

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE
SISTEMAS

NICOLAS BENTO

**Framework AOP utilizando técnicas de
Byte Code Engineering**

Trabalho de Conclusão apresentado como
requisito parcial para a obtenção do grau de
Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de
Sistemas

Prof. Márcio Torres
Orientador

Rio Grande, fevereiro de 2014

CIP – CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

Bento, Nicolas

Framework AOP utilizando técnicas de Byte Code Engineering / Nicolas Bento. – Rio Grande: TADS/FURG, 2014.

41 f.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (tecnólogo) – Universidade Federal do Rio Grande. Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, Rio Grande, BR-RS, 2014. Orientador: Márcio Torres.

1. AOP, Byte Code Engineering, Meta-programação, Framework, Soc. I. Torres, Márcio. II. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE

Reitor: Prof. Cleuza Maria Sobral Dias

Pró-Reitor de Graduação: Prof. Denise Varella Martinez

Coordenador do curso: Prof. Tiago Lopes Telecken

FOLHA DE APROVAÇÃO

Monografia sob o título "*Framework AOP utilizando técnicas de Byte Code Engineering*", defendida por Nicolas Dias Bento e aprovada em ?? de ?? de ???, em Rio Grande, estado do Rio Grande do Sul, pela banca examinadora constituída pelos professores:

Prof. Márcio Torres
Orientador

Prof. NOME
IFRS - Campus Rio Grande

Prof. NOME
IFRS - Campus Rio Grande

"A mente que se abre a uma nova ideia jamais volta ao seu tamanho original."

— ALBERT EINSTEIN

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ...

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	9
LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE TABELAS	13
RESUMO	15
1 INTRODUÇÃO	17
2 ASPECT ORIENTED PROGRAMMING	19
2.1 O que é?	19
2.2 História	19
2.3 Principais conceitos	20
2.4 Benefícios	21
3 BYTE CODE ENGINEERING	23
4 METAPROGRAMAÇÃO	25
4.1 O que é?	25
4.2 Benefícios	25
4.3 Principais conceitos	25
4.4 Anotações em Java	26
4.4.1 Definição	26
4.4.2 Conceitos	26
4.4.3 Utilidades	27
4.4.4 Exemplo	27
4.5 Reflexão em Java	28
4.5.1 Quando utilizar?	28
4.5.2 Funcionamento	28
4.5.3 Lendo anotações	28
5 FERRAMENTAS UTILIZADAS	29
6 SOLUÇÕES EXISTENTES	31
6.1 PostSharp	31
6.2 AspectJ	31

7	O FRAMEWORK	33
7.1	Análise e projeto	33
7.2	Implementação	33
8	ESTUDO DE CASO - INSTRUMENTAÇÃO	35
9	CONCLUSÃO	37
	REFERÊNCIAS	39
	GLOSSÁRIO	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AOP	<i>Aspect Oriented Programming</i> (Programação Orientada a Aspectos)
SoC	<i>Separation of concerns</i> (Separação de Interesses)
OOP	<i>Object Oriented Programming</i> (Programação Orientada a Objetos)
PARC	<i>Palo Alto Research Center</i> (Centro de Pesquisa Palo Alto)
SQL	<i>Structured Query Language</i> (Linguagem de Consulta Estruturada)
YAGNI	<i>You aren't gonna need it</i> (Você não vai precisar dele)
XP	<i>Extreme Programming</i> (Programação Extrema)

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1:	Funcionamento de AOP.	20
Figura 4.1:	Criando uma anotação.	27
Figura 4.2:	Utilizando uma anotação.	27
Figura 4.3:	Lendo informações de uma anotação.	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Comparação entre conceitos de AOP e OOP	21
---	----

RESUMO

Resumo ...

Palavras-chave: AOP, Byte Code Engineering, Meta-programação, Framework, Soc.

