



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA

Padrões e Antipadrões de Correspondências para Melhoria do Alinhamento
de Ontologias Bem Fundamentadas

Natalia Fonseca Padilha

Orientadoras

Fernanda Araujo Baião Amorim

Kate Cerqueira Revoredo

Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Setembro de 2013

PADRÕES E ANTIPADRÕES DE CORRESPONDÊNCIAS PARA MELHORIA DO
ALINHAMENTO DE ONTOLOGIAS BEM FUNDAMENTADAS

Natalia Fonseca Padilha

DISSERTAÇÃO APRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE PELO PROGRAMA DE
PÓSGRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO
ESTADO DO RIO DE JANEIRO (UNIRIO). APROVADA PELA COMISSÃO
EXAMINADORA ABAIXO ASSINADA.

Aprovada por:

Fernanda Araujo Baião Amorim, D.Sc. – UNIRIO

Kate Cerqueira Revoredo, D.Sc. – UNIRIO

Maria Cláudia Reis Cavalcanti, D.Sc. – IME

Sean Wolfgang Matsui Siqueira, D.Sc. – UNIRIO

Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Setembro de 2013

Ficha catalográfica

Para vocês, mãe e pai.

Agradecimentos

Primeiramente ao PPGI-UNIRIO, pela oportunidade de formação oferecida àqueles que são também profissionais em outras organizações. Aos professores, pela dedicação aos alunos e à pesquisa, em especial às professoras Fernanda Baião e Kate Revoredo, pela competência técnica e interpessoal no processo de orientação. A atenção e o carinho de vocês foram essenciais para a conclusão deste trabalho! E não poderia me esquecer dos colegas de pesquisa, Alex e Anselmo, pelas ideias e materiais compartilhados!

PADILHA, Natalia Fonseca. **Padrões e Antipadrões de Correspondências para Melhoria do Alinhamento de Ontologias Bem Fundamentadas**. UNIRIO, 2013. 147 páginas. Dissertação de Mestrado. Departamento de Informática Aplicada, UNIRIO.

RESUMO

Em uma sociedade cada vez mais dependente de dados armazenados e da informação e conhecimento obtidos através desses repositórios, a representação e a interoperabilidade de dados são questões amplamente discutidas na área de Sistemas de Informação. Em relação à representação, verifica-se a disseminação do uso de ontologias. A necessidade de interoperabilidade dessas ontologias, por sua vez, consolidou uma área de pesquisa denominada Alinhamento de Ontologias. Uma técnica discutida nesse contexto, mas ainda pouco explorada, considera a utilização de Ontologias de Fundamentação. A motivação para a presente pesquisa foi entender como a semântica adicional provida aos modelos por uma ontologia de fundamentação poderia ser utilizada no processo de alinhamento de ontologias, com foco na *Unified Foundational Ontology* (UFO). As distinções ontológicas e teorias axiomáticas da UFO refletem-se em um conjunto de estereótipos compondo um perfil UML, resultando na OntoUML, uma linguagem de modelagem orientada a padrões de projeto. A hipótese assumida é de que se no processo de alinhamento de ontologias forem considerados padrões e antipadrões de correspondências baseados nas distinções ontológicas da UFO, então o resultado será melhor do ponto de vista de precisão e cobertura. Para avaliação da proposta, optou-se pela prova formal da validade dos padrões e antipadrões e pela execução de um estudo de caso que evidencia a aplicabilidade desses recursos em cenários reais de alinhamento.

Palavras-chave: Alinhamento de ontologias, Ontologias de fundamentação, Padrões e antipadrões de projeto, OntoUML.

ABSTRACT

In a society increasingly dependent on stored data, as well as on information and on knowledge that may be obtained through these repositories, representation and interoperability issues are widely discussed in the field of Information Systems. With regard to representation, there is a widespread use of ontologies. The need for interoperability of ontologies, in turn, has consolidated a research area designated as Ontology Alignment. Although underexplored, one technique discussed in this context considers the use of foundational ontologies. In this sense, there is a need for understanding how the additional semantics provided by a foundational ontology to the models could be used during ontology alignment. In this work, we address this issue focusing on the Unified Foundational Ontology (UFO) and on OntoUML, its subjacent, pattern-driven, modeling language. Our research hypothesis is that the precision and recall of ontology alignments improve when considering correspondence patterns and antipatterns that take ontological distinctions of UFO into account. The proposed correspondence patterns and antipatterns were formally specified and proven valid. We also conducted a case study that demonstrates the applicability of the proposed correspondence patterns and antipatterns in real ontology alignment scenarios.

Keywords: Ontology Alignment, Foundational Ontologies, Design patterns, Antipatterns, OntoUML.

Sumário

1.	Introdução	1
1.1.	Motivação e Caracterização do Problema	1
1.2.	Hipótese de Pesquisa e Enfoque de solução	5
1.3.	Objetivos.....	6
1.4.	Metodologia de Pesquisa	6
1.5.	Organização da Dissertação.....	8
2.	Unified Foundational Ontology.....	10
2.1.	Ontologias.....	10
2.2.	Visão geral da UFO	13
2.3.	Estruturas taxonômicas da UFO	13
2.3.1.	Kind	15
2.3.2.	SubKind.....	15
2.3.3.	Role.....	15
2.3.4.	Phase.....	15
2.3.5.	Category	16
2.3.6.	RoleMixin.....	16
2.3.7.	Mixin	17
2.4.	Padrões de projeto OntoUML.....	17
2.4.1.	SubKind Design Pattern	17
2.4.2.	Phase Design Pattern	19
2.4.3.	Role Design Pattern.....	20
3.	Alinhamento de Ontologias	21

3.1.	Definição do processo	21
3.2.	Técnicas de Alinhamento de Ontologias	23
3.3.	Métricas de Avaliação de Alinhamentos	27
4.	Padrões e antipadrões de correspondências	29
4.1.	Padrões e antipadrões de projeto	29
4.2.	Padrões e antipadrões de correspondências para modelos OntoUML ...	31
4.3.	Padrões e antipadrões de correspondências para o tipo SubKind	38
4.3.1.	Padrão PS-1	38
4.3.2.	Padrão PS-2	40
4.3.3.	Padrão PS-3	42
4.3.4.	Padrão PS-4	44
4.3.5.	Padrão PS-5	45
4.3.6.	Antipadrão APS-1	47
4.3.7.	Antipadrão APS-2	50
4.3.8.	Antipadrão APS-3	52
4.3.9.	Antipadrão APS-4	54
4.3.10.	Antipadrão APS-5	56
4.4.	Padrões e antipadrões de correspondências para o tipo Phase	58
4.4.1.	Padrão PP-1	59
4.4.2.	Padrão PP-2	60
4.4.3.	Padrão PP-3	62
4.4.4.	Padrão PP-4	63
4.4.5.	Antipadrão APP-1	64
4.4.6.	Antipadrão APP-2	66
4.4.7.	Antipadrão APP-3	67

4.4.8.	Antipadrão APP-4	69
4.4.9.	Antipadrão APP-5	71
4.4.10.	Antipadrão APP-6	72
4.5.	Padrões e antipadrões de correspondências para o tipo Role	74
4.5.1.	Padrão PR-1	74
4.5.2.	Antipadrões APR-1	76
5.	Aplicabilidade dos padrões e antipadrões de correspondências	81
5.1.	Caracterização do estudo de caso	81
5.2.	Caracterização dos dados e definição do universo de análise	84
5.3.	Resultados do estudo de caso	87
5.3.1.	Casos não aplicáveis	97
6.	Trabalhos Relacionados.....	100
6.1.	Ontologias de fundamentação no alinhamento de ontologias	100
6.2.	Padrões e antipadrões na área de Ontologias.....	105
7.	Conclusão	110
7.1.	Considerações finais	110
7.2.	Principais contribuições.....	111
7.3.	Limitações da proposta.....	112
7.4.	Trabalhos futuros	113
	Referências	115

Lista de Figuras

Figura 1 – Tipos de ontologias. Fonte: Adaptada de (GUARINO, 1998).....	12
Figura 2 – Construtos da UFO-A. Fonte: (GUIZZARDI, 2005).....	14
Figura 3 – Exemplo de RoleMixin. Fonte: Adaptada de (GUIZZARDI, 2005)	16
Figura 4 – <i>Subkind Design Pattern</i> . Fonte: Adaptada de (GUIZZARDI et al., 2011)...	18
Figura 5 – Modelo OntoUml. Fonte: (GUIZZARDI et al., 2011).....	19
Figura 6 – <i>Phase Design Pattern</i> . Fonte: Adaptada de (GUIZZARDI et al., 2011)	19
Figura 7 – <i>Role Design Pattern</i> . Fonte: (GUIZZARDI et al., 2011).....	20
Figura 8 – Alinhamento de Ontologias. Fonte: (EHRIG, 2007)	21
Figura 9 – Alinhamento de Ontologias. Fonte: Adaptada de (EUZENAT e SHVAIKO, 2007).....	22
Figura 10 – Classificação das técnicas de alinhamento de ontologias. Fonte: (EUZENAT e SHVAIKO, 2007)	24
Figura 11 – Conceitos de <i>design pattern</i> e <i>antipattern</i> . Fonte: Adaptada de (BROWN et al., 1998).....	30
Figura 12 – Exemplo de padrão no domínio de gênero de seres humanos	32
Figura 13 – Exemplo de padrão em contexto inadequado	33
Figura 14 – Notação utilizada nos padrões e antipadrões	35
Figura 15 – Diagramas de Venn para correspondências de igualdade (a) e especialização (b)	36
Figura 16 – Exemplo do padrão PS-1.....	39
Figura 17 – Representação gráfica do padrão PS-1.....	39
Figura 18 – Exemplo do padrão PS-2.....	40

Figura 19 – Representação gráfica do padrão PS-2.....	41
Figura 20 – Exemplo do padrão PS-3.....	42
Figura 21 – Representação gráfica do padrão PS-3.....	43
Figura 22 – Exemplo do padrão PS-4.....	44
Figura 23 – Representação gráfica do padrão PS-4.....	45
Figura 24 – Exemplo do padrão PS-5.....	46
Figura 25 – Representação gráfica do padrão PS-5.....	47
Figura 26 – Exemplo do antipadrão APS-1.....	48
Figura 27 – Representação gráfica do antipadrão APS-1.....	49
Figura 28 – Exemplo do antipadrão APS-2.....	50
Figura 29 – Representação gráfica do antipadrão APS-2.....	51
Figura 30 – Exemplo do antipadrão APS-3.....	52
Figura 31 – Representação gráfica do antipadrão APS-3.....	53
Figura 32 – Exemplo do antipadrão APS-4.....	54
Figura 33 – Representação gráfica do antipadrão APS-4.....	55
Figura 34 – Exemplo do antipadrão APS-5.....	56
Figura 35 – Representação gráfica do antipadrão APS-5.....	57
Figura 36 – Representação gráfica do padrão PP-1.....	59
Figura 37 – Exemplo do padrão PP-1.....	60
Figura 38 – Representação gráfica do padrão PP-2.....	61
Figura 39 – Exemplo do padrão PP-2.....	61
Figura 40 – Representação gráfica do padrão PP-3.....	62
Figura 41 – Exemplo do padrão PP-3.....	63
Figura 42 – Representação gráfica do padrão PP-4.....	63
Figura 43 – Exemplo do padrão PP-4.....	64

Figura 44 – Representação gráfica do antipadrão APP-1	65
Figura 45 – Exemplo do antipadrão APP-1	65
Figura 46 – Representação gráfica do antipadrão APP-2.....	66
Figura 47 – Exemplo do antipadrão APP-2.....	67
Figura 48 – Representação gráfica do antipadrão APP-3.....	68
Figura 49 – Exemplo do antipadrão APP-3 (1)	68
Figura 50 – Exemplo do antipadrão APP-3 (2)	69
Figura 51 – Representação gráfica do antipadrão APP-4.....	70
Figura 52 – Exemplo do antipadrão APP-4.....	70
Figura 53 – Representação gráfica do antipadrão APP-5.....	71
Figura 54 – Exemplo do antipadrão APP-5.....	72
Figura 55 – Representação gráfica do antipadrão APP-6.....	72
Figura 56 – Exemplo do antipadrão APP-6.....	73
Figura 57 – Representação gráfica do padrão PR-1	75
Figura 58 – Exemplo do padrão PR-1	76
Figura 59 – Representação gráfica do antipadrão APR-1 (1).....	77
Figura 60 – Representação gráfica do antipadrão APR-1 (2).....	77
Figura 61 – Exemplo do antipadrão APR-1 (1).....	78
Figura 62 – Exemplo do antipadrão APR-1 (2).....	79
Figura 63 – Exemplo do antipadrão APR-1 (3).....	80
Figura 64 – Padrões e antipadrões de correspondências como recursos no processo de alinhamento de ontologias	82
Figura 65 – Casos de não identificação de correspondências esperadas.....	85
Figura 66 – Casos de identificação de correspondências não esperadas.....	86
Figura 67 – Caso 1 – APS1	88

Figura 68 – Caso 2 – APS-1	89
Figura 69 – Caso 3 – APS-4	90
Figura 70 – Caso 4 – APS-1	92
Figura 71 – Caso 5 - PR-1	94
Figura 72 – Caso 6 -PR-1	96
Figura 73 – Caso 7 – Não aplicável.....	97
Figura 74 – Caso 8 – Configuração de gabarito como antipadrão	98
Figura 75 – Antipadrão - Abstração imprecisa. Fonte: (SALES et al., 2012).....	107
Figura 76 – Exemplo - Abstração imprecisa. Fonte: (SALES et al., 2012)	107

Lista de Tabelas

Tabela 1: Alinhamentos analisados no estudo de caso.....	84
Tabela 2: Universo de análise do estudo de caso	86
Tabela 3: Trabalhos relacionados	103

1. Introdução

Este capítulo fornece uma visão geral da dissertação, apresentando a motivação para a utilização de ontologias de fundamentação na problemática de alinhamento de ontologias, bem como uma breve descrição do enfoque de solução através da definição de padrões e antipadrões de correspondências como recursos no processo. A hipótese que norteia a pesquisa e a metodologia utilizada para testá-la também são aqui apresentadas.

1.1. Motivação e Caracterização do Problema

Modelos representam uma abstração da realidade de acordo com uma conceitualização. Modelos conceituais tem como propósito explicitar conceitos (e relacionamentos entre eles) de um domínio, constituindo um artefato quando representados segundo uma determinada notação. Ontologias podem ser vistas como um tipo particular de modelo conceitual que deve satisfazer o requisito adicional de servir como uma representação de consenso (ou modelo de referência) de uma conceitualização compartilhada (GRUBER, 1995, BORST, 1997). Um dos propósitos das ontologias de domínio é minimizar a heterogeneidade conceitual através da representação formal do domínio de discurso. Contudo, em sistemas abertos e em constante evolução, como a Web Semântica, a heterogeneidade não pode ser evitada. Diferentes comunidades utilizando aplicações distintas, com níveis de detalhamento variados, ao contrário, elevam o problema da heterogeneidade para níveis mais altos,

em que verifica-se um conjunto de ontologias de um mesmo domínio (EUZENAT e SHVAIKO, 2007).

Nesse contexto, a necessidade de interoperabilidade entre ontologias consolidou uma área de pesquisa denominada Alinhamento de Ontologias. Em linhas gerais, o processo de alinhamento de ontologias visa à identificação de correspondências entre entidades semanticamente relacionadas, vindas de ontologias distintas. O produto desse processo consiste em um conjunto de correspondências entre entidades dessas ontologias, denominado alinhamento.

Euzenat e Shvaiko (2007) propõem uma classificação das técnicas de alinhamento de ontologias considerando o foco com que as informações de entrada são exploradas: *strings* (terminológicas), *structure* (estruturais), *models* (semânticas) ou *data instances* (extensionais). As duas primeiras são focadas nos descritores da ontologia, a terceira requer uma interpretação semântica dos modelos enquanto a última considera a população de instâncias. A interpretação semântica ainda é um desafio no processo de integração de dados de forma geral (ZIEGLER e DITTRICH, 2007) e na área de alinhamento de ontologias esse fato pode ser comprovado pela constatação de que as ferramentas atualmente disponíveis baseiam-se primordialmente em técnicas terminológicas e estruturais (SHVAIKO e EUZENAT, 2013).

Em uma reflexão sobre o estado da arte do processo de alinhamento de ontologias, Shvaiko e Euzenat (2013) verificam progressos significativos na área, ainda que nos últimos anos o ritmo tenha reduzido e esteja mais difícil prospectar sua evolução. Com a expectativa de acelerar essa evolução, os autores apontam um conjunto de direcionadores para pesquisa, que envolvem questões como eficiência de ferramentas e avaliação em larga escala, mas reforçam também o desafio da interpretação semântica, sugerindo a avaliação do alinhamento com base em “*background knowledge*”,

considerando que a modelagem de uma ontologia envolve um contexto particular e um conhecimento prévio que frequentemente deixarão de ser explicitados na sua especificação. Uma das técnicas classificada como semântica por Euzenat e Shvaiko (2007) e citada na discussão desse desafio considera a utilização de ontologias de fundamentação no processo de alinhamento.

Ontologias de fundamentação são sistemas de construtos filosoficamente bem fundamentados e independentes de domínio que têm sido utilizados com sucesso para melhorar a qualidade de linguagens de modelagem e modelos conceituais (GUIZZARDI et al., 2010, BRINGUENTE et al., 2011). No entanto, embora haja na literatura resultados que comprovem esse benefício, ontologias de fundamentação ainda não foram suficientemente exploradas no processo de alinhamento. Considerando que a associação das entidades do modelo aos construtos de uma ontologia de fundamentação (processo denominado fundamentação do modelo, dando origem à denominação ontologia bem fundamentada) explicita metapropriedades apoiadas em bases teóricas sólidas, a problemática do presente trabalho está em utilizar essas informações adicionais para melhorar o alinhamento de ontologias bem fundamentadas.

Um exemplo de ontologia de fundamentação é a *Unified Foundational Ontology* (UFO) (GUIZZARDI, 2005). As distinções ontológicas e teorias axiomáticas da UFO foram propostas como um conjunto de estereótipos compondo um perfil UML (*UML profile*), resultando na linguagem de modelagem denominada OntoUML. Os construtos OntoUML, por exemplo, distinguem um objeto de um processo, tipos de coisas de seus papéis, entre outros, e o desenvolvimento dos modelos é orientado por padrões de projeto (*design patterns*).

No processo de alinhamento, Scharffe (2009) introduz o conceito de *Correspondence Patterns*, que neste texto denominaremos padrões de correspondências.

Segundo o autor, padrões de correspondências representam *templates*, ou seja, soluções gerais para configurações particulares de alinhamento, que consideram um conjunto de correspondências proposto, mais que a simples indicação de correspondência entre duas entidades. Inspirados nos padrões de projeto da área de Engenharia de Software, os padrões de correspondências representam, portanto, padrões de projeto para o processo de alinhamento de ontologias.

Uma área de pesquisa relacionada ao estudo de padrões de projeto consiste na abordagem de antipadrões (*antipatterns*). Enquanto um padrão representa uma solução recorrentemente observada na prática, um antipadrão descreve uma solução problemática. Na Engenharia de Ontologias, o conceito de antipadrão é utilizado por Sales et al. (2012), que propõem um conjunto de antipadrões semânticos, os quais capturam decisões de modelagem que embutem erros na medida em que permitem a instanciação de casos não desejáveis.

Embora se constate a aplicação de padrões de correspondências na área de alinhamento de ontologias (SCHARFFE, 2009), bem como a abordagem de antipadrões na engenharia de ontologias (SALES et al., 2012), a discussão de antipadrões não foi verificada na área de alinhamento de ontologias. Assim como nas aplicações de engenharia de software e engenharia de ontologias, antipadrões podem ser utilizados nesse contexto para capturar alinhamentos problemáticos e, idealmente, encaminhar soluções melhores. Neste trabalho consideraremos a definição de padrões de correspondências de Scharffe (2009) para extensão da conceituação de antipadrões de correspondências.

Considerando o desafio da interpretação semântica e o papel das ontologias de fundamentação na explicitação do conhecimento na modelagem de ontologias, definiremos um conjunto de padrões e antipadrões de correspondências baseados nas

metapropriedades dos construtos da UFO e nos padrões de projeto da linguagem OntoUML para aplicação no processo de alinhamento de ontologias.

1.2. Hipótese de Pesquisa e Enfoque de solução

A hipótese que norteia a pesquisa pode ser assim enunciada: se no processo de alinhamento de ontologias forem considerados padrões e antipadrões de correspondências baseados nas distinções ontológicas da UFO, então o resultado será melhor do ponto de vista de precisão e cobertura.

Precisão e cobertura são métricas comumente utilizadas na avaliação de alinhamentos de ontologias, baseadas na comparação entre o alinhamento resultante e o alinhamento de referência. A precisão é calculada pela razão entre o número de correspondências corretamente identificadas e o número total de correspondências encontradas, indicando a correção do método. Já a cobertura é uma métrica de completeza, calculada pela razão entre o número de correspondências corretamente identificadas e o número de correspondências esperadas (considerando o alinhamento de referência).

Tipicamente, as técnicas de alinhamento de ontologias são aplicadas de forma combinada. A abordagem proposta, da mesma forma, não foi concebida para ser utilizada isoladamente, mas tem como objetivo complementar o resultado de alinhamento indicado por outras técnicas/ferramentas de alinhamento. Os padrões e antipadrões de correspondências podem ser utilizados, por exemplo, como recursos para avaliação e refinamento do resultado indicado por outras abordagens.

1.3. Objetivos

O objetivo geral da pesquisa é melhorar o alinhamento através da aplicação de padrões e antipadrões de correspondências no processo de alinhamento de ontologias bem fundamentadas representadas através de modelos OntoUML. Como desdobramento desse objetivo, os seguintes objetivos específicos foram definidos:

- Definição formal de padrões e antipadrões de correspondências a partir das metapropriedades dos construtos de fundamentação e dos padrões de projeto da linguagem OntoUML;
- Análise de alinhamentos não resolvidos com ferramentas existentes que representem *benchmark* na área, com a avaliação da proposta nesse cenário prático.

1.4. Metodologia de Pesquisa

A metodologia para a condução da pesquisa englobou as seguintes fases: estabelecimento do problema, organização da pesquisa, estruturação da proposta e avaliação da proposta. Cada uma dessas fases será detalhada a seguir.

Na fase de estabelecimento do problema, foi realizado um levantamento bibliográfico orientado para a utilização de ontologias de fundamentação na problemática de alinhamento de ontologias, que incluiu um aprofundamento nos temas de ontologias de fundamentação e alinhamento de ontologias de forma independente.

Embora tenha sido verificada na classificação das técnicas de alinhamento de ontologias proposta por Euzenat e Shvaiko (2007) uma abordagem que considera a utilização de ontologias de fundamentação no processo, poucos trabalhos explorando esse recurso foram identificados (SILVA et al., 2012, MASCARDI et al., 2010). Por outro lado, verificou-se uma grande quantidade de publicações evidenciando a melhoria

da qualidade de modelos conceituais a partir da fundamentação, com a explicitação do conhecimento do domínio, agregando semântica ao modelo.

Dessa forma, o passo seguinte consistiu em explorar as ontologias de fundamentação buscando entender como essa semântica adicional provida aos modelos poderia ser utilizada no processo de alinhamento de ontologias. Nesse momento, optou-se pelo foco em uma ontologia de fundamentação específica e a selecionada foi a UFO. Essa escolha foi motivada pela qualidade da documentação oferecida (GUIZZARDI, 2005), bem como pela elevada atividade de pesquisa em torno da sua evolução e aplicação em cenários práticos, facilitada pela formalização da linguagem de modelagem OntoUML.

