty' 'allSourceParties' 'aExecutor' 'allExecutors' 'editing'
'inserting' 'finalTotal' 'basicBtnsCanvas' 'totalsCanvas'
'totalsCanvasSpec')
MultiResourceTransactionForm ('itemsSubform' 'itemsSpec')
MultiResourceRentalForm ('finishingDate' 'returnDate' 'reservationNumber'
'returning' 'fineValue')
MultiResourceNegotiationForm ('freight' 'taxes')
MultiResourceDeliveryForm ('tradeNumber')
MultiResourceTradeForm ('quotationNumber')
MultiResourceReservationForm ('beginDate' 'endDate')
OneResourceTransactionForm ('aResource' 'allResources' 'instanceCode' 'quantity'
'unitaryValue' 'lotNumber')
OneResourceReservationForm ('beginDate' 'endDate')
InstantiableResReservationForm ()
OneResourceMaintenanceForm ('faultsPresented' 'exitDate' 'closing')
OneResourceMaintNPNTForm ('tasks' 'parts')
OneResourceMaintWPWTForm ('tasks' 'parts')
OneResourceMaintQuotForm ('faultsPresented' 'expirationDate' 'effectuated')
OneResourceMaintQuotationNPNTForm ('tasks' 'parts')
OneResourceMaintQuotationWPWTForm ('tasks' 'parts')
OneResourceRentalForm ('finishingDate' 'returnDate' 'reservationNumber'
'returning' 'fineValue')
InstantiableResourceRentalForm ()
MeasurableResourceRentalForm ()
OneResourceNegotiationForm ('freight' 'taxes')
OneResourceDeliveryForm ('tradeNumber')
OneResourceTradeForm ()
InstantiableResourceTradeForm ()
MeasurableResourceTradeForm ()
BasicQuotationForm ('number' 'aTransaction' 'date' 'observation' 'status'
'chosenDestinationPartiesList' 'chosenResourcesList'
'allDestinationParties' 'aResource' 'allResources'
'aSourceParty' 'allSourceParties' 'aExecutor' 'allExecutors'
'editing' 'inserting' 'basicBtnsCanvas')
ExactNumberCalculatorForm ('aFineRate' 'percentageRate' 'number')

```



```

InterestRateForm {}
GRENApplicationMainForm {}
GRENApplicationModel {'parentApplication'}
BasicButtonsForm {}
    BasicReturnButtonsForm {}
BasicNvgButtonsForm {}
BasicTotalsForm {'totalPrice' 'totalDiscount' 'finalTotal'}
    BasicMaintenanceTotalsForm {'totalPart' 'totalTask'}
    BasicRentalTotalsForm {'fineValue' 'saleValue'}
    BasicTradeTotalsForm {'freight' 'taxes'}
CreateListForm({'nameList' 'valuesList' 'isChanged'})
    DiscreteListForm{}
    TableListForm{}
MaintenancePartForm {'partDescription' 'qty' 'cost' 'total' 'subtotal'
    'partsUsedList' 'editing' 'inserting' 'aPartUsed'
    'allParts' 'isChanged'}
MaintenanceTaskForm {'laborDescription' 'hoursSpent' 'problemToSolve' 'total'
    'cost' 'tasksList' 'editing' 'inserting' 'aTask' 'aExecutor'
    'allExecutors' 'isChanged'}
NTtoNRRelationshipForm {'selectedList' 'completeList' 'isChanged'}
PaymentForm {'aPayment' 'allInstallments' 'isSaved' 'dueDate' 'paymentDate'
    'installmentNumber' 'totalValue' 'status' 'interest' 'fine'
    'totalInstallments' 'suppliedValue' 'changeValue' 'cardNumber'
    'type' 'bank' 'accountNumber' 'checkNumber' 'invoiceNumber'
    'expirationDate' 'paymentDay' 'paymentForm'}
QualificationForm0 {}
QualificationForm1 {'resourceType1' 'allResourceTypes1'}
    QualificationForm2 {'resourceType2' 'allResourceTypes2'}
        QualificationForm3 {'resourceType3' 'allResourceTypes3'}
            QualificationForm4 {'resourceType4' 'allResourceTypes4'}
TransactionItemsDataSetForm {'resource' 'aValue' 'quantity' 'instanceCode'
    'lotNumber' 'rowsList' 'itemsList' 'selectedItem'}
NumberRangeCalculatorForm {'aFineRate' 'allFineRates' 'percentageRate' 'lowerNumber'
    'upperNumber'}
    FineRateForm {}
StaticObjectForm {'aStaticObject' 'allStaticObjects' 'w_idCode' 'w_description'
    'navigationBtns' 'basicBtnsCanvas'}
DestinationPartyForm {}
LocationZoneForm {'storageConditions' 'capacity' 'storageLocationDescr'
    'warehouseDescr' 'allStorageConditions'}
MeasureUnitForm {}
QualifiableObjectForm {'typesCanvas' 'typesCanvasSpec'}
    ResourceForm {}
        InstantiableResourceForm {'instancesList' 'selectedInstance' 'selectedRow'}
        MeasurableResourceForm {'quantityInStock' 'reSupplyLevel' 'measureUnit'
            'allMeasureUnits'}
        SingleResourceForm {'status'}
        WarehouseForm {'storageLocations'}
    SourcePartyForm {}
    StorageConditionForm {}
    StorageLocationForm {'locationZones' 'warehouseDescr'}
    TransactionExecutorForm {'specialty' 'percentage' 'minimumValue' 'salary'}
SimpleDialog (...)
    DatePeriodForm {'aDatePeriod' 'initialDate' 'finishingDate'}
    LanguageModificationForm {'language'}
    QuotationItemForm {'quantity' 'expirationDate' 'price' 'quotationForm'
        'aQuotationItem' 'destPartList' 'resourceList'}
    ResourceInstanceForm {'aResourceInstance' 'code' 'allocation' 'status'}
    StorageForm {'aResource' 'locationZoneDescr' 'storageConditions'}

```