1 INTRODUÇÃO

2 ASPECT ORIENTED PROGRAMMING

Neste capítulo será abordado de forma geral o paradigma de programação orientada a aspectos. Será falado um pouco da história deste paradigma, passando de forma objetiva pelos principais conceitos e benefícios, trazendo as informações necessárias para a compreensão superficial deste paradigma.

2.1 O que é?

AOP é um paradigma de programação que foi construído tomando como base outros paradigmas(OOP e *procedural programming*), cujo o principal objetivo seria a modularização de interesses transversais, utilizando um dos paradigmas base na implementação dos interesses centrais. A forma como AOP e o paradigma base se integram se dá com a utilização de aspectos que determinam a forma como os diferentes módulos se relacionam entre si na formação do sistema final. (LADDAD, 2003)

2.2 História

Após um grande período de estudos, pesquisadores chegaram a conclusão que para desenvolver um software de qualidade era fundamental separar os interesses do sistema, ou seja, deveria então ser aplicado o princípio de *Separation of Concerns* (SoC)¹. Em 1972, David Parnas escreveu um artigo, que tinha como proposta aplicar SoC através de um processo de modularização, onde cada módulo deveria esconder as suas decisões de outros módulos. Passado alguns anos, pesquisadores continuaram a estudar diversas formas de separação de interesses. OOP foi a melhor, se tratando de separação de interesses centrais, mas quando se tratava de interesses transversais, acabava deixando a desejar. Diversas metodologias— *generative programming*, *meta-programming*, *reflective programming*, *compositional filtering*, *adaptive programming*, *subject-oriented programming*, *aspect oriented programming*, e *intentional programming*— surgiram como possíveis abordagens para modularização de interesses transversais. AOP acabou se tornando a mais popular entre elas. (LADDAD, 2003)

Em 1997 Gregor Kiczales e sua equipe descreveram de forma sólida o conceito de Programação Orientada a Aspectos, durante um trabalho de pesquisa realizado pelo PARC, uma subsidiária da *Xerox Corporation*. O documento descreve uma solução complementar a OOP, ou seja, seriam utilizados "aspectos", que iriam encapsular as preocupações transversais, de forma a garantir a reutilização por outros módulos de um sistema. Sugeriu

¹Para saber mais sobre SoC consulte o Glossário.

também diversas implementações de AOP, servindo como base para a criação do AspectJ², uma linguagem AOP muito difundida nos dias de hoje.(GROVES, 2013)