A OntoUML é uma linguagem de modelagem orientada a padrões de projeto, a partir dos quais foram inicialmente derivadas regras para a combinação das correspondências entre classes modeladas a partir desses padrões. O tema padrões e antipadrões de projeto passou então a ser explorado como ferramenta para estruturação dessas regras. Verificou-se que esse tema, já consolidado na área de engenharia de software, estava presente também na literatura de engenharia de ontologias e até mesmo alinhamento de ontologias sob a denominação de padrões de correspondências (SCHARFFE, 2009).

A partir desse ponto, já na fase de organização da pesquisa, foi formulada a hipótese e definido o enfoque de solução, através da definição de padrões e antipadrões de correspondências como recursos no processo, bem como o método para a avaliação da proposta.

A fase de estruturação da proposta contemplou a reflexão sobre o conceito de padrões e antipadrões de correspondências no escopo desta pesquisa bem como a definição dos padrões e antipadrões de correspondências para modelos OntoUML,

envolvendo as principais estruturas taxônomicas da UFO. Os padrões e antipadrões não foram definidos com base na análise de um domínio específico, mas derivados de alguns padrões de projeto da OntoUML, o que lhes confere um alto grau de generalidade (independem de domínio) e aplicabilidade (estão alinhados a recursos da linguagem de modelagem).

Na fase de avaliação da proposta, optou-se pela combinação de dois métodos. Para a validação dos padrões e antipadrões de correspondências optou-se pela prova formal da admissibilidade dos padrões e da inadmissibilidade dos antipadrões, comprovando a sua validade independentemente do domínio considerado.

Adicionalmente, com o objetivo de evidenciar a aplicabilidade desses padrões e antipadrões em cenários reais de alinhamento de ontologias, definiu-se pela execução de um estudo de caso explanatório considerando um cenário disponível na literatura. Embora exista um universo grande de ontologias para caracterizar um experimento de alinhamento de ontologias, para aplicação deste estudo um requisito adicional é a fundamentação das ontologias, o que limita a população para testes. O domínio Organização de Conferências foi selecionado entre os propostos no escopo da *Ontology Alignment Evaluation Initiative* (OEAI)¹, uma iniciativa internacional que visa a estabelecer um processo de avaliação sistemática e *benchmarking* de ferramentas de alinhamento de ontologias.

1.5. Organização da Dissertação

Esta dissertação está estruturada em 7 capítulos, sendo o primeiro esta Introdução. No Capítulo 2 apresentamos a UFO, com foco nas estruturas taxonômicas que compõem os padrões e antipadrões de correspondências propostos e nos padrões de

¹ <http://oaei.ontologymatching.org/>

projeto OntoUML. O Capítulo 3 contextualiza a problemática de alinhamento de ontologias, formalizando a definição do processo de alinhamento e apresentando uma classificação das técnicas existentes. O Capítulo 4 exemplifica e formaliza os padrões e antipadrões de correspondências, principal contribuição da pesquisa. No Capítulo 5 apresentamos os resultados do estudo de caso, discutindo formas de aplicação dos padrões e antipadrões de correspondências e evidenciando a aplicabilidade dos padrões e antipadrões propostos para melhoria do resultado do alinhamento. O Capítulo 6 apresenta os principais trabalhos relacionados à pesquisa, considerando a utilização de ontologias de fundamentação no processo de alinhamento de ontologias e a abordagem através de padrões e antipadrões de alinhamento. O Capítulo 7 traz as considerações finais do trabalho, destacando as suas principais contribuições, as limitações verificadas na condução da pesquisa bem como as oportunidades de trabalhos futuros.

2. Unified Foundational Ontology

Este capítulo apresenta a ontologia de fundamentação denominada Unified Foundational Ontology (UFO), com foco nas estruturas taxônomicas que compõem os padrões e antipadrões de correspondências propostos e nos padrões de projeto OntoUML.

2.1. Ontologias

Gruber (1995) define ontologia como uma especificação explícita de uma conceitualização. Conceitualização é um modelo abstrato do mundo que se deseja representar e essa representação deve ser explícita com a especificação dos conceitos, propriedades e relações. Borst (1997) complementa essa definição conceituando ontologia como uma especificação formal de uma conceitualização compartilhada, enfatizando que deve existir um modelo na especificação da ontologia e que a conceitualização deve ser feita de forma a permitir o seu compartilhamento, expressando o conhecimento do senso comum, e não particular a um autor específico.

Ontologias são um instrumento conceitual útil na área de Sistemas de Informação. Nos últimos anos, verifica-se uma série de trabalhos motivados especialmente pelo crescente interesse na Web Semântica (*Semantic Web*) (SHADBOLT et al., 2006) e no papel desempenhado pelas ontologias nessa iniciativa.

Conforme destacado por Guizzardi et al. (2008), um importante ponto a ser enfatizado é a diferença nos sentidos do termo ontologia quando aplicado nas diversas áreas da computação.

As comunidades de Inteligência Artificial, Engenharia de Software e Web Semântica geralmente adotam o termo ontologia para representar (i) um artefato concreto de engenharia projetado para um propósito específico ou (ii) uma representação de um domínio particular (p.ex., biologia molecular, direito etc) expressa em alguma linguagem de representação de conhecimento ou de modelagem conceitual.

Na comunidade de Modelagem Conceitual e áreas relacionadas, por outro lado, o termo tem sido utilizado de acordo com sua definição em Filosofia, ou seja, como um sistema de categorias formais, independente de domínio e filosoficamente bem fundamentado, que pode ser usado para enunciar modelos da realidade específicos de domínio. Ontologias, com esse sentido filosófico, tem sido objeto de discussão na área de Ontologia Aplicada sob o nome de Ontologias de Fundamentação (também conhecidas como Ontologias de Alto Nível ou Ontologias de Topo).

Guarino (1998) propõe uma classificação de tipos de ontologias que formaliza essa diferença no termo, a qual será adotada neste trabalho. Essa classificação considera o nível de dependência de uma tarefa ou domínio particular, representado na figura 1, na qual as setas representam relações de especialização.

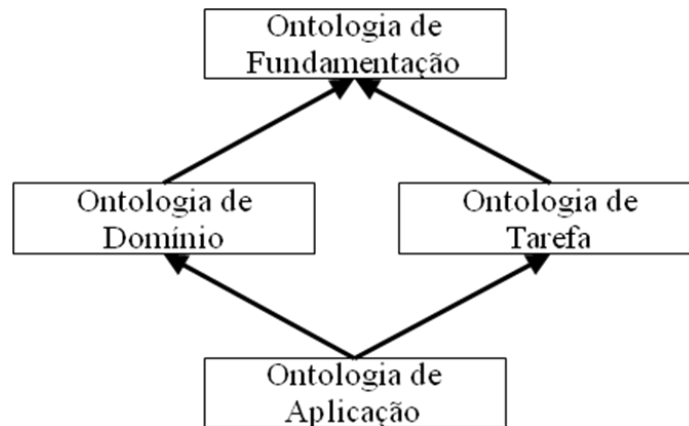


Figura 1 – Tipos de ontologias. Fonte: Adaptada de (GUARINO, 1998)

Ontologia de fundamentação (*top-level ontology*) descreve conceitos gerais, independentes de um domínio particular, considerando, por exemplo, a distinção de objetos de eventos / processos, tipos de coisas de seus papéis etc.

Ontologia de domínio (*domain ontology*) e ontologia de tarefa (*task ontology*) descrevem, respectivamente, o vocabulário de um domínio ou tarefa genéricos, a partir da especialização das entidades introduzidas pelas ontologias de fundamentação.

Ontologia de aplicação (*application ontology*) descreve conceitos dependentes de um domínio e/ou tarefa, frequentemente representando especializações de ontologias de domínios e de tarefas, mapeando papéis de entidades de um domínio na execução de uma atividade.

Neste trabalho são particularmente importantes os conceitos de ontologia de fundamentação e ontologia de domínio. Embora na visão de Guarino (1998) as entidades de uma ontologia de domínio devam especializar as entidades de uma ontologia de fundamentação, essa formalização não é adotada com rigor nas áreas relacionadas à computação. Esse processo, denominado fundamentação do modelo, que dá origem à denominação ontologia (de domínio) bem fundamentada, explicita metapropriedades apoiadas em bases teóricas sólidas, tendo em vista o rigor aplicado no

desenvolvimento das ontologias de fundamentação, como será constatado na apresentação da UFO a partir da próxima seção.

2.2. Visão geral da UFO

A *Unified Foundational Ontology* (UFO) é uma ontologia de fundamentação em desenvolvimento, baseada em teorias das áreas de Ontologias Formais, Lógica Filosófica, Filosofia da Linguagem, Linguística e Psicologia Cognitiva. O cerne dessa ontologia, denominado UFO-A, trata da natureza dos objetos e é formalizado por Guizzardi (2005). Dois fragmentos complementares vieram estender esse trabalho com uma ontologia de eventos (UFO-B) e uma ontologia para sistematizar conceitos sociais (UFO-C), fundamentada em UFO-A e UFO-B (Guizzardi et al., 2008).

2.3. Estruturas taxonômicas da UFO

UFO-A é uma ontologia de Substanciais (*Substantial*), que capturam a essência do que comumente denominamos objetos. Substanciais são indivíduos existencialmente independentes, ou seja, persistem no tempo mantendo sua identidade, tais como uma pessoa, um cachorro, uma casa etc.

Uma distinção fundamental na UFO é entre as categorias de Universal (*Universal*) e Indivíduo (*Individual*). Universais são padrões de características que podem ser instanciados em diferentes indivíduos. Indivíduos, por sua vez, são entidades que existem na realidade, possuindo uma identidade única. Em modelagem conceitual essas categorias são representadas pelas classes e suas instâncias, respectivamente.

Universais de substância são, portanto, propriedades que determinam classes de seres ou coisas materiais, que mantêm sua identidade, mesmo passando por mudanças (em oposição a eventos, como um beijo, uma partida de futebol etc, tratados na UFO-B).

A tipologia dos universais de substância é a base para a definição das estruturas taxonômicas de um modelo. Essas categorias ontológicas (construtos) da UFO-A estão destacadas em cinza nos nós folha da árvore representada na figura 2.

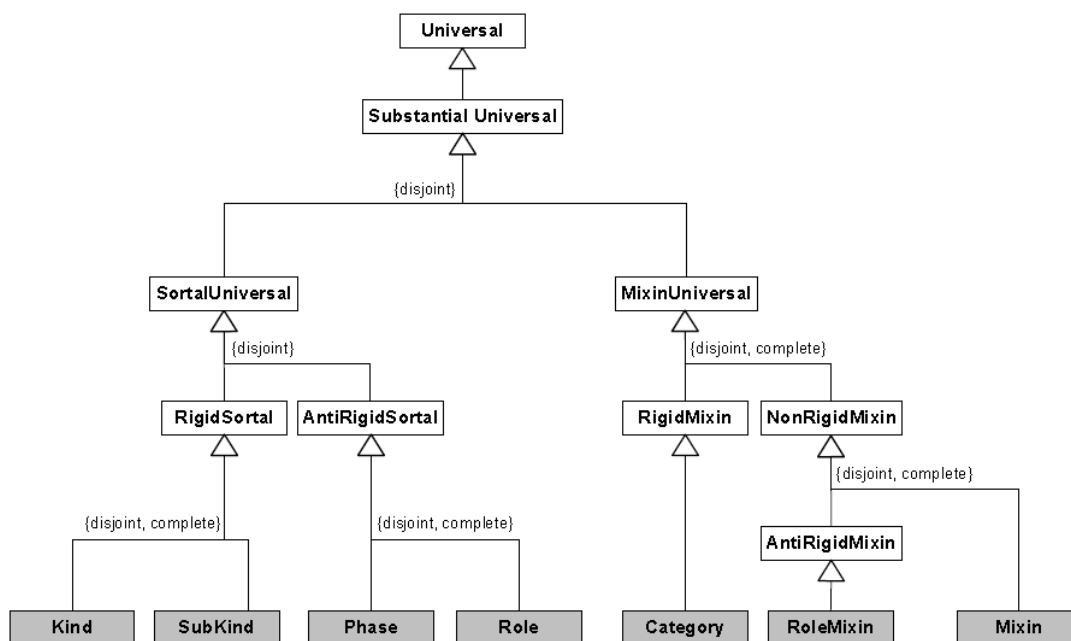


Figura 2 – Construtos da UFO-A. Fonte: (GUIZZARDI, 2005)

Os universais de substância podem ser classificados em Sortais ou Mixin. Universais Sortais (*Sortal Universals*) carregam princípios de identidade e individuação e, conseqüentemente, contagem. Um exemplo de Universal Sortal é a classe Maçã. Universais Mixin (*Mixin Universal*) representam, por outro lado, a classe dos universais dispersivos, ou seja, propriedades que são comuns a seres ou coisas com princípios de identidade diferentes, como, por exemplo, “Ser Comestível”.

Universais Sortais e Mixin são classificados quanto à metapropriedade Rigidez. Um tipo T é dito rígido se ele necessariamente se aplica a todas as suas instâncias em todos os mundos possíveis, ou seja, para toda instância x do tipo T , x é necessariamente uma instância de T . Já um tipo T' é considerado anti-rígido se para cada instância y do

tipo T' , sempre existe um mundo possível no qual y não é instância de T' . Em outras palavras, y pode deixar de ser instância de T' sem perder sua identidade.

Detalharemos a seguir cada um dos construtos da figura 2, ilustrando essas metapropriedades.

2.3.1. Kind

Um tipo Kind engloba classes de coisas ou seres existencialmente independentes que possuem propriedades intrínsecas e rígidas que implicam claros princípios de identidade às suas instâncias. Exemplos incluem tipos naturais (Pessoa, Cachorro, Árvore) e artefatos (Cadeira, Carro, Televisão).

2.3.2. SubKind

A especialização de um Kind em tipos rígidos, relacionalmente independentes, que herdam o princípio de identidade do tipo Kind, é denominada SubKind. Exemplos de SubKinds são as classes Homem e Mulher especializando a classe Pessoa.

2.3.3. Role

Um Role é definido como um papel desempenhado por um Kind, anti-rígido e relacionalmente dependente, o que significa que esse tipo é instanciado apenas quando a relação que caracteriza o papel estiver estabelecida. Um exemplo de Role especializando a classe Pessoa é a classe Aluno de Mestrado, estabelecida pela matrícula em curso de mestrado oferecido por instituição de ensino.

2.3.4. Phase

A especialização de um Kind em tipos anti-rígidos e relacionalmente independentes é denominada Phase. Nesse caso, os tipos especializados mapeiam estágios da existência do Kind através de uma partição e sua instanciação é dependente

da mudança das propriedades intrínsecas desse tipo. Exemplos de Phases são as classes Criança, Adolescente e Adulto especializando a classe Pessoa.

2.3.5. Category

Tipos Mixin representam a classe dos universais dispersivos, ou seja, propriedades que são comuns a seres ou coisas com princípios de identidade diferentes. O tipo Category é o Mixin rígido que abstrai propriedades que são comuns a tipos rígidos e mutuamente disjuntos, como a classe EntidadeRacional que generaliza as classes Kind Pessoa e AgenteInteligente, por exemplo.

2.3.6. RoleMixin

Mixins anti-rígidos que abstraem propriedades comuns a tipos Role são denominados RoleMixin. Um exemplo do tipo RoleMixin é uma classe Cliente que generaliza as classes Role ClientePessoaFísica e ClientePessoaJurídica, em que ClientePessoaFísica especializa Pessoa e ClientePessoaJurídica especializa Empresa. A figura 3 ilustra esse modelo.

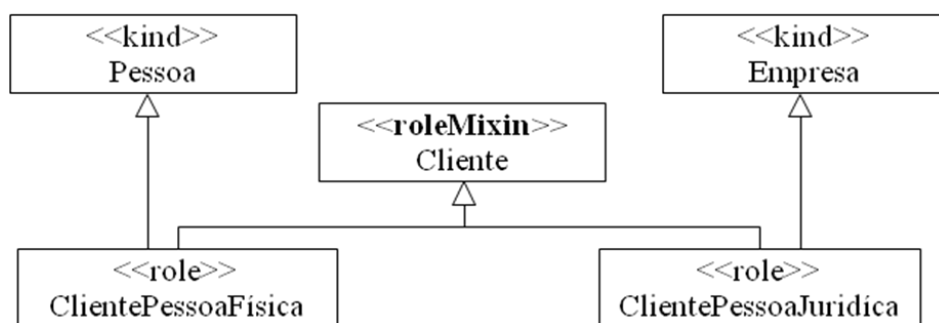


Figura 3 – Exemplo de RoleMixin. Fonte: Adaptada de (GUIZZARDI, 2005)

2.3.7. Mixin

O tipo Mixin representa propriedades essenciais a algumas de suas especializações e acidentais para outras. Um exemplo é a propriedade “Ser Sentável”, essencial para uma Cadeira e acidental para um BlocoDePedra, por exemplo.

2.4. Padrões de projeto OntoUML

OntoUML é uma linguagem de modelagem conceitual estendida a partir da UML para incorporação das distinções ontológicas e teorias axiomáticas da UFO. A tipologia dos universais de substância apresentados anteriormente é utilizada na definição de um conjunto de classes OntoUML, que passam a carregar as metapropriedades e/ou restrições discutidas. A representação das classes OntoUML utiliza a notação da UML, com um estereótipo para identificar o construto da UFO que ela representa.

OntoUML é uma linguagem orientada a padrões, o que significa que a linguagem orienta o usuário a modelos resultantes da combinação de padrões de projeto (*design patterns*) existentes. Esses padrões constituem primitivas de modelagem de mais alta granularidade (se comparadas às primitivas usuais de modelagem conceitual, como classe e relação), representando a combinação desses elementos em condições específicas, obedecendo as restrições ontológicas da UFO (GUIZZARDI et al., 2011).

A seguir apresentaremos três padrões de projeto, definidos por Guizzardi et al. (2011), que envolvem as especializações do tipo Kind em classes do tipo SubKind, Phase e Role.

2.4.1. SubKind Design Pattern

De acordo com o *SubKind Design Pattern*, SubKinds manifestam-se como uma especialização de um tipo Kind ou como parte de uma generalização de um tipo Kind,

compondo uma *SubKind Partition*, como ilustrado nos modelos apresentados na figura 4 abaixo:

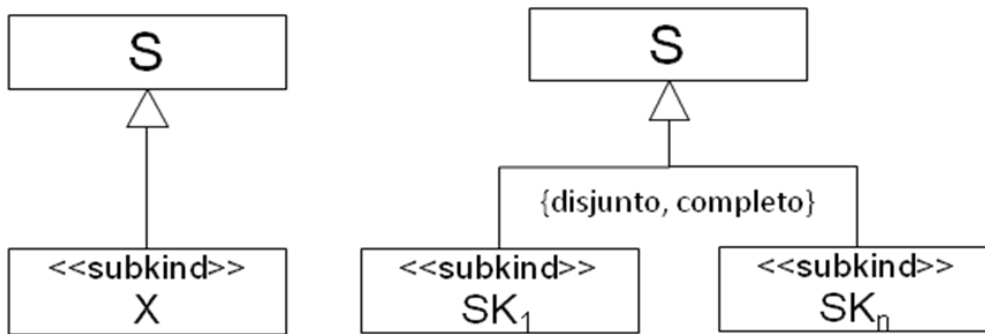


Figura 4 – Subkind Design Pattern. Fonte: Adaptada de (GUIZZARDI et al., 2011)

Uma *SubKind Partition* $\{SK_1 \dots SK_n\}$ define a partição de um tipo Kind S em SubKinds (onde cada SK_i é um SubKind da partição), sendo que: (i) toda instância de S é instância de exatamente um SK_i e (ii) a extensão da classe S é composta pelas instâncias de $\{SK_1 \dots SK_n\}$, ou seja, as instâncias das classes que generaliza. Em UML, e consequentemente em OntoUML, partições (*partition*) são representadas por um conjunto disjunto e completo, características que formalizam as restrições estabelecidas em (i) e (ii) respectivamente.

Os tipos Kind e SubKind são particularmente importantes, pois todo objeto do modelo deve ser instância de exatamente um Kind. Dessa forma, para todo objeto T do modelo, T corresponde a uma instância de um tipo Kind ou a uma instância de exatamente um dos SubKinds que especializa um Kind.

Na figura 5 exemplos desse padrão de projeto são a classe *School* especializando a classe *Organization* e a classe *Person* generalizando os tipos *Man* e *Woman*.

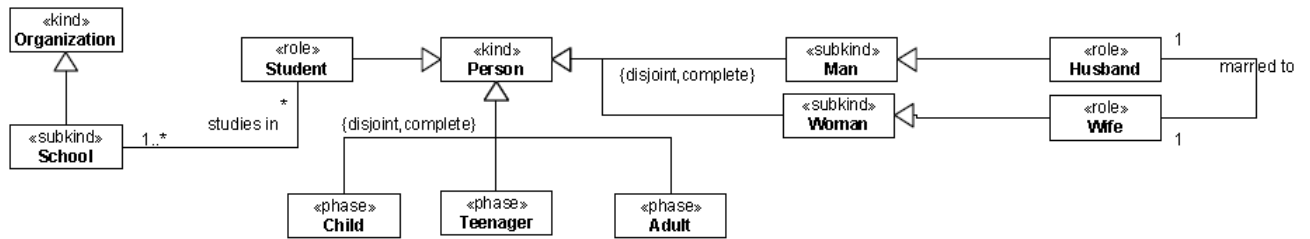


Figura 5 – Modelo OntoUml. Fonte: (GUIZZARDI et al., 2011)

2.4.2. Phase Design Pattern

Os tipos rígidos Kind e SubKind descritos na seção anterior podem ser especializados em tipos anti-rígidos, como o Phase. Phases são sempre manifestadas como uma partição e as restrições aplicadas à generalização de um tipo Kind são válidas também nesse contexto, conforme figura 6. Na *Phase Partition* as instâncias movem-se pela extensão dos tipos Phase de acordo com mudanças em suas propriedades intrínsecas, sem efeito sobre sua identidade. Um exemplo dessa natureza é a mudança da propriedade *idade* de uma Pessoa, que motiva as mudanças das fases Criança, Adolescente e Adulto. Na figura 5 esse exemplo é ilustrado pela classe *Person* generalizando os tipos *Child*, *Teenager* e *Adult*.

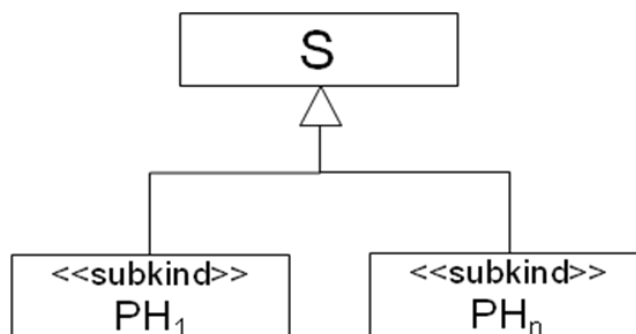


Figura 6 – Phase Design Pattern. Fonte: Adaptada de (GUIZZARDI et al., 2011)

2.4.3. Role Design Pattern

Os tipos rígidos podem ser especializados em tipos anti-rígidos relacionalmente dependentes, como o Role. Nesses casos, a instanciação do tipo Role está condicionada ao estabelecimento da relação que o caracteriza. Dessa forma, de acordo com o *Role Design Pattern*, ilustrado pela figura 7, a representação de qualquer tipo Role deve ser acompanhada da formalização dessa dependência relacional, através da associação R do tipo Role a uma classe T, cuja cardinalidade mínima é ≥ 1 . Um exemplo dessa natureza é o papel Estudante desempenhado por uma Pessoa matriculada em uma Instituição de Ensino. Na figura 5 esse exemplo é ilustrado pela classe *Student*, caracterizada pela relação de estudo (*studies in*) de uma classe *Person* com uma classe *School*. Outros exemplos desse padrão nesse mesmo modelo são as classes *Husband* e *Wife*, caracterizadas pela relação de casamento (*married to*) das classes *Man* e *Woman* com as classes *Wife* e *Husband* respectivamente.