```

        'allLocationZones' 'allStorageConditions')
TransactionItemForm ('anItem' 'transactionNumber' 'resourceDescription' 'aValue'
    'resourcesList' 'quantity' 'instanceCode' 'lotNumber' 'editing')
RentalItemForm ()

```

Camada do Subsistema de Segurança

Na hierarquia de classes apresentada a seguir, as classes em *itálico* pertencem à linguagem Smalltalk, as classes em *itálico* e precedidas de um sinal de asterisco (*) já faziam parte da hierarquia de classes do GREN e são citadas para indicar de quais classes do GREN as classes do Subsistemas de Segurança foram especializadas. A Classe *AsAspect* pertence ao pacote de classes *AspectS*, a partir do qual as classes aspecto do SS foram especializadas.

```

Object ()
    AsAspect ('receivers' 'senders' 'senderClasses' 'projects' 'clientAnnotations' 'advice'
        'installed')
    AsAccessControl ()
    AsAccessLog ()
    AsAuthentication ()
    Login ('userName' 'password')
    * PersistentObject ('isChanged' 'isPersisted')
    CompositeRole ('superiorRoleId' 'includeRoleId')
    Rights ('roleId' 'protectionObjectId' 'accessType' 'predicate')
    AdminRight ()
    * StaticObject ('idCode' 'description')
    AccessLog ('isLastAccess' 'loginTime' 'loginDate' 'logoutTime' 'logoutDate' 'status')
    ProtectionObject ('protectionObjectSelector' 'actionType')
    Role ('type')
    AdminRole ()
    User ('userName' 'registerDate' 'email' 'password' 'passwordDateVigour' 'roleType'
        'passDaysVal' 'blockadeCounter' 'blockadeState' 'blockadeTime')
    Administrator ()
Model ('dependents')
    ApplicationModel ('builder' 'uiSession')
    * GRENApplicationMainForm ()
    AccessControlMainWindow ('aLogin' 'aLoggedInUser' 'isLoggedIn' 'aspectAccessControl'
        'aspectAccessLog' 'aspectAuthentication')
    RightsForm ('w_allRights' 'w_subRights' 'w_allRoles' 'selectAllRights'
        'selectedRoleLb')
    SimpleDialog ('close' 'accept' 'cancel' 'preBuildBlock' 'postBuildBlock'
        'postOpenBlock' 'escapeIsCancel' 'parentView')
    AlterPasswordForm ('aLU' 'w_userName' 'w_password' 'w_newPassword'
        'w_confirmPassword')
    LoginForm ('w_userName' 'w_password' 'aUser' 'allUsers' 'counter' 'loginWarnMsg')
    SystemInitialStaticConfigurationForm ('adminUser' 'protectedObjects' 'adminRole'
        'adminRights' 'result')
    * StaticObjectForm ('aStaticObject' 'allStaticObjects' 'w_idCode' 'w_description'
        'navigationBtns' 'basicBtnsCanvas')
    RoleForm ('w_roleType' 'w_aSubRole' 'allSubRoles' 'flag' 'flag2')
    UserForm ('w_userName' 'w_registerDate' 'w_email' 'w_password'
        'w_passwordDateVigour' 'w_blockadeCounter' 'w_daysNumber' 'aRoleType'
        'allRolesTypes' 'daysAddDate' 'blockadeState')

```

F.2 Hierarquia de Classes da Ferramenta GREN-Wizard

Como pode ser observado na hierarquia de classes apresentada nesta seção, a evolução da ferramenta GREN-Wizard não implicou na criação de novas classes. As modificações foram as seguintes: inserção de um novo atributo (`useAccessControl`) nas classes `GRENApplication` e `GRENApplicationForm`, precedidas por dois sinais de asterisco (**), e criação e modificação de alguns métodos que podem ser visualizado no Apêndice D.