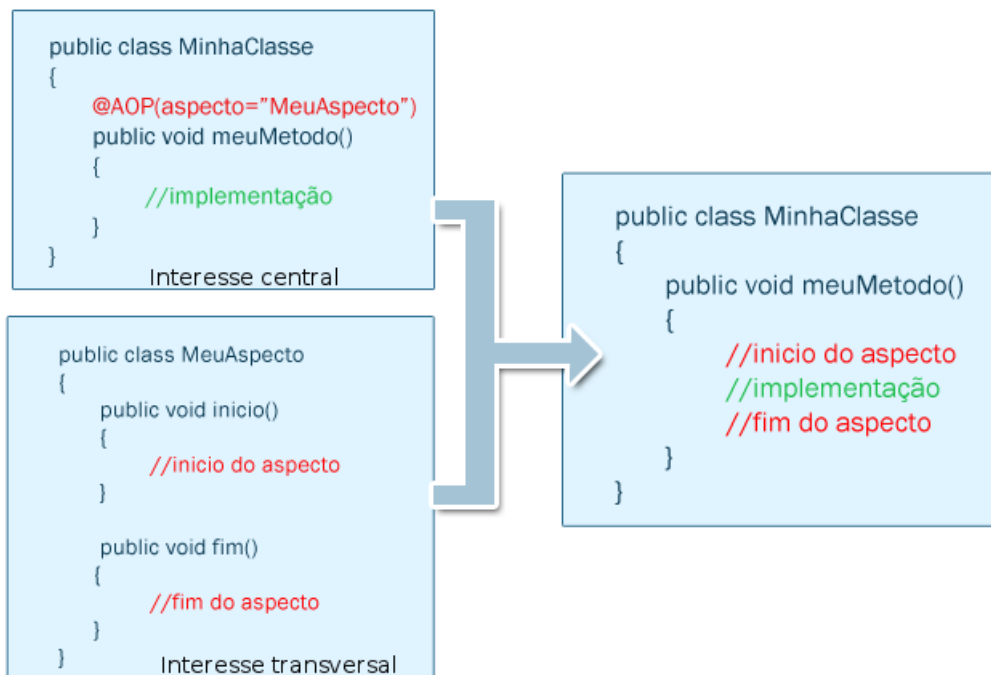


Figura 2.1: Funcionamento de AOP.

2.3 Principais conceitos

Para entender melhor o funcionamento de AOP, é preciso compreender seus principais conceitos.

Os 5 principais conceitos de AOP são:

Aspecto (*aspect*) - pode ser definido como um interesse transversal, ou seja, interesse onde sua implementação é espalhada por diversos módulos ou componentes de um sistema.

Ponto de junção (*joinpoint*) - podem ser definidos basicamente como pontos bem definidos na execução de um programa.

Ponto de corte (*pointcut*) - em AOP um *pointcut* pode ser representado como um agrupamento de pontos de junção.

Conselho (*advice*) - é a implementação de determinado interesse transversal, sendo executado quando determinado *pointcut* é ativado, podendo ser executado antes(*before*), em torno (*around*) ou depois (*after*) da execução de um ponto de junção.

Introdução (*introduction*) - é quando um aspecto introduz algumas mudanças em classes, interfaces, métodos. Por exemplo, pode-se acrescentar uma variável ou método a uma classe existente. (LADDAD, 2003)

²No final dos anos 90, a Xerox Corporation, transferiu o projeto AspectJ para a comunidade Open Source em eclipse.org.

Podemos também comparar os conceitos de AOP com os principais conceitos de OOP:

Tabela 2.1: Comparação entre conceitos de AOP e OOP

AOP	OOP
<i>Aspect</i>	Classe
<i>Advice</i>	Método
<i>Joinpoint</i>	Atributo

Pointcut não se encaixa em nenhum conceito de orientação a objetos, mas podemos comparar um *pointcut* com um gatilho(*trigger*) da linguagem SQL (*Structured Query Language*).

2.4 Benefícios

De forma geral podemos dizer que todo paradigma possui seus prós e contras, sendo assim dificilmente encontraremos uma metodologia que resolva todos os nossos problemas da melhor maneira. Com AOP não é diferente, mas devemos considerar sua larga escala de benefícios:

- Separação de interesses e Alta modularização - com AOP podemos separar o projeto em módulos responsáveis por implementar apenas os interesses centrais do sistema, possuindo assim um acoplamento mínimo que extingui o código duplicado, fazendo com que o sistema fique muito mais fácil de entender e manter, colocando os interesses transversais (aspectos) em módulos completamente diferentes. (LADDAD, 2003)
- Fácil evolução - utilizando AOP o sistema fica muito mais flexível quando se trata da adição de novas funcionalidades, fazendo com que a resposta às exigências se tornem mais rápidas.
- Foco na prioridade - o arquiteto do projeto pode se concentrar nos requisitos básicos atuais do sistema, os novos requisitos que abordam interesses transversais poderão ser tratados facilmente com a criação de novos aspectos. AOP trabalha em harmonia com métodos ágeis, por exemplo apóia a prática YAGNI ("You aren't gonna need it")³, do *Extreme Programming* (XP)⁴. (LADDAD, 2003)
- Maior reutilização de código - a chave para a reutilização de código definitiva é uma implementação flexível, com AOP é possível pois cada aspecto é implementado como um módulo distinto, se tornando adaptável a implementações equivalentes convencionais. (LADDAD, 2003)
- Aumento na produtividade - o ciclo do projeto se torna mais rápido, a grande reutilização usada em AOP, faz com que o tempo de desenvolvimento seja reduzido, diminuindo também o tempo de implantação e o tempo de resposta às novas exigências de mercado. (LADDAD, 2003)

³Em português significa "Você não vai precisar dele". Para saber mais sobre YAGNI consulte o Glossário.