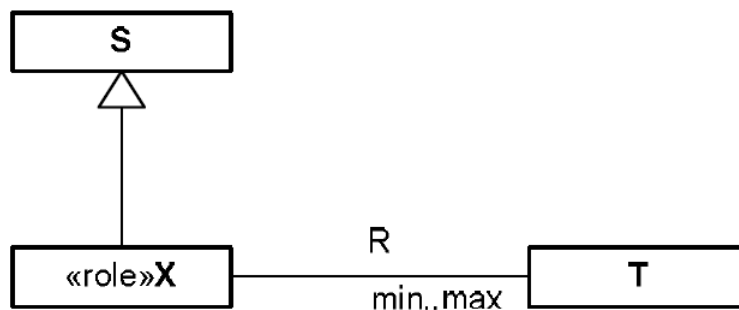


Figura 7 – *Role Design Pattern*. Fonte: (GUIZZARDI et al., 2011)

3. Alinhamento de Ontologias

Este capítulo contextualiza a problemática de alinhamento de ontologias, formalizando a definição do processo de alinhamento e apresentando uma classificação das técnicas existentes.

3.1. Definição do processo

O termo Alinhamento de Ontologias resume um processo cujo insumo são ontologias e o produto consiste em um conjunto de correspondências entre entidades dessas ontologias, conforme figura 8. Esse produto, por sua vez, é denominado alinhamento (EHRIG, 2007).

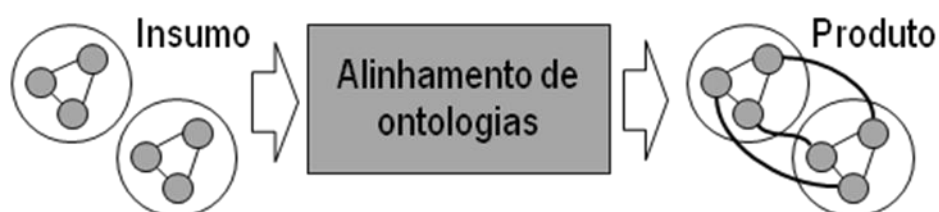


Figura 8 – Alinhamento de Ontologias. Fonte: (EHRIG, 2007)

Segundo definição de Ehrig (2007), o alinhamento de ontologias consiste na identificação, para cada entidade (conceito, relação ou instância) de uma ontologia, de uma entidade correspondente com o mesmo significado pretendido em outra ontologia.

Euzenat e Shvaiko (2007) traduzem o processo de alinhamento de ontologias em uma função, cujo esquema é apresentado na figura 9.

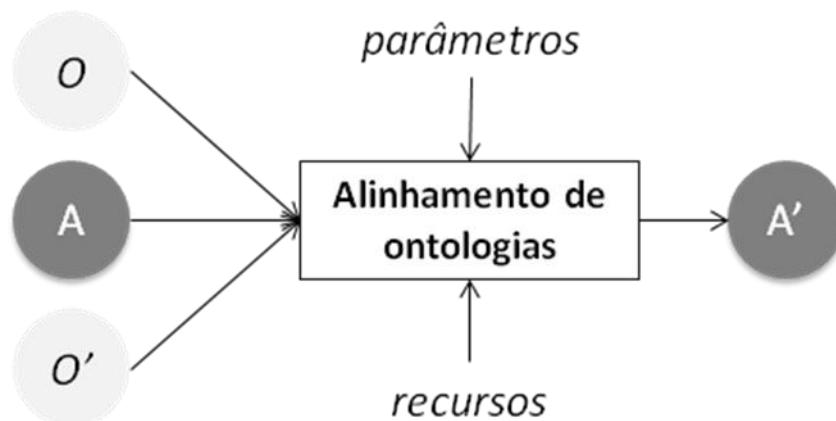


Figura 9 – Alinhamento de Ontologias. Fonte: Adaptada de (EUZENAT e SHVAIKO, 2007)

Para esses autores, o alinhamento de ontologias determina o alinhamento A' para um par de ontologias o e o' , complementando a definição de Ehrig (2007) ao considerar insumos adicionais, a saber: (i) um alinhamento de entrada A , que será complementado pelo processo; (ii) parâmetros (*parameters*) p e (iii) recursos externos (*resources*) r :

$$A' = f(o, o', A, p, r)$$

Essa função é estendida ainda para considerar o alinhamento entre múltiplas ontologias no mesmo processo, mas não a apresentaremos em detalhe, pois no escopo deste trabalho consideraremos apenas cenários de alinhamento entre duas ontologias.

O alinhamento (produto) é definido como um conjunto de correspondências entre as entidades das ontologias, sendo cada correspondência caracterizada como uma quintupla:

$$\langle id, e, e', r, n \rangle$$

em que,

- id é o identificador da correspondência;

- e e e' são entidades das ontologias o e o' respectivamente;
- r define a relação da correspondência entre as entidade e e e' . No escopo do presente trabalho, $r \in \{ \text{“igualdade”}, \text{“especialização”} \}$;
- n indica o grau de confiança da correspondência, cuja estrutura mais usual consiste em um número real no intervalo $[0,1]$.

Neste trabalho, adotaremos as definições e funções de Erigh (2007) e Euzenat e Shvaiko (2007) de forma complementar. O termo Alinhamento de Ontologias será utilizado para referirmos ao processo, na conceituação simplificada de Ehrig (2007), em que o insumo consiste em duas ontologias e o produto é o alinhamento entre elas.

O termo Alinhamento será utilizado para referenciarmos o produto desse processo, denotando um conjunto de correspondências. Cada correspondência será caracterizada por uma tripla $\langle e, e', r \rangle$, que simplifica a quintupla apresentada anteriormente por desconsiderar o identificador (id) e o grau de confiança (n) da correspondência (este será considerado sempre 1 no intervalo $[0,1]$). Para descrever a existência de uma correspondência entre duas entidades e e e' em linguagem natural, utilizaremos a redação “ e se alinha a e' pela relação r ” ou “ e e e' se alinham pela relação r ”.

O esquema de alinhamento de ontologias proposto por Euzenat e Shvaiko (2007), ilustrado na figura 9, será utilizado para discussão da aplicabilidade dos padrões e antipadrões de correspondências no processo, pois nesse contexto o alinhamento de entrada e os recursos serão insumos indispensáveis.

3.2. Técnicas de Alinhamento de Ontologias

Euzenat e Shvaiko (2007) classificam as técnicas de alinhamento de ontologias conforme figura 10.

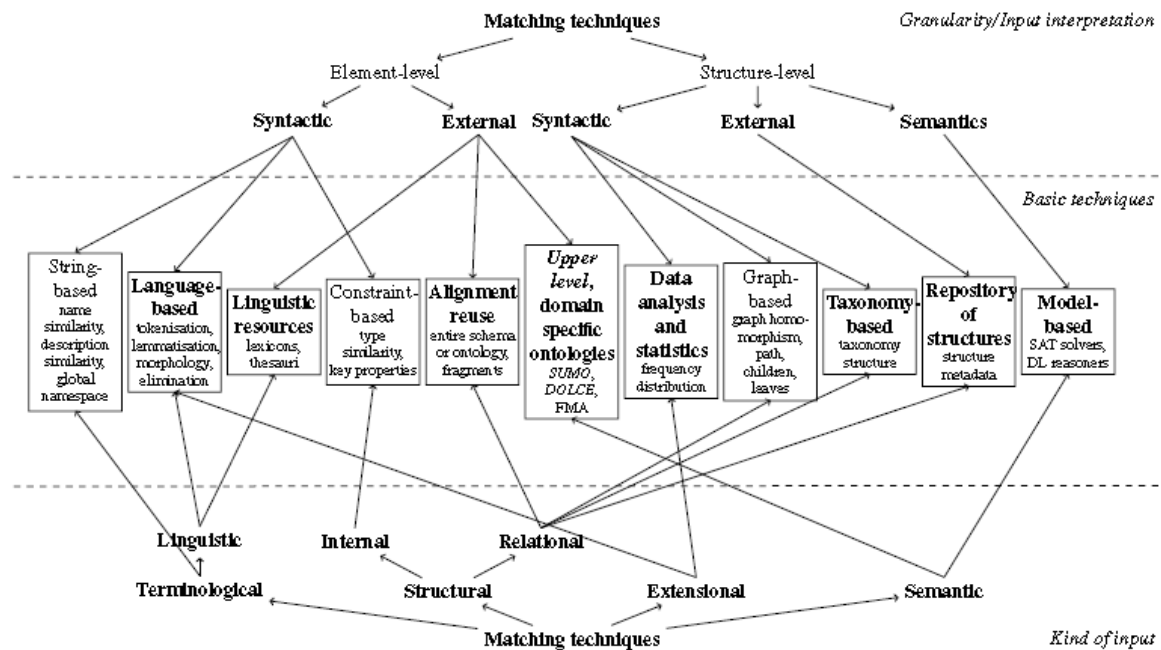


Figura 10 – Classificação das técnicas de alinhamento de ontologias. Fonte: (EUZENAT e SHVAIKO, 2007)

As técnicas básicas são representadas pelos retângulos e os eixos superior e inferior sintetizam dois enfoques para a classificação dessas técnicas, a saber:

- *Granularity/Input Interpretation* (eixo superior): considera a granularidade da análise (nível do elemento ou nível de estrutura) e o foco na interpretação das informações de entrada (sintático, semântico ou considerando recursos externos).
- *Kind of Input* (eixo inferior): considera o tipo dos insumos explorados no processo: *strings* (terminológica), estrutura (estrutural), modelos (semântica) ou instâncias (extensional).

A seguir apresentaremos de forma resumida o enfoque de cada técnica básica.

- **Baseadas em *strings* (*String-based*):** utilizadas na comparação dos nomes e rótulos das entidades. Essas técnicas consideram as *strings* como uma sequência de letras do alfabeto, em geral baseadas na seguinte intuição: quanto mais similares as *strings*, maior a probabilidade de que elas representem o mesmo conceito.
- **Baseadas em linguagem (*Language-based*):** também utilizadas na comparação dos nomes das entidades, considerando esses nomes como palavras de uma linguagem natural. Técnicas dessa natureza são baseadas em processamento de linguagem natural, explorando propriedades morfológicas das palavras.
- **Recursos linguísticos (*Linguistic-resources*):** também consideram os nomes como palavras de uma linguagem natural, mas nesse caso as técnicas se apoiam em recursos externos, como tesouros específicos do domínio, com foco nas relações linguísticas, como sinônimos, por exemplo.
- **Baseadas em restrições (*Constraint-based*):** englobam algoritmos que lidam com as restrições internas aplicadas às definições das entidades, como tipo de dado, cardinalidade de atributos etc.
- **Reuso de alinhamentos (*Alignment reuse*):** exploram recursos externos que armazenam resultados de alinhamentos disponíveis. Com a aplicação dessa técnica, os resultados do alinhamento entre O e O' e entre O e O'' podem ser utilizados no processamento do alinhamento entre O' e O'' , por exemplo.
- **Ontologias de fundamentação e ontologias específicas de domínio (*Upper level, domain specific ontologies*):** ontologias de fundamentação

podem ser utilizadas como recursos externos de conhecimento comum e a sua principal característica é configurar-se como sistemas baseados em lógica. Desse modo, técnicas que exploram esses recursos são classificadas como semânticas. Ontologias específicas de domínio também podem ser utilizadas como recursos externos de conhecimento comum, pois utilizam termos com sentidos relevantes para o domínio e que em geral não estão relacionados a conceitos similares em outros domínios.

- **Técnicas de análise e de estatísticas de dados (*Data analysis and statistics*):** técnicas que tiram proveito de amostras (preferencialmente grandes) de uma população com o objetivo de identificar regularidades e discrepâncias ao agrupar itens ou computar distâncias entre eles.
- **Baseadas em grafo (*Graph based*):** técnicas baseadas na análise da estrutura das ontologias, através da sua representação como grafos rotulados. O cálculo da similaridade entre um par de nós das duas ontologias baseia-se na análise de suas posições dentro do grafo, considerando que se dois nós de duas ontologias são similares, suas vizinhanças (ou seja, seus nós adjacentes) também devem apresentar um nível de similaridade.
- **Baseadas em taxonomia (*Taxonomy based*):** também consistem em algoritmos baseados em grafo, que restringem a análise à relação de especialização. Da mesma forma que as técnicas baseadas em grafo, se uma ligação do tipo “é um” (*is-a*) conecta termos já considerados similares, é provável que seus nós adjacentes também sejam similares.
- **Repositório de estruturas (*Repository of structures*):** repositórios de estruturas armazenam ontologias e seus fragmentos, juntamente com o

grau de confiança das correspondências entre pares de entidades. Ao contrário do reuso de alinhamento, repositórios de estruturas armazenam apenas similaridades entre ontologias, e não alinhamentos. No alinhamento de novas estruturas (ontologias ou fragmentos), primeiro busca-se por similaridades checando-se as estruturas disponíveis no repositório. O objetivo é identificar estruturas suficientemente similares que validem o esforço em prosseguir com o alinhamento, evitando operações sobre estruturas divergentes.

- **Baseadas em modelo (*Model based*):** algoritmos baseados em modelo manipulam as entradas com base na sua interpretação semântica. A ideia por trás desse tipo de técnica é que, se duas entidades são similares, elas compartilham a mesma interpretação lógica. Exemplos são mecanismos de inferência lógica, assumindo que as ontologias são expressas em um formalismo lógico adequado.

3.3. Métricas de Avaliação de Alinhamentos

As métricas comumente utilizadas na avaliação de alinhamentos são precisão e cobertura, baseadas na comparação entre o alinhamento resultante e o alinhamento de referência.

Segundo Euzenat e Shvaiko (2007), a precisão é calculada pela razão entre o número de correspondências corretamente identificadas e o número total de correspondências encontradas, indicando a correção do método. Já a cobertura é uma métrica de completeza, calculada pela razão entre o número de correspondências corretamente identificadas e o número de correspondências esperadas (considerando o

alinhamento de referência). Outras métricas podem ser derivadas a partir da precisão e cobertura.

4. Padrões e antipadrões de correspondências

Neste capítulo serão apresentados os padrões e antipadrões de correspondências para modelos OntoUML, principal contribuição da pesquisa.

4.1. Padrões e antipadrões de projeto

Ao considerar o alinhamento de ontologias um problema de *design* e, portanto, como nos demais problemas dessa natureza, suscetível à existência de padrões que emergem de regularidades verificadas na repetição das tarefas, Scharffe (2009) introduz o conceito de *Correspondence Patterns*, que neste texto denominaremos padrões de correspondências. Segundo o autor, padrões de correspondências representam *templates*, ou seja, soluções gerais para configurações particulares de alinhamento, que consideram um conjunto de correspondências proposto, mais que a simples indicação de correspondência entre duas entidades.

Inspirados nos padrões de projeto (*design patterns*) da área de Engenharia de Software, os padrões de correspondências representam, portanto, padrões de projeto para o processo de alinhamento de ontologias (SCHARFFE et al., 2008).

Uma área de pesquisa relacionada ao estudo de padrões de projeto consiste na abordagem de antipadrões (*antipatterns*). Na Engenharia de Software, o termo é discutido em detalhes por Brown et al. (1998), para os quais esses conceitos são relacionados conforme a figura 11.

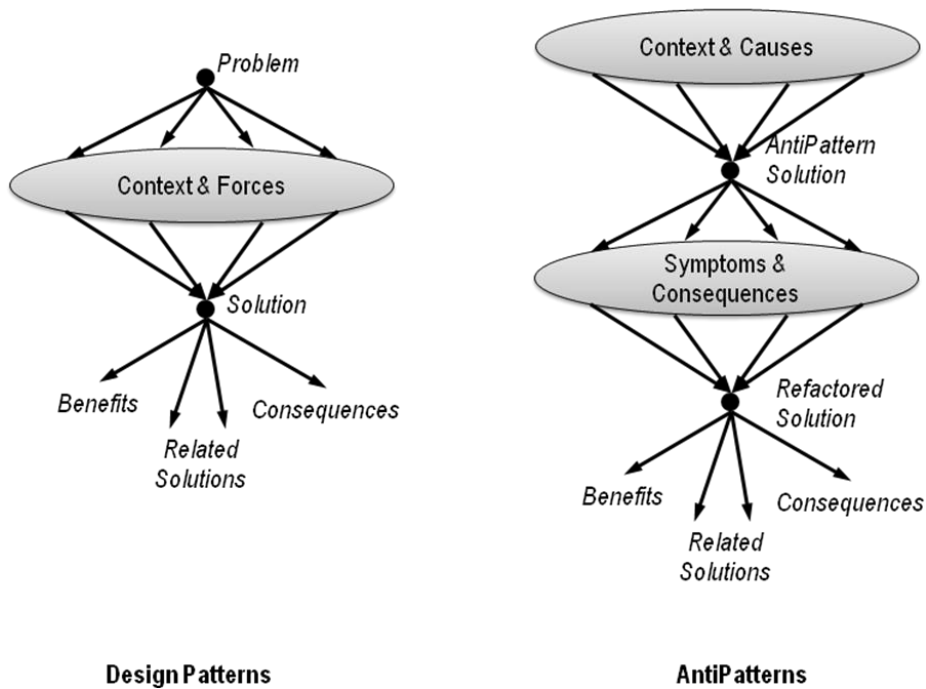


Figura 11 – Conceitos de *design pattern* e *antipattern*. Fonte: Adaptada de (BROWN et al., 1998)

Enquanto um padrão de projeto representa uma solução recorrentemente observada na prática (aplicada a partir de um problema, considerando o contexto do projeto), um antipadrão descreve uma solução problemática, podendo ser resultante do desconhecimento de uma solução melhor, ou da utilização indevida de um padrão. Conforme indicado pelos autores, antipadrões servem a dois importantes propósitos: ajudam na identificação de problemas e ajudam na implementação de soluções melhores. A identificação de problemas através de antipadrões consiste no reconhecimento de uma estrutura problemática, genericamente apresentada, enquanto a implementação de soluções pode ser realizada, por exemplo, através do método de *refactored solution*, em que o antipadrão conduz a uma solução revista, adequada ao projeto.

Na Engenharia de Ontologias, o conceito de antipadrão é utilizado por Sales et al. (2012) para designar decisões de modelagem que embutem erros na medida em que permitem a instanciação de casos não desejáveis.

No presente trabalho supomos que, assim como nas aplicações de engenharia de software e engenharia de ontologias, antipadrões podem ser utilizados no alinhamento de ontologias para capturar correspondências problemáticas e, idealmente, encaminhar soluções melhores (com maior precisão e/ou cobertura). Embora se constate a aplicação de padrões de projeto na área de alinhamento de ontologias, bem como a abordagem de antipadrões na Engenharia de Ontologias, a discussão de antipadrões não foi verificada na área de alinhamento de ontologias.

Sendo a discussão de antipadrões estreitamente relacionada à aplicação de padrões de projeto, e considerada por alguns autores mais poderosa e efetiva que a abordagem de padrões (BROWN et al., 1998), consideraremos a definição de padrões de correspondências de Scharffe (2009) para extensão da conceituação de antipadrões de correspondências.

4.2. Padrões e antipadrões de correspondências para modelos OntoUML

Se os padrões de correspondências representam soluções gerais (*templates*) para configurações particulares de correspondências, antipadrões complementam essa definição ao considerarem soluções problemáticas. Portanto, padrões e antipadrões diferenciam-se em função da natureza da solução representada: padrões modelam soluções possíveis e antipadrões modelam soluções problemáticas. Para deixar ainda mais claro o papel dos padrões e antipadrões propostos neste trabalho, adotaremos as definições a seguir.

Padrões de correspondências são *templates* de correspondências admissíveis, ou seja, modelam soluções possíveis para o alinhamento entre duas ontologias, embora a aplicação dessas soluções dependa do domínio. Portanto, a aplicação ou verificação de

um padrão não garante necessariamente um alinhamento correto e completo, pois depende do universo de discurso que está sendo tratado.

Antipadrões de correspondências são *templates* de correspondências inadmissíveis, ou seja, independentemente do domínio representam soluções incorretas e/ou incompletas.

A inadmissibilidade dos antipadrões é uma propriedade que garante total objetividade na sua aplicação, pois independe do domínio. A propriedade de admissibilidade dos padrões, por sua vez, os torna dependentes do domínio e para ilustrar essa discussão apresentaremos a seguir situações aderentes a um padrão, sem detalhamentos adicionais do mesmo, já que a formalização dos padrões e antipadrões é objeto da seção seguinte.

A figura 12 consiste em uma situação exemplo que configura um padrão, em que os tipos Kind se alinham e os conjuntos de SubKinds também se alinham. Nesse caso, a classe “Pessoa” da ontologia O corresponde à classe “Ser Humano” da ontologia O' e as classes “Homem” e “Mulher” de O correspondem às classes “Homem” e “Mulher” de O' . Considerando a interpretação natural para essas classes, o alinhamento está correto e completo.

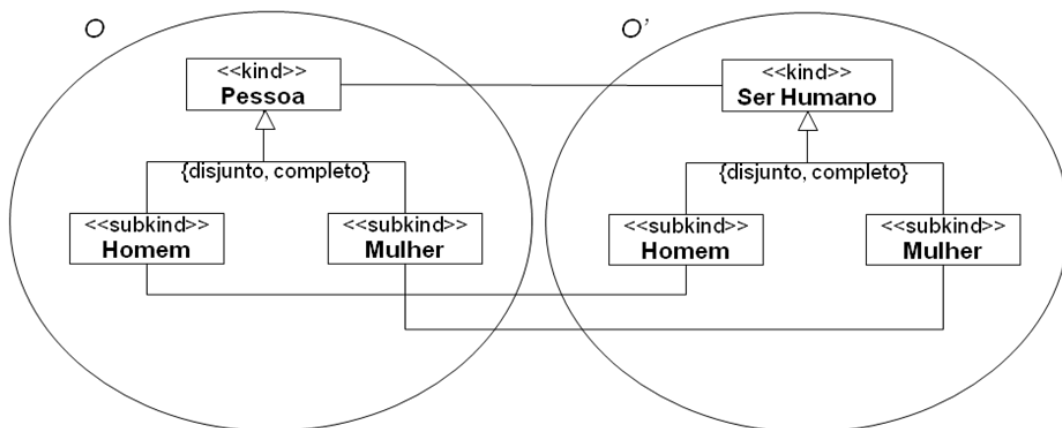


Figura 12 – Exemplo de padrão no domínio de gênero de seres humanos

Outra situação exemplo aderente ao mesmo padrão, em que os tipos Kind se alinham e os conjuntos de SubKinds também se alinham, é apresentada na figura 13. Nesse caso, considerando a interpretação natural para as classes, o alinhamento está incorreto, pois nenhuma das classes deve ser alinhada. A ontologia O trata de veículos terrestres e marítimos enquanto a ontologia O' considera esportes terrestres e marítimos. Algumas técnicas de alinhamento podem retornar essa configuração de correspondências em função da similaridade entre os termos “Terrestre” e “Marítimo”, mas embora aderente ao padrão, o alinhamento proposto é inadequado nesse contexto.