```
Object ()
  GRNHistory ('aHistory' 'appIdCode')
  PersistentObject ('isChanged' 'isPersisted')
    AppClass ('appClassIdCode' 'appIdCode' 'patternNumber' 'variantNumber' 'classNumber'
              'name' 'plural')
      TempAppClass()
    AppClassAttribute ('appIdCode' 'appClassName' 'sequentialNb' 'patternAttributeName'
                      'attributeName' 'attributeType' 'attributeLength' 'canDelete')
    AppliedPattern ('patternNumber' 'variantNumber')
    AppReport ('appIdCode' 'sequentialNb' 'reportNb' 'title')
    AttributeMapping ('p_name' 'p_type' 'p_length'
                     'app_name' 'app_type' 'app_length' 'canDelete')
    ClassMethod ('seq' 'className' 'methodName' 'methodType' 'protocolName' 'preCondition'
                 'methodName')
      ClassAttrMethod ()
      ClassSpecialTypeMethod('attrType')
    Element ('appIdCode' 'sequentialNb' 'patternNumber' 'variantNumber'
             'transactionClassName' 'resourceClassName' 'assocTransClassName')
      OldElement ('visited' 'toBeDeleted')
    EquivalentPatternClass ('patternNumber' 'variantNumber' 'classNumber'
                           'ePatternNumber' 'eVariantNumber' 'eClassNumber')
    ** GRENApplication ('idCode' 'name' 'databaseName' 'language' 'databaseLocation'
                       'aGRNHistory' 'oldGRNHistory' 'useAccessControl')
    GRENReport ('superClassName' 'grenReportMethod' 'methodNb' 'reportType')
    NextPattern ('patternNumber' 'nextPattern')
    Pattern ('patternNumber' 'patternName' 'specName' 'mandatory')
    PatternClass ('patternNumber' 'variantNumber' 'classNumber' 'className' 'pluralClassName'
                  'superClassName' 'refCode' 'canIncludeAttribute' 'mandatory')
    PatternClassAttribute ('patternNumber' 'variantNumber' 'classNumber' 'attributeName'
                           'attributeType' 'attributeLength' 'isMandatory')
    PatternClassForm ('refCode' 'seq' 'patternNumber' 'variantNumber' 'superClassName'
                      'specName' 'addToMenu' 'nextHorizontal' 'nextVertical')
    PatternReport ('patternNumber' 'className' 'operation' 'reportNb' 'grenReportMethod'
                  'grenReportTitleMethod' 'methodNb')
    PatternVariant ('patternNumber' 'variantNumber' 'description')
    SelectableReport ('number' 'name' 'title' 'wasSelected')
    StaticObject ('idCode' 'description')
      AttributeType ('initializeString')
      TypeAppClass('appIdCode' 'appClassName' 'plural ')
Model ('dependents')
  ApplicationModel ('builder' 'uiSession')
    GRENApplicationMainForm ()
      GrenWizardGUI ('aPatForm' 'editing' 'app' 'appsList' 'sequenceNb' 'transName'
                     'transPlName' 'resName' 'resPlName' 'assocTransName'
                     'lastNonLeafSeqNb' 'updateRes' 'updateTrans' 'isChanged'
                     'lastVisited' 'newGeneratedApp' 'aGenWin')
    GRENApplicationModel ('parentApplication')
      AttributeMappingForm ('anAttribute' 'aClassName' 'allAttributes' 'app_length')
```

```

        'p_type' 'app_type' 'app_name' 'p_name' 'sequentialNb'
        'p_length' 'isChanged' 'rolePlayed')
AttributesImportation ('classesPlayingRole' 'listOfAddedAttributes'
        'aSuperClassName')
GenerationWindow ('consistency' 'application' 'attributes' 'interface'
        'menus' 'methods')
GrenWizardCodeGenerator ('app' 'appNameSpace' 'menuClass' 'aConcreteClassName'
        'anAddedAttribute' 'aClassMethod')
PatternForm ('wasApplied' 'wasSkipped' 'patternNumber' 'variantApplied'
        'allVariants' 'variantChosen' 'nextPattern' 'nextPatternChosen'
        'allNextPatterns' 'currentElement' 'adding' 'onlyRevisiting'
        'class1Name' 'class2Name' 'class3Name' 'class4Name' 'class5Name'
        'class6Name' 'class7Name' 'class8Name' 'class9Name' 'class10Name'
        'class11Name' 'class12Name' 'plClass1Name' 'plClass2Name'
        'plClass3Name' 'plClass4Name' 'plClass5Name' 'plClass6Name'
        'plClass7Name' 'plClass8Name' 'plClass9Name' 'plClass10Name'
        'plClass11Name' 'plClass12Name')
ReportsSelection ('aTitle' 'history' 'appliedPatterns' 'selectedReports'
        'listOfReports' 'listOfClasses' 'isChanged')
HtmlForms ('introductionText')
AttributeListForm('listApp_type' 'list_tables' 'list_attributes' 'isChanged')
        AttributeDiscreteListForm()
        AttributeTableListForm()
CreateListForm('nameList' 'valuesList' 'isChanged')
        DiscreteListForm()
        TableListForm()
PatternLanguageDatabase {}
SimpleDialog ('close' 'accept' 'cancel' 'preBuildBlock' 'postBuildBlock'
        'postOpenBlock' 'escapeIsCancel' 'parentView')
** GRENAApplicationForm ('anApplication' 'idCode' 'name' 'databaseName' 'language'
        'databaseLocation' 'useAccessControl')

```