⁴É um dos métodos ágeis mais utilizados na atualidade.

- Redução de custos e aumento da qualidade - com a implementação dos interesses transversais em módulos distintos, o custo de implementação cai bastante, fazendo com que o desenvolvedor concentre-se mais nos interesses centrais, criando um produto de qualidade e com o custo reduzido.

3 BYTE CODE ENGINEERING

4 METAPROGRAMAÇÃO

Neste capítulo serão introduzidos os principais conceitos de metaprogramação, falando também dos principais benefícios em aplicar esta metodologia em seus programas. Também é apresentado neste capítulo informações relevantes sobre o uso de anotações e reflexão na linguagem Java.

4.1 O que é?

Metaprogramação por sua vez, pode ser definida como sendo um programa de computador que escreve e/ou manipula programas em tempo de execução ou compilação, fazendo com que o programa se adapte a diferentes circunstâncias, podendo controlar, monitorar ou invocar a si mesmo, visando alcançar as funcionalidades desejadas. (HAZZARD; BOCK, 2013)

4.2 Benefícios

O uso de metaprogramação no desenvolvimento de software pode trazer uma série de benefícios tanto para a empresa, quanto para o desenvolvedor, entre alguns dos principais benefícios estão:

- Simplicidade - com metaprogramação temos a possibilidade de adaptar um único bloco de código a diversas situações, sem que haja geração de código, fazendo com que suas classes se tornem simples e ao mesmo tempo pequenas em comparação a outros programas que não usam esta abordagem.
- Adaptação em tempo real - podemos fazer uma análise minuciosa do programa em tempo de execução, fazendo com que alterações no modelo de dados da aplicação sejam percebidas em tempo real, ou seja, tornando o sistema altamente configurável sem a necessidade de compilação do projeto.

4.3 Principais conceitos

Para entender melhor a metaprogramação, é necessário compreender seus princípios (conceitos) básicos:

Metalinguagem linguagem usada para escrever um metaprograma.

Metaprograma representa um conjunto de componentes semelhantes que contém funcionalidades diferentes, que podem ser instanciados através de parametrização de

modo a criar uma instância do componente específico. (DAMAŠEVIČIUS; ŠTUIKYS, 2008)

Metadados são dados estruturados ou codificados que descrevem as características das entidades, portando informações que visam auxiliar na identificação, descoberta, avaliação e gestão das entidades descritas.(ASSOCIATION et al., 1999)

Reflexão é a capacidade de um programa em observar e modificar, possivelmente, a sua estrutura e comportamento, fazendo com que a própria linguagem de programação faça o papel de metalinguagem.(MALENFANT; JACQUES; DEMERS, 1996)

4.4 Anotações em Java

Metadados estão disponíveis na linguagem Java a partir da versão 5, representados através de anotações (*annotations*), sendo apresentada como uma das principais novidades no lançamento desta versão.

4.4.1 Definição

Uma anotação associa uma informação arbitrária ou um metadado com um elemento de um programa Java. Cada anotação tem um nome e zero ou mais membros. Cada membro tem um nome e um valor, e são estes pares *nome = valor* que carregam as informações da anotação. (FLANAGAN, 2005)

Anotações são um tipo especial de interface, designado pelo caractere @ que é precedido da palavra-chave *interface*. Anotações são aplicados aos elementos do programa, ou também em outras anotações, com o intuito de fornecer informações adicionais.(ARNOLD; GOSLING; HOLMES, 2000)

4.4.2 Conceitos

As anotações em Java possuem alguns conceitos importantes que devem ser compreendidos:

Tipo de anotação (*annotation type*) - O nome de uma anotação, bem como os nomes, tipos e valores padrão de seus membros são definidos pelo tipo de anotação. Um tipo de anotação é essencialmente uma interface Java com algumas restrições sobre seus membros.(FLANAGAN, 2005)

Membro de anotação (*annotation member*) - Os membros de uma anotação são declarados em um tipo de anotação como métodos sem argumentos. O nome do método e o tipo de retorno define o nome e o tipo do membro. (FLANAGAN, 2005)

Anotação marcadora (*marker annotation*) - É um tipo de anotação que não define membros, ou seja, uma anotação desse tipo traz informações simplesmente pela sua presença ou ausência.(FLANAGAN, 2005)

Meta-anotação (*meta-annotation*) - são anotações utilizadas para descrever o comportamento de um tipo de anotação.(HORSTMANN; CORNELL, 2004)

Alvo (*target*) - elemento do programa que será anotado.

Retenção (*retention*) - é a especificação do tempo em que a informação contida na anotação é mantida. A especificação deste tempo é feita através de uma meta-anotação. (FLANAGAN, 2005)

4.4.3 Utilidades

Utilizando anotações em java podemos adicionar diversas funcionalidades e recursos ao software, sem que haja dependências com as classes.

Dentre as principais utilidades em usar anotações estão:

- Fornecer informações ao compilador - por exemplo, podemos utilizar este recurso para detectar erros específicos em determinada parte do programa em tempo de compilação, também podemos informar ao compilador que ignore determinados tipos de avisos, etc.
- Processamento em tempo de compilação - normalmente utilizamos este recurso através de ferramentas capazes de processar anotações, com o intuito de gerar código, arquivos, etc.
- Processamento em tempo de execução - podemos utilizar para marcar elementos, com o objetivo de ler sua estrutura (tipo, modificadores de acesso, etc) através de reflexão em tempo de execução, fazendo o programa se adaptar com determinadas situações.

4.4.4 Exemplo

Na figura 4.1 é mostrado como criar uma anotação básica, que terá como alvo uma classe, e estará visível em tempo de execução, e também irá possuir um membro cujo tipo é uma *String*.

```
import java.lang.annotation.ElementType;

@Target(ElementType.TYPE) //Alvo da anotação vai ser uma classe
@Retention(RetentionPolicy.RUNTIME) // Anotação será visível em tempo de execução
public @interface Configuracao { //tipo da anotação
    |
    String ipServidor(); //membro da anotação
}
```

Figura 4.1: Criando uma anotação.

Na figura 4.2 é mostrado como utilizar a anotação criada na figura 4.1.

```
@Configuracao(ipServidor="10.1.1.50")
public class Terminal {

    //codigo da classe.....
}
```

Figura 4.2: Utilizando uma anotação.

Para ler as informações de uma anotação visível em tempo de execução é necessário consultar a API de reflexão do *java.lang.reflect*.

4.5 Reflexão em Java

Na linguagem Java podemos utilizar reflexão por meio do pacote *java.lang.reflect*, juntamente com o pacote *java.lang* que contém as classes *Class* e *Package*, e *java.lang.annotation* que faz referência à classe *Annotation*. Este conjunto de pacotes oferecem uma gama de classes responsáveis pela leitura e modificação da estrutura de um programa em tempo de execução.

4.5.1 Quando utilizar?

Normalmente utilizamos reflexão para tomar alguma decisão com base na estrutura do programa, ou apenas mostrar informações sobre ela, ou seja, podemos utilizar o(s) pacote(s) de reflexão do Java para descobrir diversos tipos de informações relacionadas com a estrutura de classes, métodos, atributos e etc. Também podemos utilizar reflexão para instanciar objetos de um tipo determinado, invocar método(s) de uma classe específica, ler anotações, entre outros.