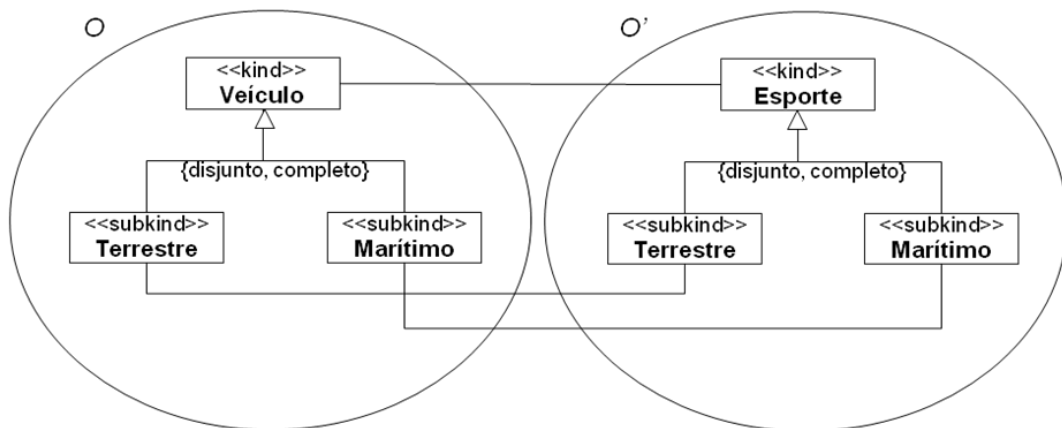


Figura 13 – Exemplo de padrão em contexto inadequado

Os padrões e antipadrões de correspondências propostos abrangem relações taxonômicas segundo a UFO, especificamente as que envolvem tipos Kind especializados em tipos SubKind, Phase e Role. O desenvolvimento dos padrões e antipadrões teve como base os padrões de projeto da OntoUML para as três naturezas de especialização - *SubKind Design Pattern*, *Phase Design Pattern* e *Role Design Pattern* (apresentados na seção 2.4) e pautou-se nas propriedades estruturais desses padrões de projeto (por exemplo, a definição de que o conjunto de classes do tipo Phase que especializa uma classe tipo Kind, é uma partição desta, ou seja é disjunto e completo) e

nas metapropriedades dos tipos envolvidos (por exemplo, a metapropriedade Rigidez de um tipo SubKind).

A seguir, cada padrão ou antipadrão proposto é ilustrado em trechos de duas ontologias (O e O') alinhadas entre si. Para cada padrão ou antipadrão proposto é apresentada a prova formal da sua admissibilidade (no caso dos padrões) ou da sua inadmissibilidade (no caso dos antipadrões) e um exemplo de sua utilização.

A notação utilizada para apresentação dos padrões e antipadrões propostos considera que:

- Sem perda de generalidade, o conjunto de classes que especializa o tipo Kind pode ser organizado em subconjuntos não vazios. Cada subconjunto é demarcado por um retângulo, conforme exemplo do destaque “1” da figura 14. Quando necessário, essas classes serão representadas pela notação de conjuntos $\mathbf{SK} = \{\mathbf{SK}_1 \dots \mathbf{SK}_n\}$, por exemplo, com o recurso negrito sendo utilizado para diferenciação de um conjunto (\mathbf{SK}) dos seus elementos (\mathbf{SK}_i);
- O alinhamento de igualdade entre subconjuntos (linha de conexão tracejada entre os retângulos, conforme destaque “2” da figura 14) indica que cada classe do subconjunto possui pelo menos uma classe correspondente no outro subconjunto. Essa é uma notação proposta pelos autores, formalizada a seguir no Postulado 3;
- A linha contínua indica uma correspondência entre classes, que pode ser de igualdade ou especialização, conforme destaque “3” e “4” da figura 14, respectivamente;

- A inexistência de alinhamento entre subconjuntos indica que as classes do subconjunto não possuem qualquer classe correspondente na outra ontologia, conforme destaque 5 da figura 14.

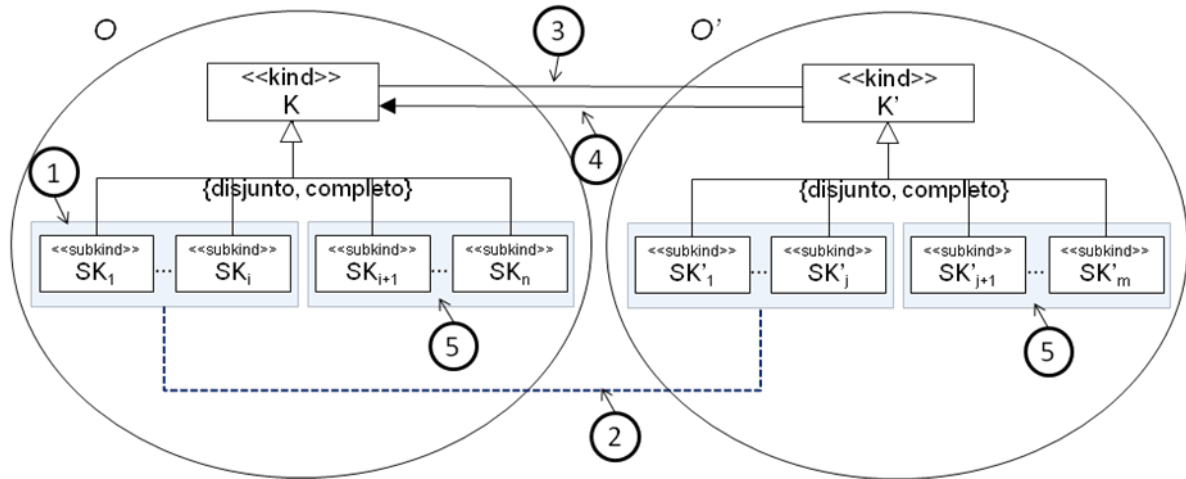


Figura 14 – Notação utilizada nos padrões e antipadrões

Os padrões e antipadrões propostos consideram correspondências de igualdade e especialização. A correspondência de igualdade entre duas classes pressupõe o compartilhamento total de instâncias, o que significa que elas abstraem o mesmo conjunto de indivíduos no mundo real. Dessa forma, podemos definir o Postulado 1. Nos postulados e nas provas das próximas seções, genericamente, I_X representa o conjunto de instâncias da classe X.

Postulado 1 (definição de correspondência - igualdade): Sejam as classes e e e' e seus conjuntos de instâncias I_e e $I_{e'}$ respectivamente. Se e e e' se alinham pela relação de igualdade então $I_e = I_{e'}$. Ou seja:

$$(e, e', \text{igualdade}) \leftrightarrow I_e = I_{e'}$$

Por sua vez, a correspondência de especialização entre duas classes, que indica que e' especializa e , implica que as instâncias de e' representam um subconjunto das instâncias de e . Com isso, podemos definir o Postulado 2.

Postulado 2 (definição de correspondência - especialização): Sejam as classes e e e' e seus conjuntos de instâncias Ie e Ie' respectivamente. Se e e e' se alinham pela relação de especialização (e' é uma especialização de e) então $Ie' \subset Ie$. Ou seja:

$$(e, e', \text{especialização}) \leftrightarrow Ie' \subset Ie$$

Essa abordagem pode ser ilustrada através dos Diagramas de Venn da figura 15.

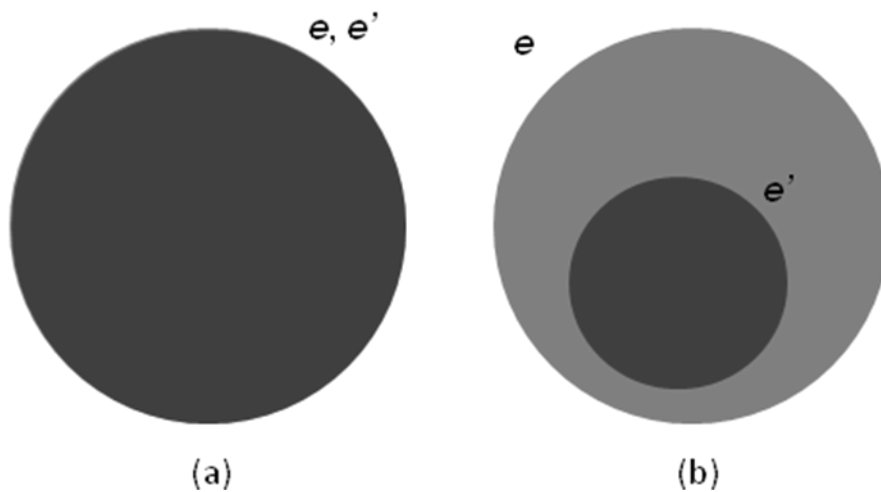


Figura 15 – Diagramas de Venn para correspondências de igualdade (a) e especialização (b)

No postulado seguinte formalizamos a notação para alinhamento de igualdade entre conjuntos de classes.

Postulado 3 (alinhamento entre conjuntos de classes - igualdade): Sejam os conjuntos de classes $C = \{C_1 \dots C_n\}$ e $C' = \{C'_1 \dots C'_m\}$. C se alinha a C' – formalizado

pela mesma notação de correspondência entre classes (\mathbf{C} , \mathbf{C}' , igualdade), se, e somente se, para todo $C_i \in \mathbf{C}$ existe pelo menos um $C'_j \in \mathbf{C}'$ tal que C_i se alinha a C'_j e para todo $C'_j \in \mathbf{C}'$ existe pelo menos um $C_i \in \mathbf{C}$ tal que C'_j se alinha a C_i .

Também nesses casos podemos aplicar o Postulado 1 que define a correspondência de igualdade entre classes, ou seja:

$$(\mathbf{C}, \mathbf{C}', \text{igualdade}) \leftrightarrow I_{\mathbf{C}} = I_{\mathbf{C}'}$$

Quando duas classes (ou conjuntos de classes) não se alinham, podemos afirmar, por sua vez, que o conjunto de instâncias não é equivalente, o que será formalizado pelo Postulado 4.

Postulado 4 (definição de não alinhamento): Sejam as classes e e e' e seus conjuntos de instâncias I_e e $I_{e'}$ respectivamente (e analogamente os conjuntos de classes \mathbf{C} e \mathbf{C}' e $I_{\mathbf{C}} = I_{\mathbf{C}'}$). Se e' e e não se alinham pela relação r , seja de igualdade ou especialização, então $I_{e'} \not\subset I_e$. Ou seja:

$$\neg (e, e', r) \leftrightarrow I_{e'} \not\subset I_e$$

$$\neg (\mathbf{C}, \mathbf{C}', r) \leftrightarrow I_{\mathbf{C}'} \not\subset I_{\mathbf{C}}$$

Podemos formalizar também uma situação mais restritiva para o não alinhamento de igualdade entre classes:

$$\neg (e, e', \text{igualdade}) \leftrightarrow I_{e'} \neq I_e$$

4.3. Padrões e antipadrões de correspondências para o tipo SubKind

A partir do *SubKind Design Pattern* (vide seção 2.4.1), considerando as propriedades de disjunção e completude do conjunto de SubKinds que especializam um mesmo Kind, bem como a rigidez dos tipos envolvidos, podemos derivar os padrões e antipadrões de correspondências apresentados a seguir.

A completude do conjunto de SubKinds de um Kind K garante que qualquer instância de K seja também instância de pelo menos um de seus SubKinds. Logo, dado que o tipo Kind é uma classe que abstrai o conjunto das classes que o especializam, o alinhamento entre classes do tipo Kind é uma consequência do alinhamento de seus SubKinds. Esse será o eixo norteador das provas dos padrões e antipadrões apresentados.

Antes da formalização de cada padrão/antipadrão será discutido um cenário de sua aplicação, com exemplos criados pelos próprios autores, inspirados em material disponível na literatura.

4.3.1. Padrão PS-1

A figura 16 consiste em uma situação exemplo que ilustra o padrão PS-1, caso em que as estruturas alinhadas são aderentes ao *SubKind Design Pattern* (vide seção 2.4.1), os conjuntos de SubKinds se alinham e os tipos Kind se alinham, ambos pela relação de igualdade.

Nesse exemplo, a classe “Pessoa” da ontologia O corresponde à classe “Ser Humano” da ontologia O' e as classes “Homem” e “Mulher” de O correspondem respectivamente às classes “Homem” e “Mulher” de O' .

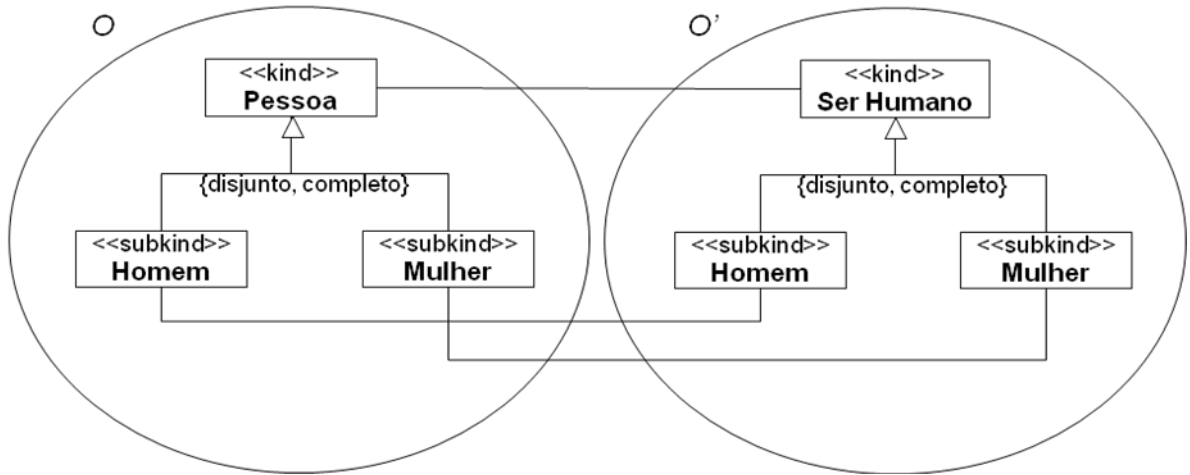


Figura 16 – Exemplo do padrão PS-1

A formalização do padrão será feita com base na figura 17 a seguir.

Seja $SK = \{SK_1 \dots SK_n\}$

Seja $SK' = \{SK'_1 \dots SK'_m\}$

onde $n, m \in \mathbb{N}$ e $n, m > 1$

Se SK se alinha a SK' então K se alinha a K' pela relação de igualdade.

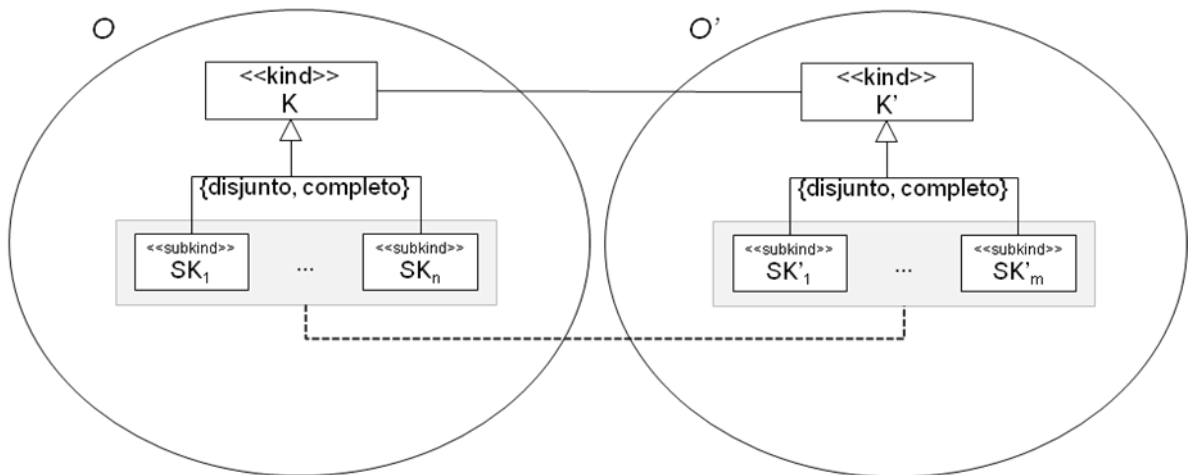


Figura 17 – Representação gráfica do padrão PS-1

Prova:

- (1) $(SK, SK', \text{igualdade})$ // pela hipótese das correspondências
- (2) $I_{SK} = I_{SK'}$ // Pelo Postulado 1 aplicado a (1)
- (3) $I_{SK} = I_K$ // pela relação de especialização, dado que SK é completo
- (4) $I_{SK'} = I_{K'}$ // pela relação de especialização, dado que SK' é completo
- (5) $I_{SK} = I_{K'}$ // pela transitividade de (2) e (4)
- (6) $I_K = I_{K'}$ // por (3) e (5)
- (7) $(K, K', \text{igualdade})$ // pelo Postulado 1 aplicado a (6), c. q. d.

4.3.2. Padrão PS-2

A figura 18 consiste em uma situação exemplo que ilustra o padrão PS-2, caso em que as estruturas alinhadas são aderentes ao *SubKind Design Pattern* (vide seção 2.4.1), o conjunto de SubKinds do Kind K' de O' se alinha a um subconjunto de SubKinds do Kind K de O e K' se alinha a K pela relação de especialização.

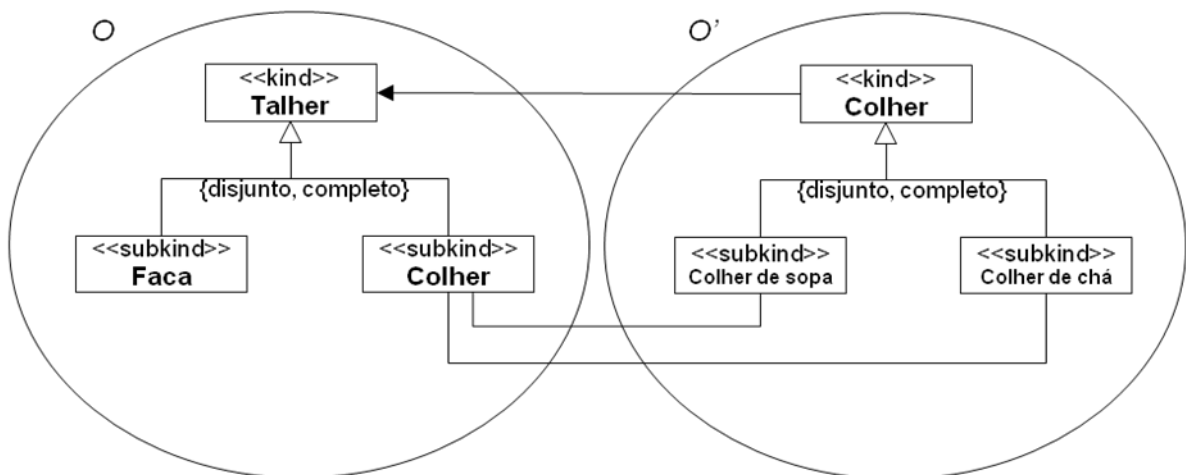


Figura 18 – Exemplo do padrão PS-2

Nesse exemplo, a classe “Colher” da ontologia O' é uma especialização da classe “Talher” de O e as classes “Colher de sopa” e “Colher de chá” de O' correspondem à classe “Colher” de O .

A formalização do padrão será feita com base na figura 19 a seguir.

Seja $SK_A = \{SK_1 \dots SK_i\}$, $SK_B = \{SK_{i+1} \dots SK_n\}$ e $SK = \{SK_1 \dots SK_n\}$

Seja $SK' = \{SK'_1 \dots SK'_m\}$

onde $i, m, n \in \mathbb{N}$ e $i < n$

Se SK_A se alinha a SK' e SK_B não se alinha a SK' então K se alinha a K' pela relação de especialização.

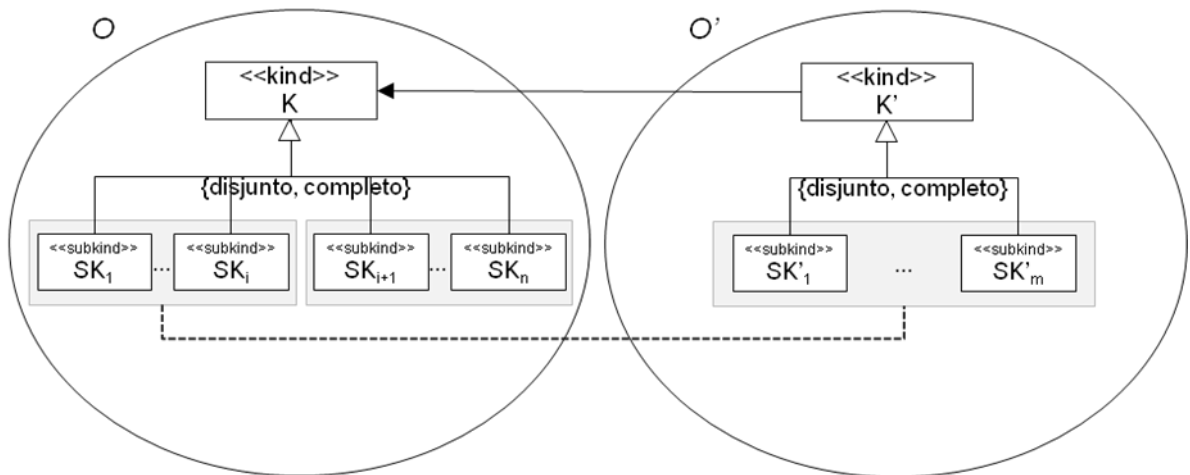


Figura 19 – Representação gráfica do padrão PS-2

Prova:

- (1) $(SK_A, SK', \text{igualdade})$ // pela hipótese das correspondências
- (2) $I_{SK_A} = I_{SK'}$ // pelo Postulado 1 aplicado a (1)
- (3) $I_{SK'} = I_K$ // pela relação de especialização, dado que SK' é completo
- (4) $I_{SK_A} = I_K$ // pela transitividade de (2) e (3)
- (5) $I_{SK} = I_{SK_A} \cup I_{SK_B}$ // pela definição de SK

- (6) $I_{SK} = I_K$ // pela relação de especialização, dado que SK é completo
- (7) $I_K = I_{SKA} \cup I_{SKB}$ // por (5) e (6)
- (8) $I_K = I_{K'} \cup I_{SKB}$ // por (4) e (7)
- (9) $I_{K'} \subset I_K$ // consequência de (8)
- (10) $(K', K, \text{especialização})$ // pelo Postulado 2 aplicado a (9), c. q. d.

4.3.3. Padrão PS-3

A figura 20 consiste em uma situação exemplo que ilustra o padrão PS-3, caso em que as estruturas alinhadas são aderentes ao *SubKind Design Pattern* (vide seção 2.4.1), um subconjunto de SubKinds do Kind K de O se alinha a um subconjunto de SubKinds do Kind K' de O' e K e K' não se alinham.

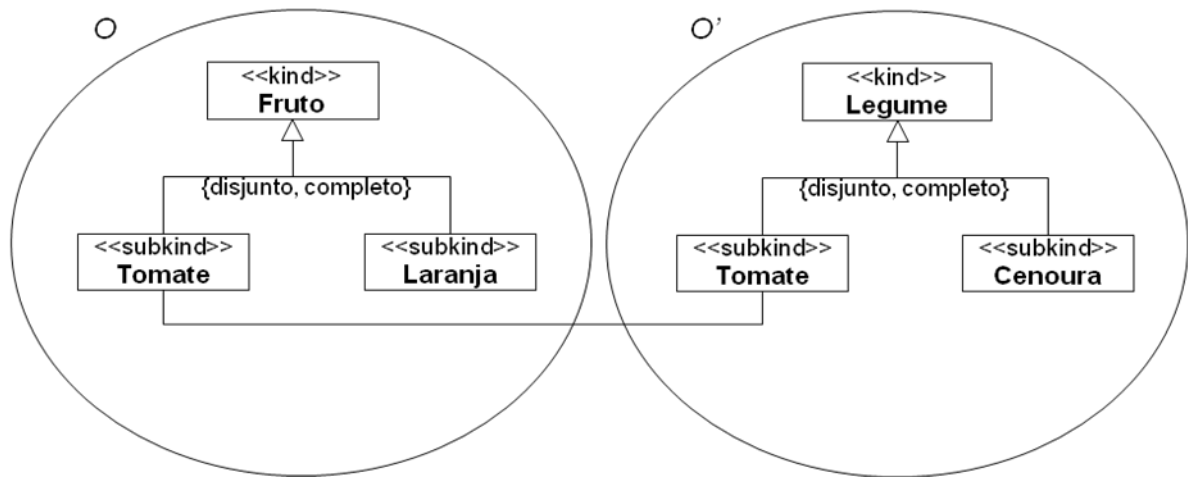


Figura 20 – Exemplo do padrão PS-3

Na botânica, tomate é um fruto, como a laranja e outros frutos popularmente denominados “frutas”. A ontologia O representa essa visão. No comércio de alimentos, os vegetais são classificados em fruta e em legume. O tomate é um legume no comércio, isto é, valem para o tomate as leis comerciais dos legumes, e não das frutas. Essa visão é

representada pela Ontologia O' . Nesse exemplo, as classes “Tomate” de O e O' se alinham mas as classes “Fruto” e “Legume” não se alinham.

A formalização do padrão será feita com base na figura 21 a seguir.

Seja $SK_A = \{SK_1 \dots SK_i\}$, $SK_B = \{SK_{i+1} \dots SK_n\}$ e $SK = \{SK_1 \dots SK_n\}$

Seja $SK'_A = \{SK'_1 \dots SK'_j\}$, $SK'_B = \{SK'_{j+1} \dots SK'_m\}$ e $SK' = \{SK'_1 \dots SK'_m\}$

onde $i, j, m, n \in \mathbb{N}$, $i < n$, e $j < m$

Se SK_A se alinha a SK'_A , SK_B não se alinha a SK' e SK'_B não se alinha a SK então K não se alinha a K' .

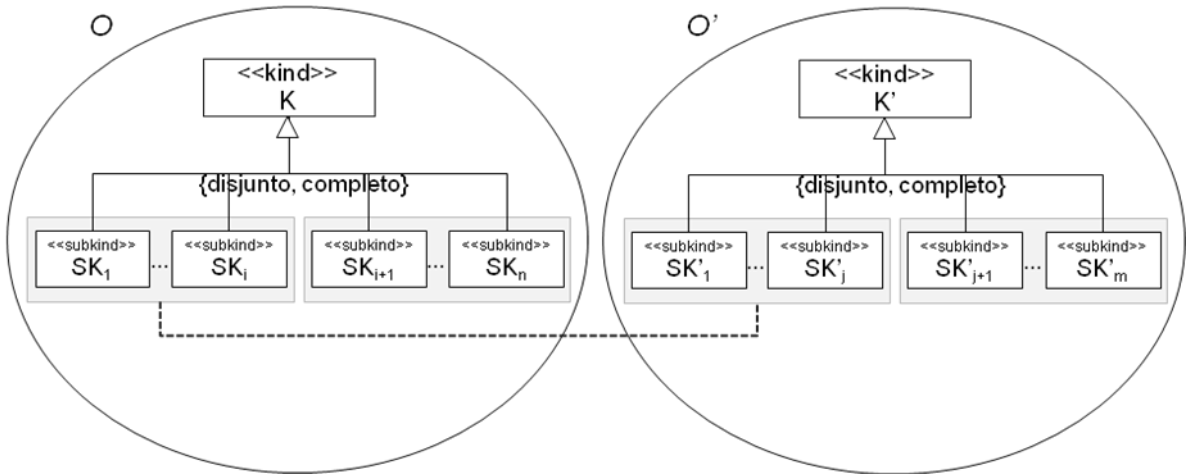


Figura 21 – Representação gráfica do padrão PS-3

Prova:

- (1) $(SK_A, SK'_A, \text{igualdade})$ // pela hipótese das correspondências
- (2) $\neg (SK_B, SK', \text{igualdade})$ // pela hipótese das correspondências
- (3) $I_{SK_B} \not\subset I_{SK'}$ // pelo Postulado 4 aplicado a (2)
- (4) $I_{SK'} = I_{K'}$ // pela relação de especialização, dado que SK' é completo
- (5) $I_{SK_B} \not\subset I_{K'}$ // por (3) e (4)
- (6) $I_{SK_B} \subset I_K$ // pela relação de especialização

(7) $I_K \neq I_{K'}$ // pela constatação de (5) e (6)

(8) $\neg (K, K', \text{igualdade})$ // pelo Postulado 4 aplicado a (7), c. q. d.

4.3.4. Padrão PS-4

Nos padrões apresentados até aqui discutimos a correspondência do tipo Kind quando há pelo menos uma correspondência entre classes do tipo SubKind das ontologias O e O' , o que pressupõe que os conjuntos de SubKind consideram especializações da mesma natureza. Considerando as situações em que não há qualquer correspondência entre as classes do tipo SubKind de O e O' , podemos derivar duas situações admissíveis (ou seja, padrões) que serão formalizadas nesta e na próxima seção, respectivamente: (i) as classes Kind não se alinham (ii) as classes Kind se alinham.

As classes Kind e seus SubKinds não se alinham, por exemplo, quando não há qualquer relação entre as classes do tipo Kind e SubKind, como ilustrado no exemplo da figura 22.

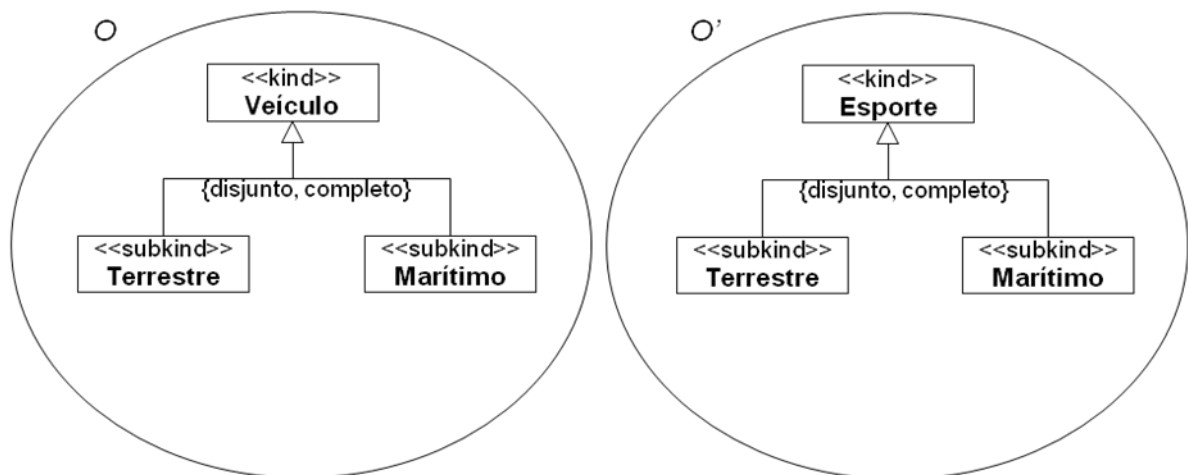


Figura 22 – Exemplo do padrão PS-4

A formalização do padrão será feita com base na figura 23.

Seja $\mathbf{SK} = \{SK_1 \dots SK_n\}$

Seja $\mathbf{SK}' = \{SK'_1 \dots SK'_m\}$

onde $n, m \in \mathbb{N}$ e $n, m > 1$

Se \mathbf{SK} não se alinha a \mathbf{SK}' então K não se alinha a K' .

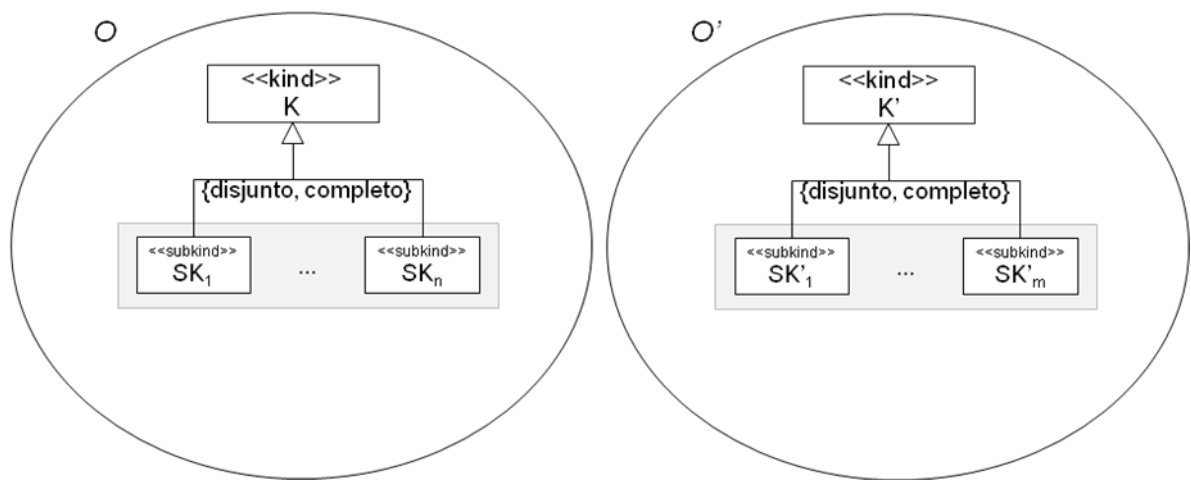


Figura 23 – Representação gráfica do padrão PS-4

4.3.5. Padrão PS-5

As classes Kind podem ser alinhadas mesmo sem a existência de correspondências entre seus SubKinds, quando os conjuntos de SubKind consideram especializações de naturezas distintas, como no exemplo da figura 24.

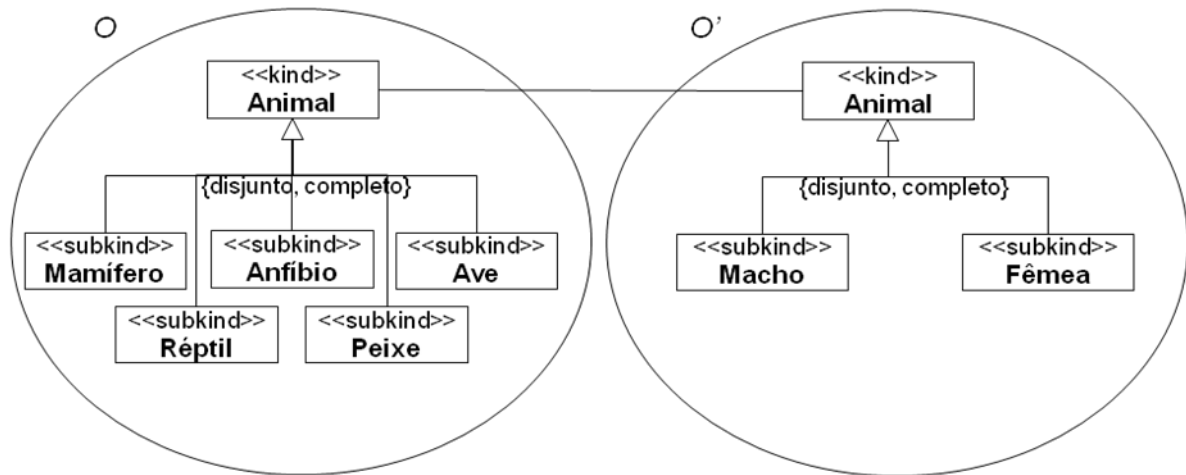


Figura 24 – Exemplo do padrão PS-5

Na ontologia O a classe Kind “Animal” é especializada conforme sua classificação biológica enquanto na ontologia O' conforme o sexo. A avaliação do alinhamento entre as classes Kind, nesse caso, vai depender do limite imposto pelas classes do tipo SubKind. A ontologia O representa todos os animais vertebrados e a ontologia O' classifica os animais como “Macho” ou “Fêmea”. Dessa forma, o alinhamento entre as classes “Animal” é admissível, expandindo a especialização de O para O' e vice-versa.

Nesse ponto, cabe uma reflexão sobre o papel da ontologia de fundamentação na explicitação do domínio, para que a formalização do modelo o torne o menos dependente possível de interpretação por especialistas, especialmente quando se almeja um processo de alinhamento automatizado. A definição do *SubKind Design Pattern*, por exemplo, incentiva o modelador a explicitar o complemento das classes Kind e SubKind que ele adiciona ao modelo (GUIZZARDI et al., 2011), já que o conjunto irá ser caracterizado como disjuncto e completo.

A formalização do padrão será feita com base na figura 25 a seguir.

Seja $\mathbf{SK} = \{SK_1 \dots SK_n\}$

Seja $SK' = \{SK'_1 \dots SK'_m\}$

onde $n, m \in \mathbb{N}$ e $n, m > 1$

Se SK não se alinha a SK' então K pode se alinhar a K' se SK e SK' referem-se a distintas naturezas de especializações.

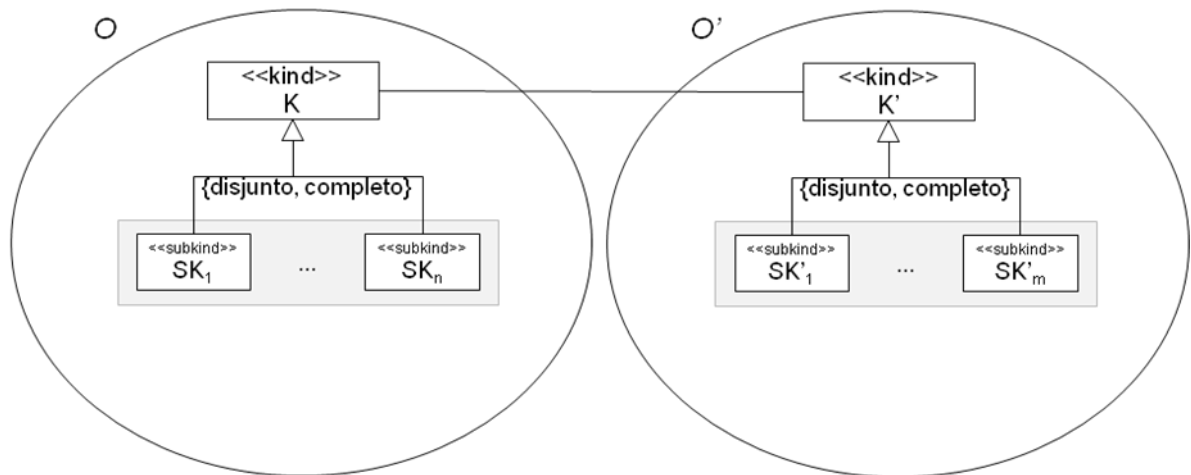


Figura 25 – Representação gráfica do padrão PS-5

4.3.6. Antipadrão APS-1

Até aqui apresentamos padrões de correspondências, que constituem *templates* de correspondências admissíveis, ou seja, modelam soluções possíveis para o alinhamento entre trechos de duas ontologias. A partir desta seção apresentaremos antipadrões de correspondências, *templates* de correspondências inadmissíveis, ou seja, independentemente do caso representam soluções incorretas e/ou incompletas.

A figura 26 exemplifica o antipadrão APS-1, caso em que as estruturas alinhadas são aderentes ao *SubKind Design Pattern* (vide seção 2.4.1), um subconjunto de SubKinds do Kind K de O se alinha a um subconjunto de SubKinds do Kind K' de O' e K e K' se alinham pela relação de igualdade.

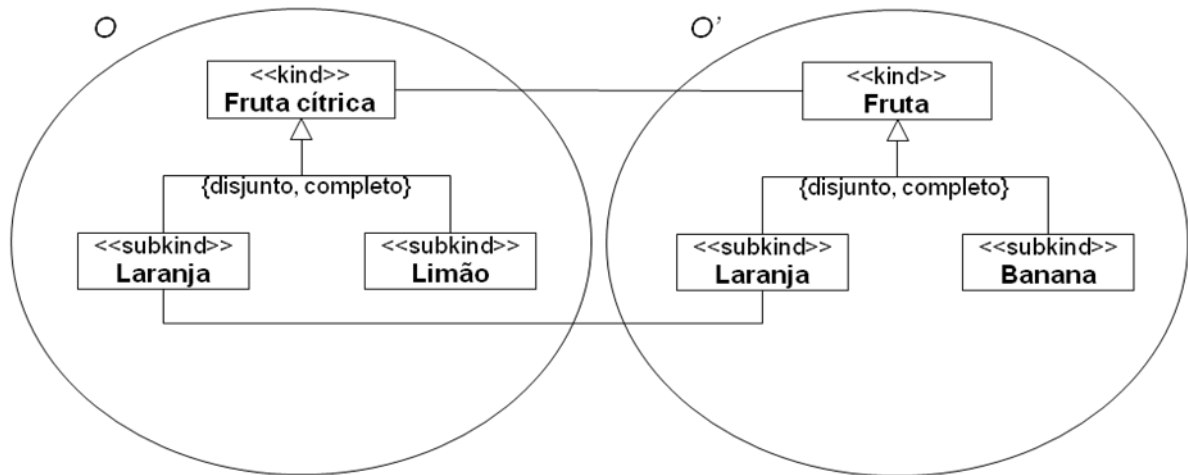


Figura 26 – Exemplo do antipadrão APS-1

Nesse exemplo, as classes “Laranja” de O e O' são correspondentes, bem como as classes “Fruta cítrica” e “Fruta”. Contudo, a classe “Fruta cítrica” possui instâncias de “Laranja” e “Limão” enquanto a classe “Fruta” possui instâncias de “Laranja”, mas não de “Limão”, e inclui também instâncias de “Banana”. Dessa forma, a correspondência entre as classes “Fruta cítrica” e “Fruta” é inadmissível nesse caso, pois o conjunto de instâncias que elas abstraem não é compatível.

A formalização do antipadrão será feita com base na figura 27 a seguir.

Seja $\mathbf{SK}_A = \{SK_1 \dots SK_i\}$, $\mathbf{SK}_B = \{SK_{i+1} \dots SK_n\}$ e $\mathbf{SK} = \{SK_1 \dots SK_n\}$

Seja $\mathbf{SK}'_A = \{SK'_1 \dots SK'_j\}$, $\mathbf{SK}'_B = \{SK'_{j+1} \dots SK'_m\}$ e $\mathbf{SK}' = \{SK'_1 \dots SK'_m\}$

onde $i, j, m, n \in \mathbb{N}$, $i < n$, $j < m$

Se \mathbf{SK}_A se alinha a \mathbf{SK}'_A , \mathbf{SK}_B não se alinha a \mathbf{SK}' e \mathbf{SK}'_B não se alinha a \mathbf{SK} então é inadmissível que K se alinhe a K' .

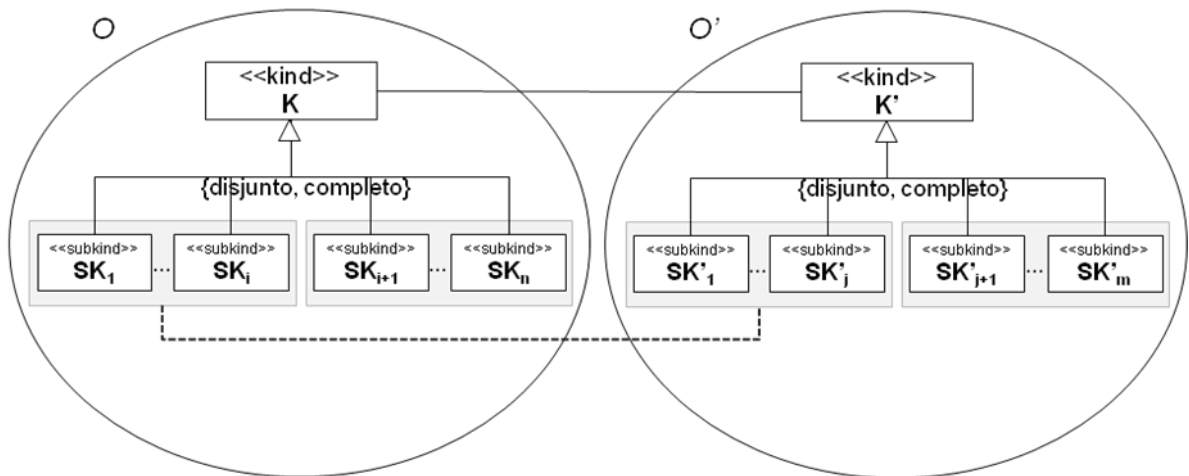


Figura 27 – Representação gráfica do antipadrão APS-1

Essa e demais provas para os antipadrões será feita por contradição. A partir da hipótese que caracteriza o antipadrão, iniciaremos a prova negando o seu conseqüente, adicionando-o ao conjunto de cláusulas, chegando ao final em uma contradição, a partir da qual podemos concluir que o conseqüente da hipótese é falso.

Prova:

CONSEQUENTE DA HIPÓTESE

$\neg (K, K', \text{igualdade})$

PROVA POR CONTRADIÇÃO

- (1) $(K, K', \text{igualdade})$ // negação do conseqüente da hipótese
- (2) $I_{SKB} \subset I_K$ // pela relação de especialização
- (3) $I_K = I_{K'}$ // pelo Postulado 1 aplicado a (1)
- (4) $I_{SKB} \subset I_{K'}$ // por (2) e (3)
- (5) $I_{K'} = I_{SK'}$ // pela relação de especialização, dado que SK' é completo
- (6) $I_{SKB} \subset I_{SK'}$ // por (4) e (5)

(7) $\neg (\mathbf{SK}_B, \mathbf{SK}_{B'}, \text{igualdade})$ // pela hipótese das correspondências

(8) $I_{SK_B} \not\subset I_{SK_{B'}}$ // pelo Postulado 4 aplicado a (7)

Isto é uma contradição (6) e (8), é inadmissível que K se alinhe a K'!

4.3.7. Antipadrão APS-2

A figura 28 exemplifica o antipadrão APS-2, caso em que as estruturas alinhadas são aderentes ao *SubKind Design Pattern* (vide seção 2.4.1), um subconjunto de SubKinds do Kind K de O se alinha a um subconjunto de SubKinds do Kind K' de O' e um dos tipos Kind se alinha a um SubKind do outro tipo Kind pela relação de igualdade.

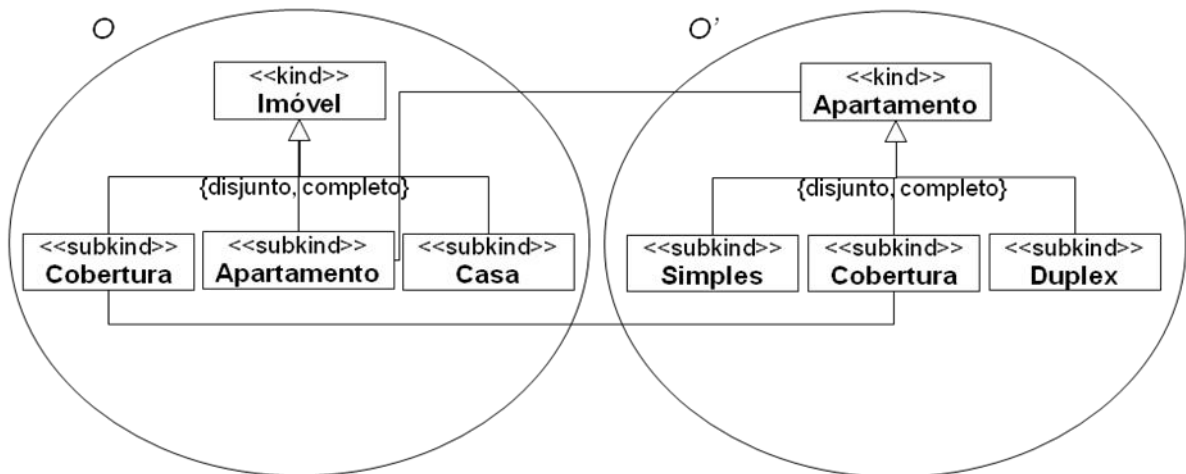


Figura 28 – Exemplo do antipadrão APS-2

Pela ontologia O , um “Imóvel” pode ser uma “Casa”, um “Apartamento” ou uma “Cobertura”. Já segundo a ontologia O' , um “Apartamento” pode ser do tipo “Simples”, “Cobertura” ou “Duplex”. Essa configuração de correspondências é inadmissível, pois a classe “Apartamento” de O' inclui instâncias da classe “Cobertura”. Na ontologia O “Apartamento” e “Cobertura” são classes disjuntas. A formalização do padrão será feita com base na figura 29 a seguir.