4.5.2 Funcionamento

A reflexão em um programa Java tem início a partir de um objeto do tipo *Class*. Com um objeto do tipo *Class* conseguimos obter sua lista completa de membros (métodos, atributos) e informações sobre eles, podendo descobrir também todos os tipos desta classe (interfaces que implementa, classes que estende), e descobrir informações sobre a própria classe, como os modificadores aplicados a ela (*public*, *protected*, *private*, etc). (ARNOLD; GOSLING; HOLMES, 2000)

4.5.3 Lendo anotações

Os pacotes utilizados para reflexão possuem uma API ¹ de fácil entendimento, e que oferecem suporte à leitura de anotações.

```
public class Configurador {

    public static void main(String[] args) {

        Terminal terminal = new Terminal();
        //pega a classe
        Class classe = terminal.getClass();

        //verifica se a anotação Configuracao está presente
        if(classe.isAnnotationPresent(Configuracao.class))
        {
            //pega a anotação Configuração presente em Terminal
            Configuracao conf = (Configuracao)classe.getAnnotation(Configuracao.class);

            //mostra o valor do membro ipServidor
            System.out.println(conf.ipServidor());
        }
    }
}
```

Figura 4.3: Lendo informações de uma anotação.

Na figura 4.3 mostramos como ler anotações presentes em classes, e também como ler informações presentes nos membros de uma anotação.

¹ Visite: "<http://docs.oracle.com/javase/7/docs/api/>" para saber mais sobre a api.

5 FERRAMENTAS UTILIZADAS

6 SOLUÇÕES EXISTENTES

6.1 PostSharp

6.2 AspectJ

7 O FRAMEWORK

7.1 Análise e projeto

7.2 Implementação

8 ESTUDO DE CASO - INSTRUMENTAÇÃO

9 CONCLUSÃO

Conclusões ...

REFERÊNCIAS

- ARNOLD, K.; GOSLING, J.; HOLMES, D. **The Java programming language**. [S.l.]: Addison-wesley Reading, 2000. v.2.
- ASSOCIATION, A. L. et al. **Task Force on Metadata Summary Report**. [S.l.]: June, 1999.
- BECK, K.; ANDRES, C. **Extreme programming explained: embrace change**. [S.l.]: Addison-Wesley Professional, 2004.
- DAMAŠEVIČIUS, R.; ŠTUIKYS, V. Taxonomy of the fundamental concepts of meta-programming. **Information Technology and Control**, [S.l.], v.37, n.2, p.124–132, 2008.
- FLANAGAN, D. **Java in a Nutshell**. [S.l.]: O'Reilly Media, 2005.
- GROVES, M. D. **AOP in. NET**. [S.l.]: Manning Publ., 2013.
- HAZZARD, K.; BOCK, J. **Metaprogramming in. NET**. [S.l.]: Manning Pub., 2013.
- HORSTMANN, C. S.; CORNELL, G. **Core Java 2, Advanced Features, Vol. 2**. [S.l.]: Prentice Hall, 2004.
- LADDAD, R. **AspectJ in action: practical aspect-oriented programming**. [S.l.]: Manning, 2003.
- MALENFANT, J.; JACQUES, M.; DEMERS, F.-N. A tutorial on behavioral reflection and its implementation. In: REFLECTION, 1996. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 1996. v.96, p.1–20.
- PRESSMAN, R. **Software engineering: a practitioner's approach**. [S.l.]: McGraw Hill, 2010.

GLOSSÁRIO

SoC è um princípio de projeto, criado com a finalidade de subdividir o problema em conjuntos de interesses tornando a resolução do problema mais fácil. Cada interesse fornece uma funcionalidade distinta, podendo ser validado independentemente das regras negócio. (PRESSMAN, 2010)

YAGNI é um princípio de projeto, bastante usado em equipes XP , cuja principal finalidade é implementar apenas o necessário.

Extreme Programming XP é um estilo de desenvolvimento de software com foco em excelentes técnicas de programação, comunicação clara e trabalho em equipe, que permite grande produtividade no desenvolvimento. (BECK; ANDRES, 2004)