Seja $\mathbf{SK}_A = \{SK_1 \dots SK_i\}$, $\mathbf{SK}_B = \{SK_{i+1} \dots SK_n\}$, $\mathbf{SK} = \{SK_1 \dots SK_n\}$ e $SK_x \in$

\mathbf{SK}_B

Seja $\mathbf{SK}'_A = \{SK'_1 \dots SK'_j\}$ e $\mathbf{SK}' = \{SK'_1 \dots SK'_m\}$

onde $i, j, m, n, x \in \mathbb{N}$, $i < n$, $j < m$ e $i < x \leq n$

Se \mathbf{SK}_A se alinha a \mathbf{SK}'_A então é inadmissível que SK_x se alinhe a K' .

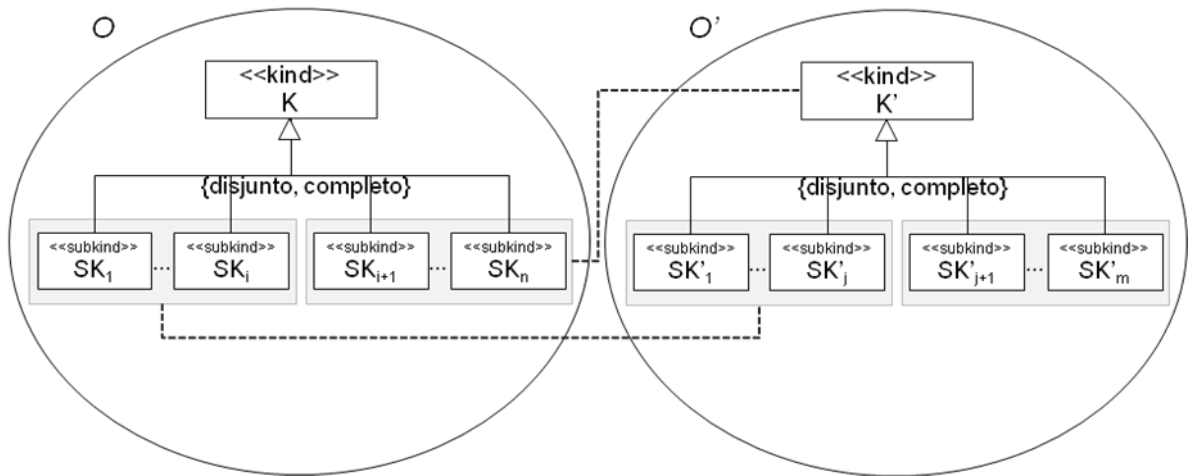


Figura 29 – Representação gráfica do antipadrão APS-2

Prova:

CONSEQUENTE DA HIPÓTESE

$\neg (SK_x, K', \text{igualdade})$

PROVA POR CONTRADIÇÃO

- (1) $(SK_x, K', \text{igualdade})$ // negação do consequente da hipótese
- (2) $I_{SK_A} \cap I_{SK_B} = \emptyset$ // dado que \mathbf{SK} é disjunto
- (3) $SK_x \in \mathbf{SK}_B$ // pelo domínio de x
- (4) $(\mathbf{SK}_A, \mathbf{SK}'_A, \text{igualdade})$ // pela hipótese das correspondências
- (5) $I_{SK_A} = I_{SK'_A}$ // pelo Postulado 1 aplicado a (4)
- (6) $I_{SK'_A} \subset I_{K'}$ // pela relação de especialização

- (7) $I_{SKA} \subset I_{K'}$ // por (5) e (6)
- (8) $I_{K'} = I_{SKx}$ // pelo Postulado 1 aplicado a (1)
- (9) $I_{SKA} \subset I_{SKx}$ // por (7) e (8)
- (10) $I_{SKA} \cap I_{SKx} \neq \emptyset$ //por (9)
- (11) $I_{SKA} \cap I_{SKB} \neq \emptyset$ //por (3) e (10)

Isto é uma contradição (2) e (11), é inadmissível que K se alinhe a K'!

4.3.8. Antipadrão APS-3

A figura 30 exemplifica o antipadrão APS-3, caso em que as estruturas a serem alinhadas são aderentes ao *SubKind Design Pattern* (vide seção 2.4.1), os conjuntos de SubKinds se alinham e os tipos Kind não se alinham.

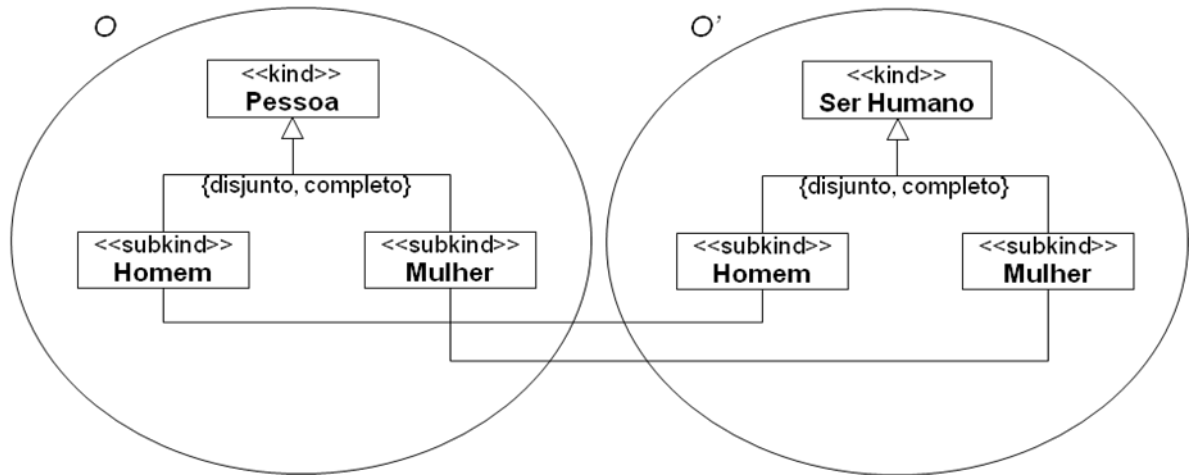


Figura 30 – Exemplo do antipadrão APS-3

Nesse caso, se as classes “Homem” e “Mulher” de O correspondem às classes “Homem” e “Mulher” de O' , é inadmissível que a classe “Pessoa” da ontologia O não se alinhe à classe “Ser Humano” da ontologia O' .

A formalização do padrão será feita com base na figura 31 a seguir.

Seja $\mathbf{SK} = \{SK_1 \dots SK_n\}$

Seja $\mathbf{SK}' = \{SK'_1 \dots SK'_m\}$

onde $n, m \in \mathbb{N}$ e $n, m > 1$

Se \mathbf{SK} se alinha a \mathbf{SK}' então é inadmissível que K não se alinhe a K' pela relação de igualdade.

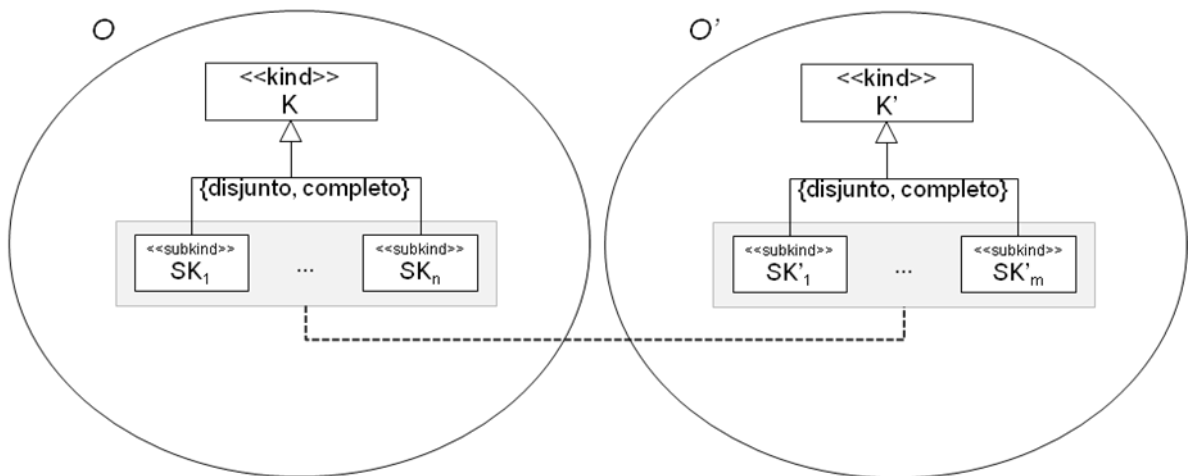


Figura 31 – Representação gráfica do antipadrão APS-3

Prova:

CONSEQUENTE DA HIPÓTESE

$(K, K', \text{igualdade})$

PROVA POR CONTRADIÇÃO

- (1) $\neg (K, K', \text{igualdade})$ // negação do consequente da hipótese
- (2) $I_{SK} = I_K$ // pela relação de especialização, dado que \mathbf{SK} é completo
- (3) $I_{SK'} = I_{K'}$ // pela relação de especialização, dado que \mathbf{SK}' é completo
- (4) $(\mathbf{SK}, \mathbf{SK}', \text{igualdade})$ // pela hipótese das correspondências
- (5) $I_{SK} = I_{SK'}$ // pelo Postulado 1 aplicado a (4)
- (6) $I_K = I_{K'}$ // por (2) e (5)

(7) $I_K = I_{K'}$ // por (3) e (6)

(8) $(K, K', \text{igualdade})$ // pelo Postulado 1 aplicado a (7)

Isto é uma contradição (1) e (8), é inadmissível que K não se alinhe a K' pela relação de igualdade!

4.3.9. Antipadrão APS-4

A figura 32 exemplifica o antipadrão APS-4, caso em que as estruturas alinhadas são aderentes ao *SubKind Design Pattern* (vide seção 2.4.1), o conjunto de SubKinds do Kind K' de O' se alinha a um subconjunto de SubKinds do Kind K de O e K se alinha a K' pela relação de igualdade.

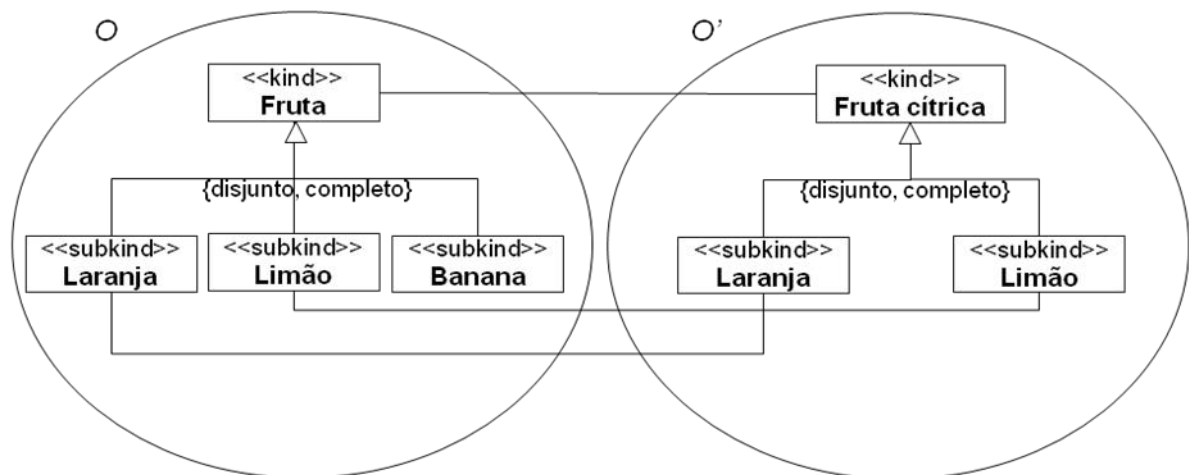


Figura 32 – Exemplo do antipadrão APS-4

As classes “Laranja” e “Limão” são tipos de “Fruta cítrica” segundo a ontologia O' e tipos de “Fruta” pela ontologia O. A ontologia O engloba também demais frutas, como a “Banana”. Dessa forma, a relação da correspondência entre as classes “Fruta cítrica” e “Fruta” não é de igualdade, mas de especialização.

A formalização do padrão será feita com base na figura 33 a seguir.

Seja $SK_A = \{SK_1 \dots SK_i\}$, $SK_B = \{SK_{i+1} \dots SK_n\}$ e $SK = \{SK_1 \dots SK_n\}$

Seja $SK' = \{SK'_1 \dots SK'_m\}$

onde $i, m, n \in \mathbb{N}$ e $i < n$

Se SK_A se alinha a SK' e SK_B não se alinha a SK' então é inadmissível que K se alinhe a K' pela relação de igualdade.

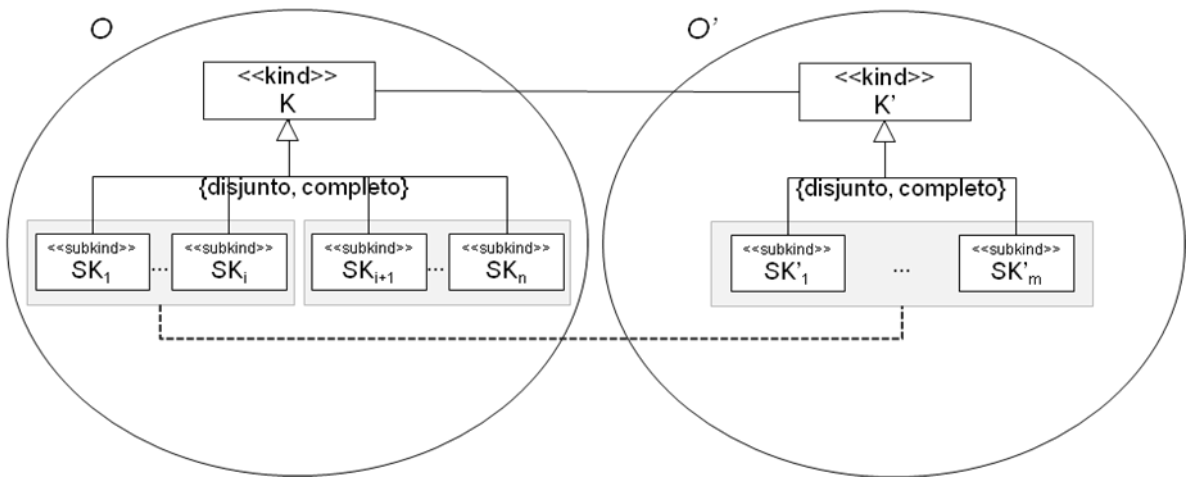


Figura 33 – Representação gráfica do antipadrão APS-4

Prova:

CONSEQUENTE DA HIPÓTESE

$\neg (K, K', \text{igualdade})$

PROVA POR CONTRADIÇÃO

- (1) $(K, K', \text{igualdade})$ // negação do consequente da hipótese
- (2) $I_{SKB} \subset I_K$ // pela relação de especialização
- (3) $I_K = I_{K'}$ // pelo Postulado 1 aplicado a (1)
- (4) $I_{SKB} \subset I_{K'}$ // por (2) e (3)
- (5) $I_{K'} = I_{SK'}$ // pela relação de especialização, dado que SK' é completo
- (6) $I_{SKB} \subset I_{SK'}$ // por (4) e (5)
- (7) $\neg (SK_B, SK', \text{igualdade})$ // pela hipótese das correspondências

(8) $ISK_B \not\subset ISK'$ // pelo Postulado 4 aplicado a (7)

Isto é uma contradição (6) e (8), é inadmissível que K alinhe a K' pela relação de igualdade!

4.3.10. Antipadrão APS-5

A figura 34 exemplifica o antipadrão APS-5, caso em que as estruturas alinhadas são aderentes ao *SubKind Design Pattern* (vide seção 2.4.1), o conjunto de SubKinds do Kind K' de O' se alinha a um subconjunto de SubKinds do Kind K de O e K' e K não se alinham.

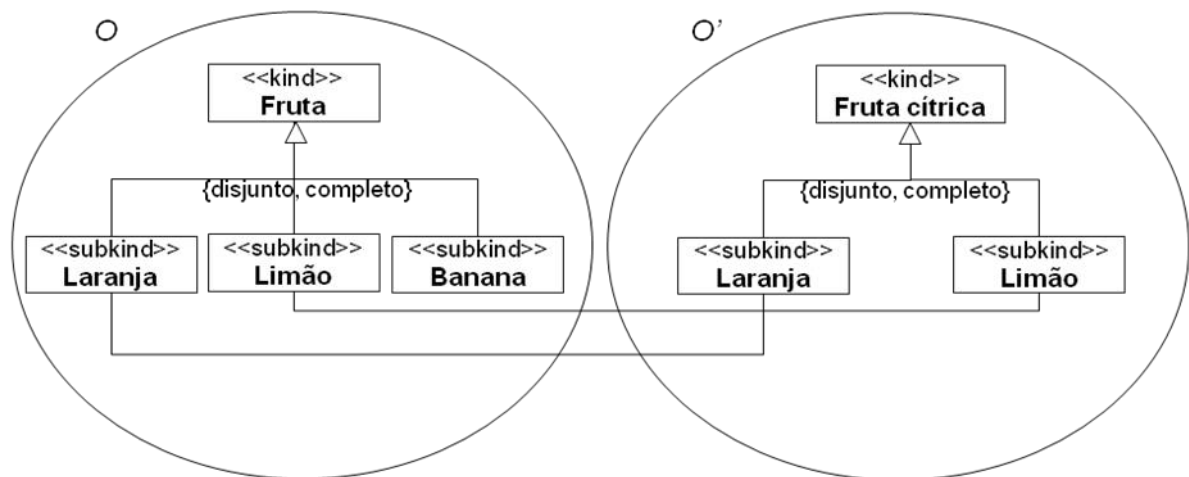


Figura 34 – Exemplo do antipadrão APS-5

As ontologias O e O' são as mesmas do exemplo da seção anterior, mas nesse caso as classes Kind “Fruta” e “Fruta cítrica” não estão alinhadas. A indicação de padrão nesse caso é também a mesma, que as classes “Fruta cítrica” e “Fruta” se alinhem pela relação de especialização.

A formalização do padrão será feita com base na figura 35 a seguir.

Seja $SK_A = \{SK_1 \dots SK_i\}$, $SK_B = \{SK_{i+1} \dots SK_n\}$ e $SK = \{SK_1 \dots SK_n\}$

Seja $SK' = \{SK'_1 \dots SK'_m\}$

onde $n, m \in \mathbb{N}$ e $i < n$

Se SK_A se alinha a SK' e SK_B não se alinha a SK' então é inadmissível que K não se alinhe a K' pela relação de especialização.

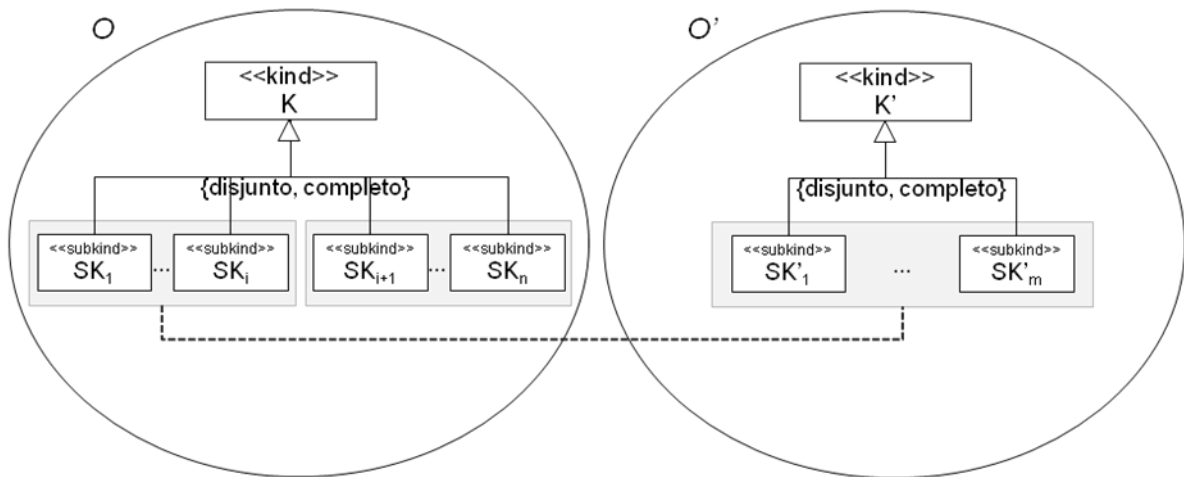


Figura 35 – Representação gráfica do antipadrão APS-5

Prova:

CONSEQUENTE DA HIPÓTESE

(K, K' , especialização)

PROVA POR CONTRADIÇÃO

- (1) $\neg (K, K', \text{especialização})$ // negação do consequente da hipótese
- (2) $(SK_A, SK', \text{igualdade})$ // pela hipótese das correspondências
- (3) $\neg (SK_B, SK', \text{igualdade})$ // pela hipótese das correspondências
- (4) $I_{SK_B} \not\subset I_{SK'}$ // pelo Postulado 4 aplicado a (3)
- (5) $I_{SK'} = I_{K'}$ // pela relação de especialização, dado que SK' é completo
- (6) $I_{SK_B} \not\subset I_{K'}$ // por (4) e (5)
- (7) $I_{SK_B} \subset I_K$ // pela relação de especialização

- (8) $I_K \neq I_{K'}$ // pela constatação de (6) e (7)
- (9) $\neg (K, K', \text{igualdade})$ // pelo Postulado 4 aplicado a (8), c. q. d.
- (10) $I_{SKA} = I_{SK'}$ // pelo Postulado 1 aplicado a (2)
- (11) $I_{SKA} = I_{K'}$ // por (5) e (10)
- (12) $I_{SK} = I_{SKA} \cup I_{SKB}$ // pela definição de **SK**
- (13) $I_{SK} = I_{K'} \cup I_{SKB}$ // por (11) e (12)
- (14) $I_{SK} = I_K$ // pela relação de especialização, dado que **SK** é completo
- (15) $I_K = I_{K'} \cup I_{SKB}$ // por (13) e (14)
- (16) $I_{K'} \subset I_K$ // consequência de (15)
- (17) $(K, K', \text{especialização})$ // pelo Postulado 2 aplicado a (16), c. q. d.

Isto é uma contradição (1) e (17), é inadmissível que K não se alinhe a K' pela relação de especialização!

4.4. Padrões e antipadrões de correspondências para o tipo Phase

Considerando as propriedades de disjunção e completude do conjunto de Phases que especializam um mesmo Kind, bem como a anti-rigidez dos tipos envolvidos, podemos derivar os padrões e antipadrões de correspondências apresentados a seguir. Apresentaremos os padrões e antipadrões desta seção considerando sempre um Kind especializado em Phases, mas esse primeiro tipo pode já ser a especialização de um Kind, configurando-se como um SubKind.

Na seção 2.4.1 destacamos que os tipos Kind (e SubKind) são particularmente importantes pois todo objeto do modelo deve ser instância de exatamente um Kind. Esse tipo rígido determina a identidade dos indivíduos que ele representa. O tipo Phase, por outro lado, modela fases desses indivíduos, mas sua identidade é definida pelo tipo Kind que ele especializa. Dessa forma, uma premissa para os padrões apresentados nesta

seção é de que a correspondência entre tipos Phase só é possível se os tipos Kind que eles especializam se alinham.

A intuição para esses padrões é muito semelhante à apresentada na seção anterior envolvendo especializações de Kinds em SubKinds. As estruturas são análogas (alterando-se apenas os tipos SubKinds para Phases) e as provas aplicáveis não serão replicadas.

4.4.1. Padrão PP-1

A estrutura desse padrão é análoga a do PS-1, mas considera o *Phase Design Pattern* (vide seção 2.4.2). A sua formalização será feita com base na figura 36 a seguir.

A prova da admissibilidade do PS-1 é aplicável nesse caso (vide seção 4.3.1).

Seja $\mathbf{PH} = \{PH_1 \dots PH_n\}$

Seja $\mathbf{PH}' = \{PH'_1 \dots PH'_m\}$

onde $n, m \in \mathbb{N}$ e $n, m > 1$

Se \mathbf{PH} se alinha a \mathbf{PH}' então K se alinha a K' pela relação de igualdade.

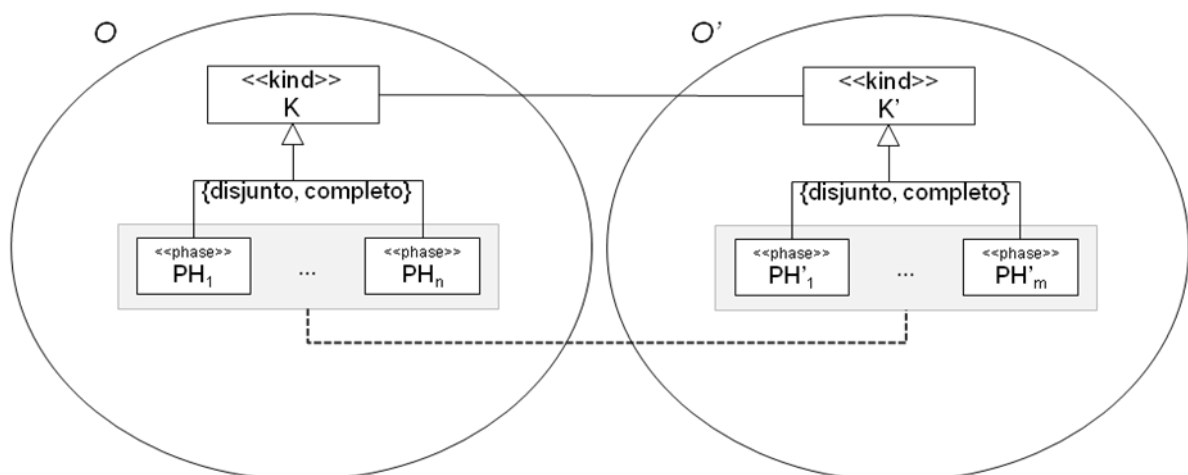


Figura 36 – Representação gráfica do padrão PP-1

Um exemplo desse padrão é ilustrado na figura 37. Pelo Estatuto da Criança e do Adolescente, considera-se “Criança” a pessoa até doze anos de idade incompletos e “Adolescente” aquela entre doze e dezoito anos de idade. Essa visão é representada na ontologia O' , com a classe “Adulto” representando as pessoas com mais de dezoito anos. A mesma lei considera inimputáveis os menores de dezoito anos. Sob essa visão de maioridade penal, a ontologia O representa como “Menor” a pessoa com até dezoito anos de idade, e “Maior”, as pessoas com idade superior a esse limite. Nesse caso, a classe “Pessoa” da ontologia O corresponde à classe “Pessoa” da ontologia O' , a classe “Menor” de O corresponde às classes “Criança” e “Adolescente” de O' e a classe “Maior” de O corresponde à classe “Adulto” de O' .

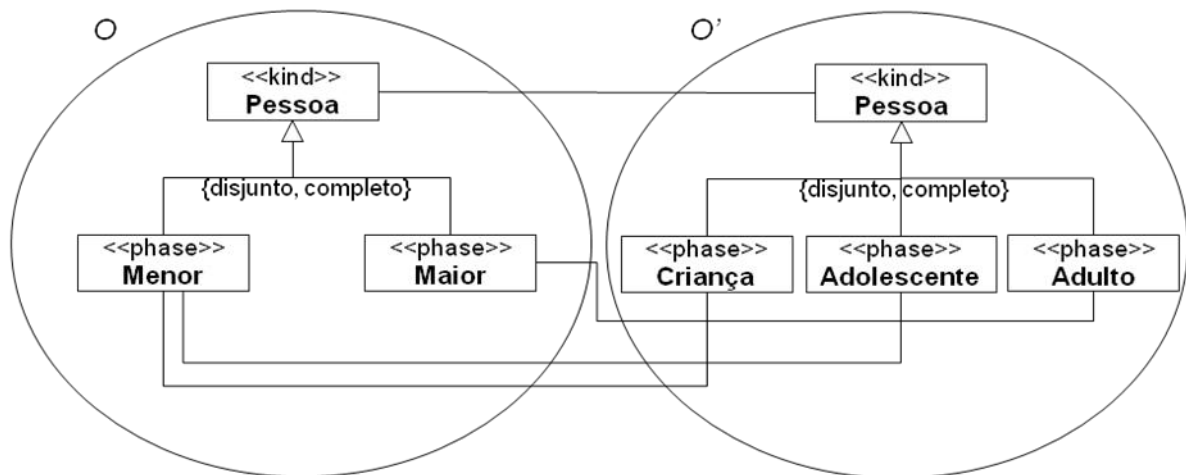


Figura 37 – Exemplo do padrão PP-1

4.4.2. Padrão PP-2

A estrutura desse padrão é análoga a do PS-2. A sua formalização será feita com base na figura 38 a seguir. A prova da admissibilidade do PS-2 é aplicável nesse caso (vide seção 4.3.2).

Seja $\mathbf{PH}_A = \{PH_1 \dots PH_i\}$, $\mathbf{PH}_B = \{PH_{i+1} \dots PH_n\}$ e $\mathbf{PH} = \{PH_1 \dots PH_n\}$

Seja $\mathbf{SK}' = \{PH'_1 \dots PH'_m\}$

onde $i, m, n \in \mathbb{N}$ e $i < n$

Se \mathbf{PH}_A se alinha a \mathbf{PH}' e \mathbf{PH}_B não se alinha a \mathbf{PH}' então K se alinha a K' pela relação de especialização.

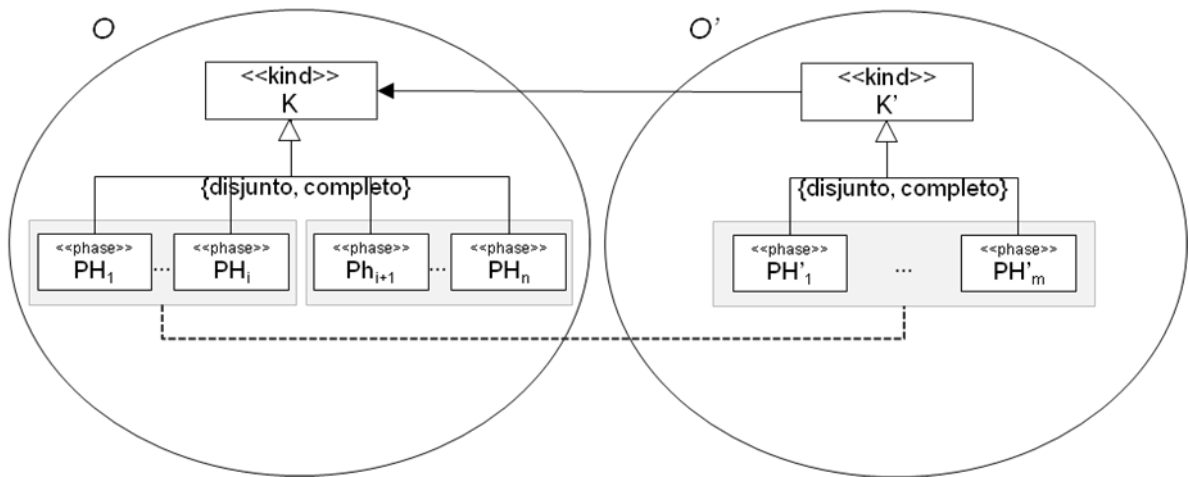


Figura 38 – Representação gráfica do padrão PP-2

Um exemplo desse padrão é ilustrado na figura 39.

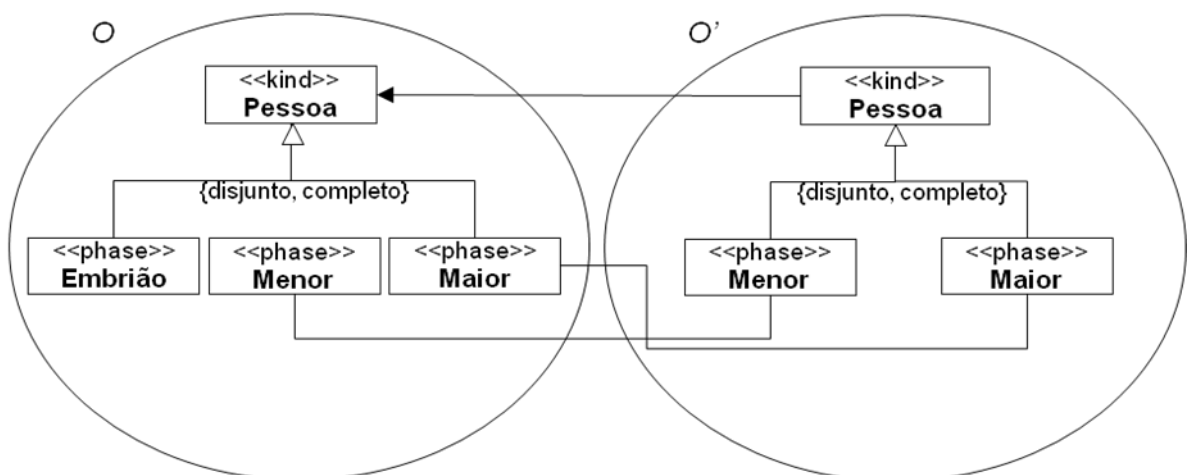


Figura 39 – Exemplo do padrão PP-2

4.4.3. Padrão PP-3

A estrutura desse padrão é análoga a do PS-4. A sua formalização será feita com base na figura 40 a seguir.

Seja $\mathbf{PH} = \{PH_1 \dots PH_n\}$

Seja $\mathbf{PH}' = \{PH'_1 \dots PH'_m\}$

onde $n, m \in \mathbb{N}$ e $n, m > 1$

Se \mathbf{PH} não se alinha a \mathbf{PH}' então K não se alinha a K' .

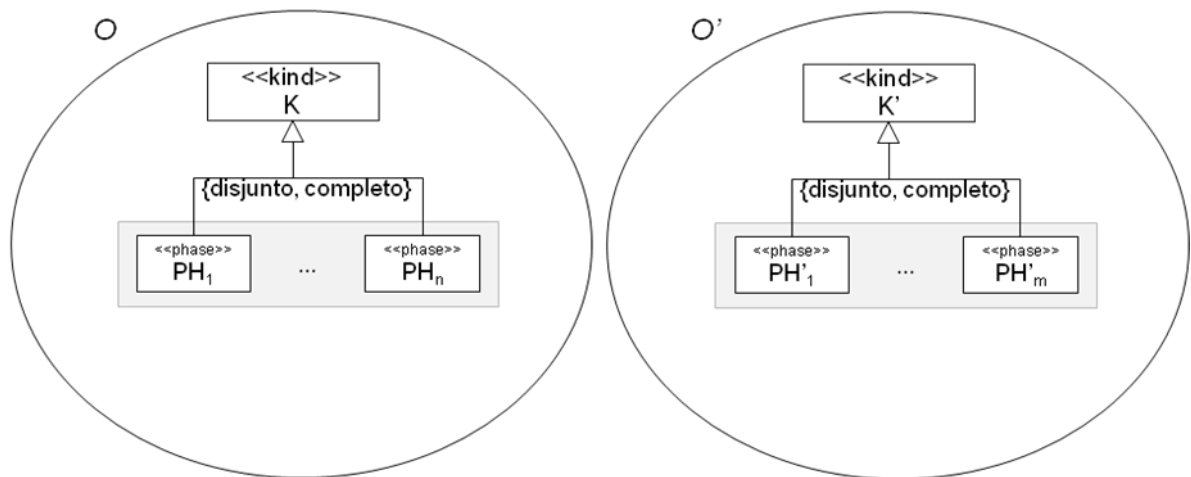


Figura 40 – Representação gráfica do padrão PP-3

As classes Kind e seus Phases não se alinham, por exemplo, quando não há qualquer relação entre as classes do tipo Kind e Phase, como ilustrado no exemplo da figura 41.

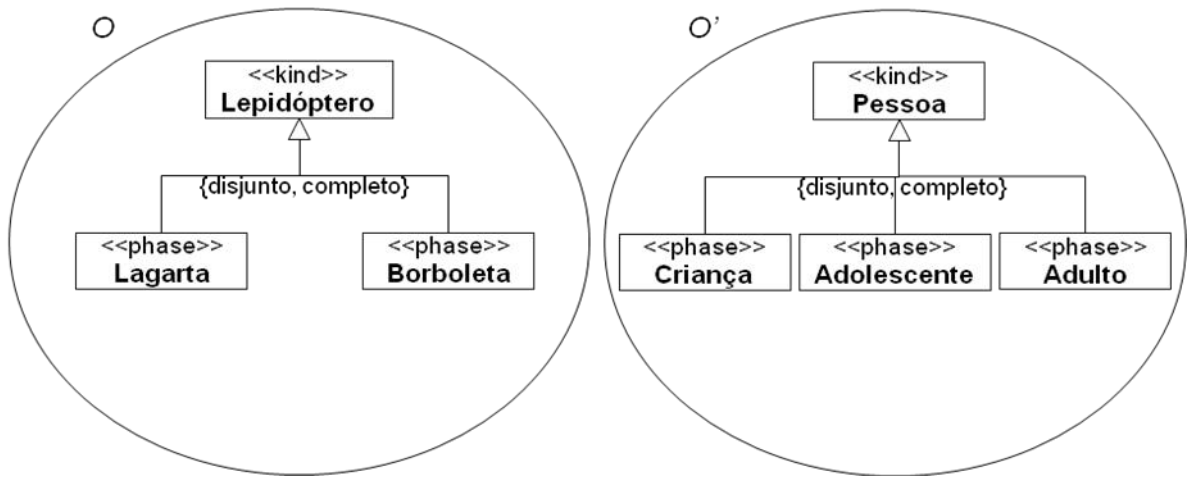


Figura 41 – Exemplo do padrão PP-3

4.4.4. Padrão PP-4

A estrutura desse padrão é análoga a do PS-5. A sua formalização será feita com base na figura 42 a seguir.

Seja $\mathbf{PH} = \{PH_1 \dots PH_n\}$

Seja $\mathbf{PH}' = \{PH'_1 \dots PH'_m\}$

onde $n, m \in \mathbf{N}$ e $n, m > 1$

Se \mathbf{PH} não se alinha a \mathbf{PH}' então K pode se alinhar a K' se \mathbf{PH} e \mathbf{PH}' referem-se a distintas naturezas de especializações.

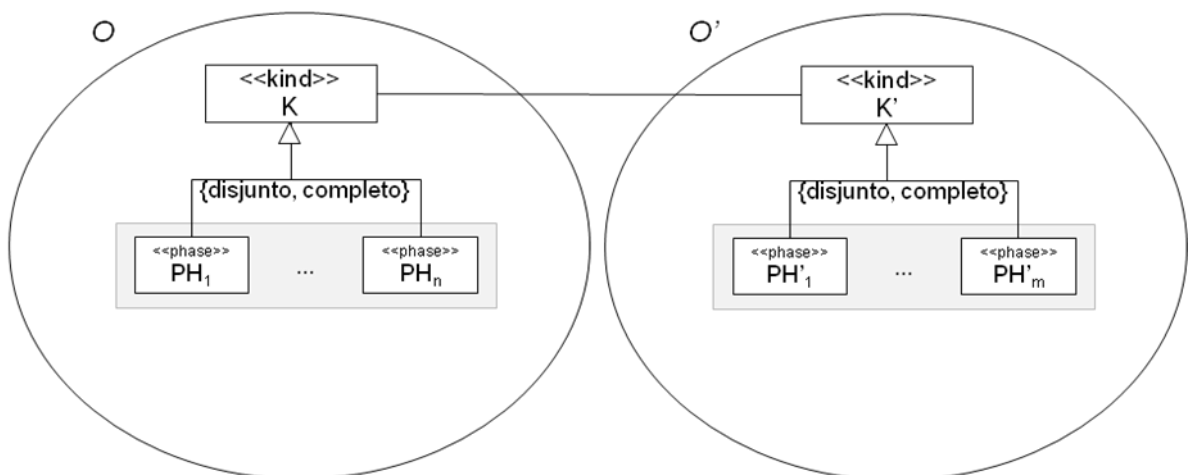


Figura 42 – Representação gráfica do padrão PP-4

As classes Kind podem ser alinhadas mesmo sem a existência de correspondências entre seus Phases quando os conjuntos de Phase consideram especializações de naturezas distintas, como no exemplo da figura 43, expandindo a especialização de O para O' e vice-versa.

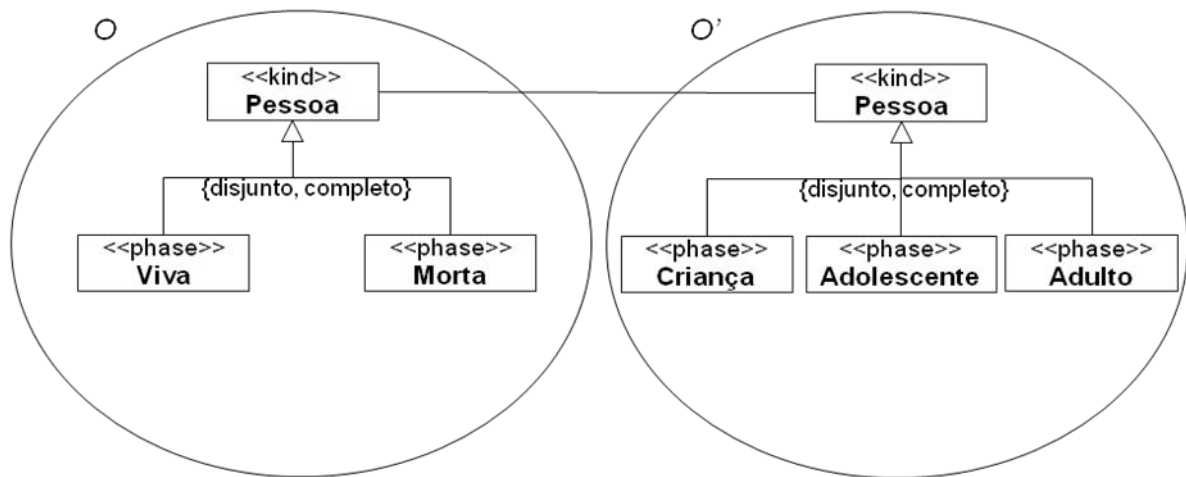


Figura 43 – Exemplo do padrão PP-4

4.4.5. Antipadrão APP-1

A estrutura desse antipadrão é análoga a do APS-1. A sua formalização será feita com base na figura 44. A prova do APS-1 é aplicável (vide seção 4.3.6).

Seja $\mathbf{PH}_A = \{PH_1 \dots PH_i\}$, $\mathbf{PH}_B = \{PH_{i+1} \dots PH_n\}$ e $\mathbf{PH} = \{PH_1 \dots PH_n\}$

Seja $\mathbf{PH}'_A = \{PH'_1 \dots PH'_j\}$, $\mathbf{PH}'_B = \{PH'_{j+1} \dots PH'_m\}$ e $\mathbf{SK}' = \{PH'_1 \dots PH'_m\}$

onde $i, j, m, n \in \mathbb{N}$, $i < n$ e $j < m$

Se \mathbf{PH}_A se alinha a \mathbf{PH}'_A , \mathbf{PH}_B não se alinha a \mathbf{PH}' e \mathbf{PH}'_B não se alinha a \mathbf{PH} então é inadmissível que K se alinhe a K' .

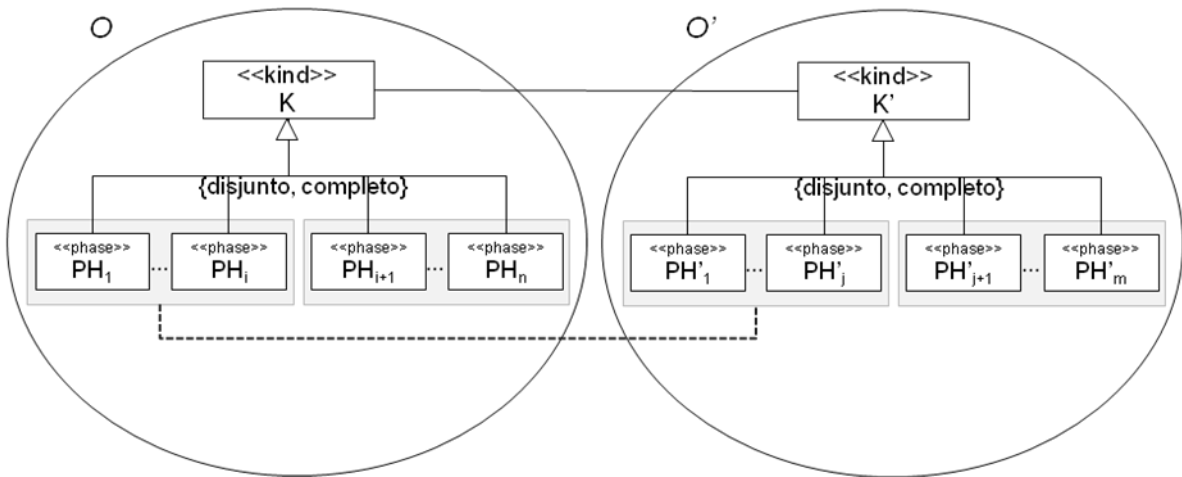


Figura 44 – Representação gráfica do antipadrão APP-1

Na apresentação dos antipadrões para o tipo Phase, como não repetiremos as provas para as estruturas análogas dos antipadrões do tipo SubKind, complementaremos a discussão dos exemplos com possíveis cenários de revisão dos antipadrões para um dos padrões apresentados anteriormente, procedimento também aplicável aos antipadrões para o tipo SubKind. A sugestão de revisão será feita considerando a interpretação cotidiana das classes.

Um exemplo do APP-1 compõe a figura 45. Nesse caso, a indicação da correspondência entre a classe “Defunto” de *O* e a classe “Morto” de *O'* configuraria o padrão PP-1.

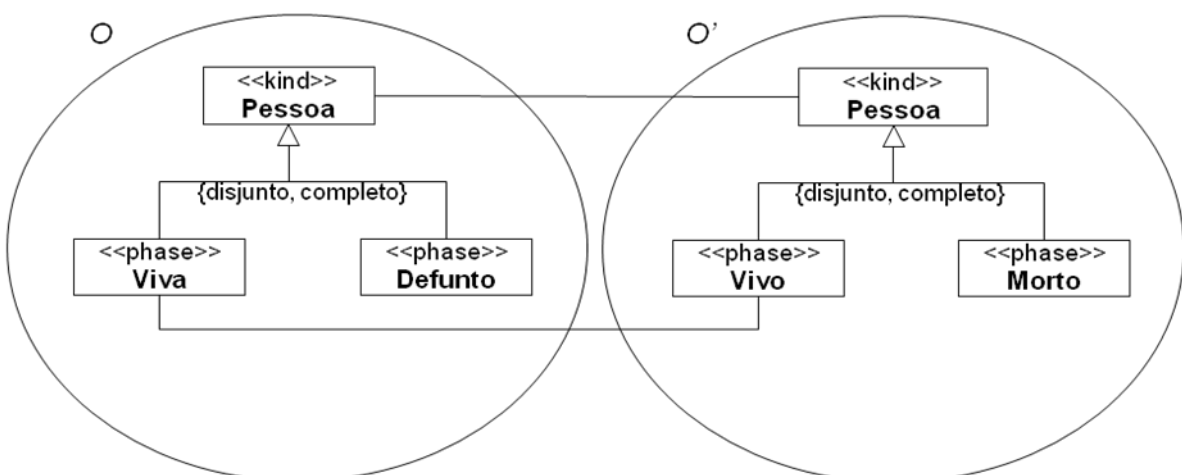


Figura 45 – Exemplo do antipadrão APP-1

4.4.6. Antipadrão APP-2

A estrutura desse antipadrão é análoga a do APS-2. A sua formalização será feita com base na figura 46 a seguir. A prova da inadmissibilidade do APS-2 é aplicável nesse caso (vide seção 4.3.7).

Seja $\mathbf{PH}_A = \{PH_1 \dots PH_i\}$, $\mathbf{PH}_B = \{PH_{i+1} \dots PH_n\}$, $\mathbf{PH} = \{PH_1 \dots PH_n\}$ e $PH_x \in$

\mathbf{PH}

Seja $\mathbf{PH}'_A = \{PH'_1 \dots PH'_j\}$ e $\mathbf{PH}' = \{PH'_1 \dots PH'_m\}$

onde $i, j, m, n, x \in \mathbb{N}$, $i < n$, $j < m$ e $i < x \leq n$

Se \mathbf{PH}_A se alinha a \mathbf{PH}'_A então é inadmissível que SK_x se alinhe a K' .

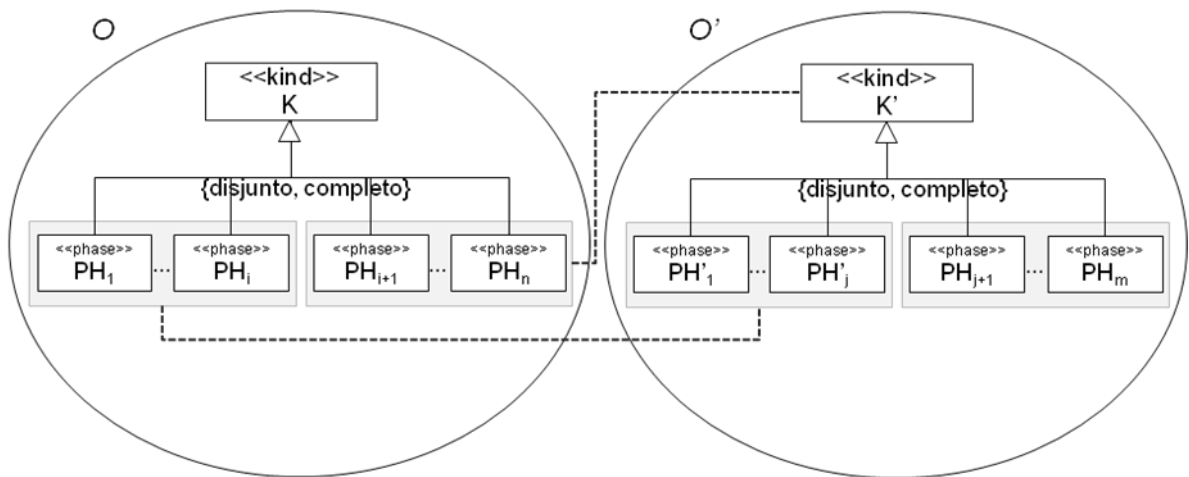


Figura 46 – Representação gráfica do antipadrão APP-2

O exemplo da figura 47 ilustra uma configuração desse antipadrão, gerada hipoteticamente pela indicação das correspondências com base na semelhança da *string*, em que as classes “Pessoa” e “Embrião” de O e O' se alinham.

A ontologia O representa a classe “Pessoa” como uma fase da classe “Criatura”, que envolve uma fase antes do nascimento da “Pessoa”, denominada “Embrião”. Já na visão da ontologia O' , “Embrião” já é considerado uma fase do tipo “Pessoa”, especializada também nas fases “Criança” e “Adulto”.

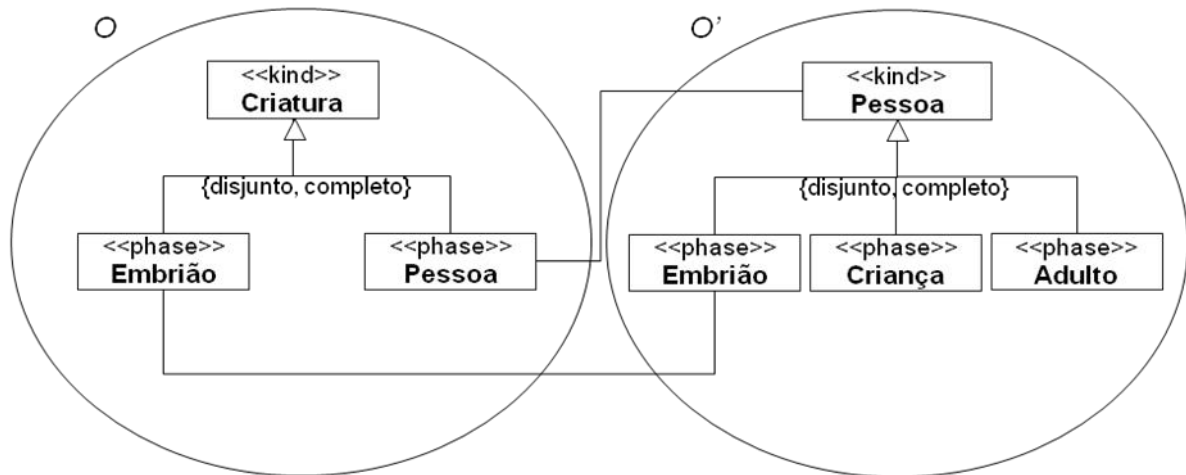


Figura 47 – Exemplo do antipadrão APP-2

Nesse caso, confirmada a correspondência entre as classes “Embrião” de O e O' e avaliada como positiva a correspondência entre a classe “Pessoa” de O e as classes “Criança” e “Adulto” de O' , temos que a classe “Criatura” de O se alinha a classe “Pessoa” de O' , configurando-se o padrão PP-1.

4.4.7. Antipadrão APP-3

A estrutura desse antipadrão é análoga a do APS-3. A sua formalização será feita com base na figura 48 a seguir. A prova da inadmissibilidade do APS-3 é aplicável nesse caso (vide seção 4.3.8).

Seja $\mathbf{PH} = \{PH_1 \dots PH_n\}$

Seja $\mathbf{PH}' = \{PH'_1 \dots PH'_m\}$

onde $n, m \in \mathbb{N}$ e $n, m > 1$

Se **PH** se alinha a **PH'** então é inadmissível que **K** não se alinhe a **K'** pela relação de igualdade.

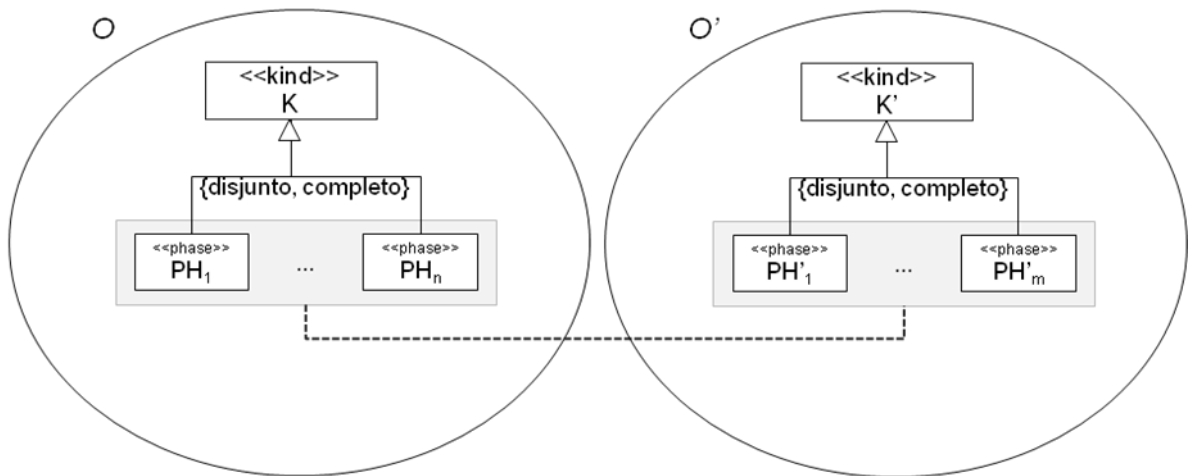


Figura 48 – Representação gráfica do antipadrão APP-3

Na figura 49 representamos um exemplo dessa situação inadmissível.

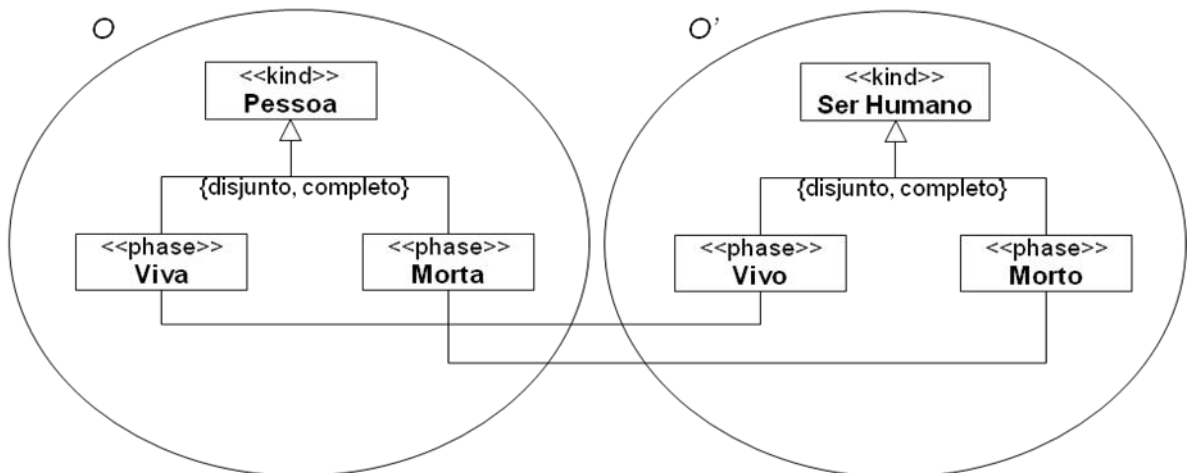


Figura 49 – Exemplo do antipadrão APP-3 (1)

Nesse caso, a indicação da correspondência da classe “Pessoa” de *O* à classe “Ser Humano” de *O'* configuraria o padrão PP-1. Outro exemplo do mesmo APP-3 é apresentado na figura 50.

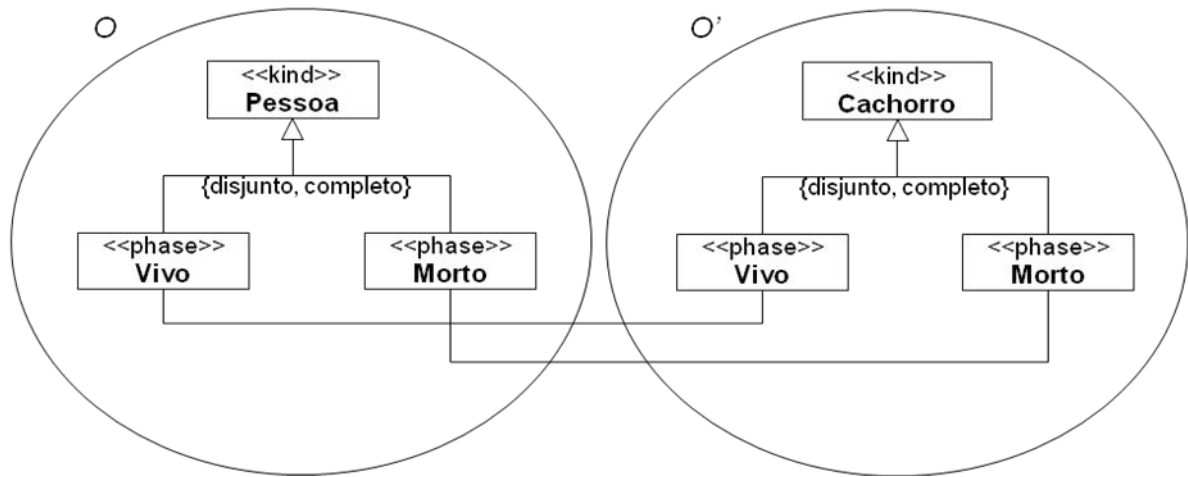


Figura 50 – Exemplo do antipadrão APP-3 (2)

Nesse segundo caso, a indicação é para eliminação da correspondência entre as classes “Vivo” e “Morto”. A ontologia *O* trata de “Pessoa” e *O’* de “Cachorro” e embora essas classes apresentem fases com denominações similares, a identidade das suas instâncias é distinta, tendo em vista que os tipos Kind que lhes confere essa identidade não se alinha.

4.4.8. Antipadrão APP-4

A estrutura desse antipadrão é análoga a do APS-4. A sua formalização será feita com base na figura 51 a seguir. A prova da inadmissibilidade do APS-4 é aplicável nesse caso (vide seção 4.3.9).

Seja $\mathbf{PH}_A = \{PH_1 \dots PH_i\}$, $\mathbf{PH}_B = \{PH_{i+1} \dots PH_n\}$ e $\mathbf{PH} = \{PH_1 \dots PH_n\}$

Seja $\mathbf{PH}' = \{PH'_1 \dots PH'_m\}$

onde $i, m, n \in \mathbb{N}$ e $i < n$

Se \mathbf{PH}_A se alinha a \mathbf{PH}' e \mathbf{PH}_B não se alinha a \mathbf{PH}' então é inadmissível que K se alinhe a K' pela relação de igualdade.

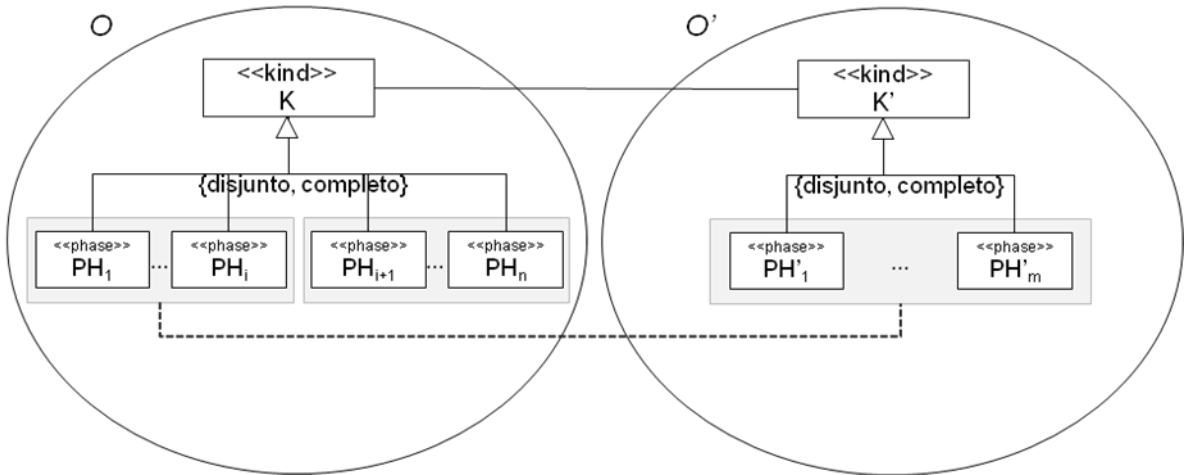


Figura 51 – Representação gráfica do antipadrão APP-4

O exemplo da figura 52 é similar ao do PP-2. Nesse caso, validadas as correspondências entre os tipos Phase, a indicação é para o refinamento da correspondência da classe “Pessoa” de *O* à classe “Pessoa” de *O'*, considerando a relação de especialização, configurando-se o padrão PP-2.

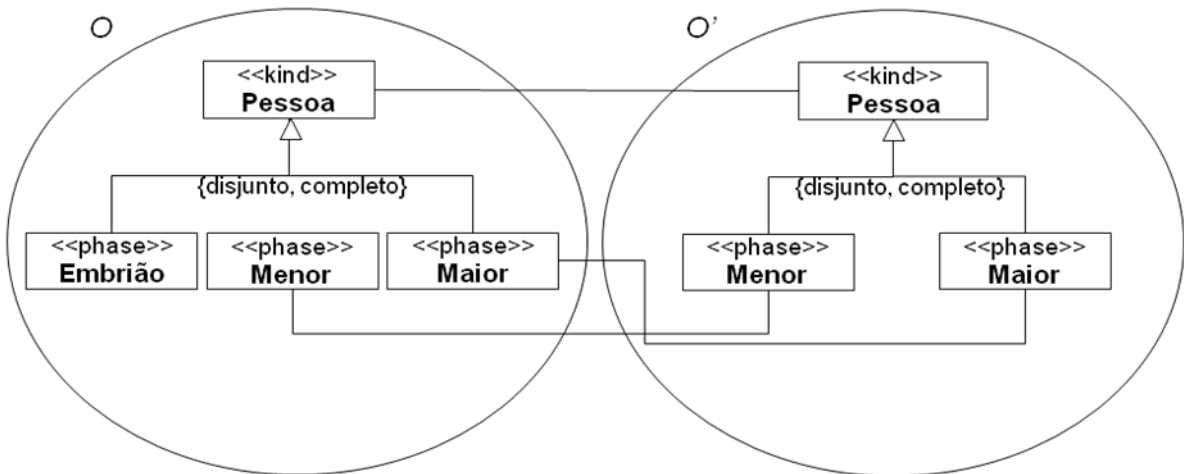


Figura 52 – Exemplo do antipadrão APP-4

4.4.9. Antipadrão APP-5

A estrutura desse antipadrão é análoga a do APS-5. A sua formalização será feita com base na figura 53 a seguir. A prova da inadmissibilidade do APS-5 é aplicável nesse caso (vide seção 4.3.10).

Seja $\mathbf{PH}_A = \{PH_1 \dots PH_i\}$, $\mathbf{PH}_B = \{PH_{i+1} \dots PH_n\}$ e $\mathbf{PH} = \{PH_1 \dots PH_n\}$

Seja $\mathbf{PH}' = \{PH'_1 \dots PH'_m\}$

onde $n, m \in \mathbb{N}$ e $n, m > 1$

Se \mathbf{PH}_A se alinha a \mathbf{PH}' e \mathbf{PH}_B não se alinha a \mathbf{PH}' então é inadmissível que K não se alinhe a K' pela relação de especialização.

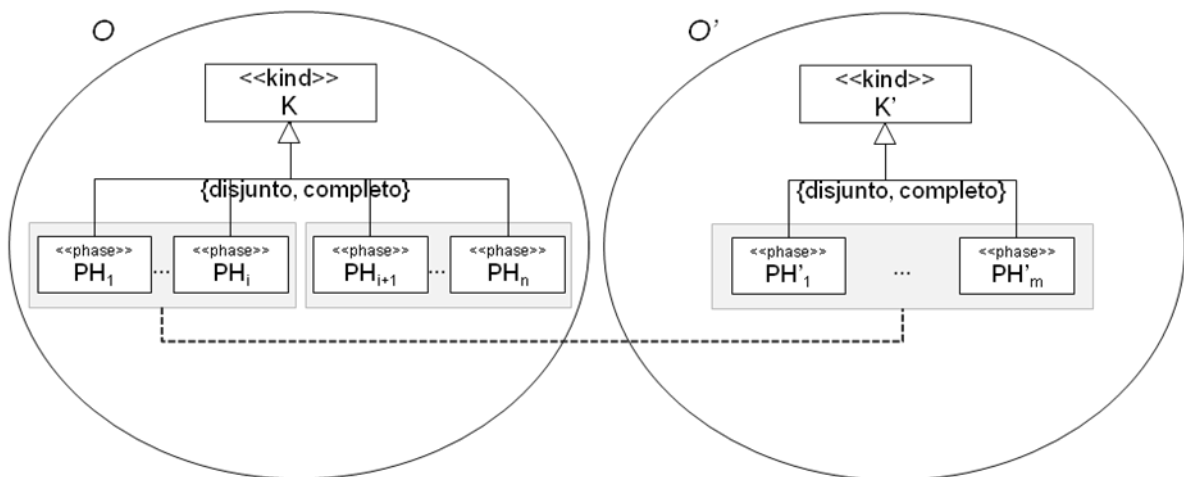


Figura 53 – Representação gráfica do antipadrão APP-5

Da mesma forma que no exemplo do antipadrão anterior, o exemplo da figura 54 é similar ao do PP-2, mas nesse caso para a revisão sugere-se a indicação da correspondência da classe “Pessoa” de O à classe “Pessoa” de O' , considerando a relação de especialização, configurando-se o padrão PP-2.

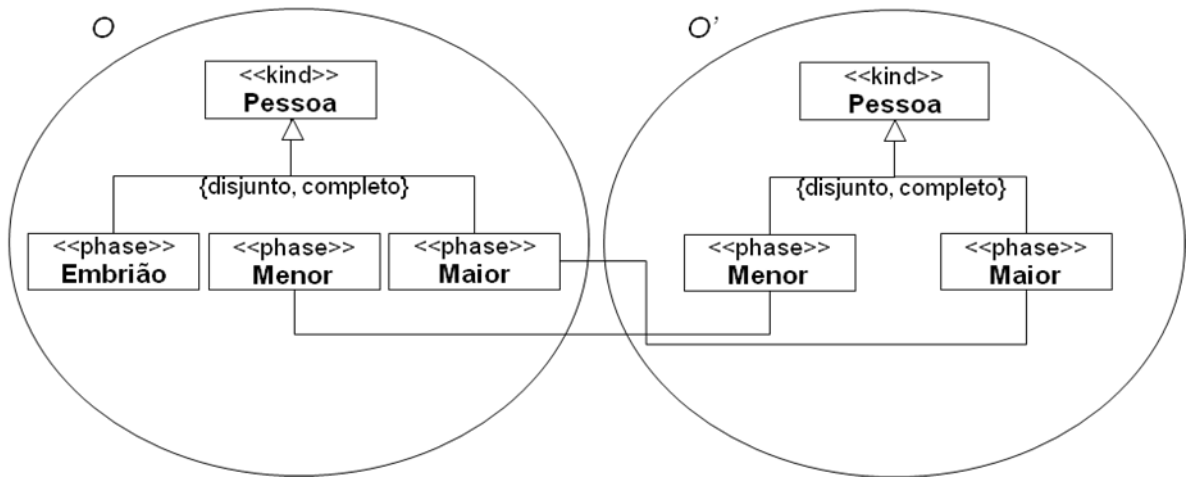


Figura 54 – Exemplo do antipadrão APP-5

4.4.10. Antipadrão APP-6

A estrutura desse antipadrão é análoga ao padrão PS-3. A sua formalização será feita com base na figura 55.

Seja $\mathbf{PH}_A = \{PH_1 \dots PH_i\}$, $\mathbf{PH}_B = \{PH_{i+1} \dots PH_n\}$ e $\mathbf{PH} = \{PH_1 \dots PH_n\}$

Seja $\mathbf{PH}'_A = \{PH'_1 \dots PH'_j\}$, $\mathbf{PH}'_B = \{PH'_{j+1} \dots PH'_m\}$ e $\mathbf{PH}' = \{PH'_1 \dots PH'_m\}$

onde $i, j, m, n \in \mathbb{N}$, $i < n$ e $j < m$

Se K não se alinha a K' então é inadmissível que \mathbf{PH}_A se alinhe a \mathbf{PH}'_A .

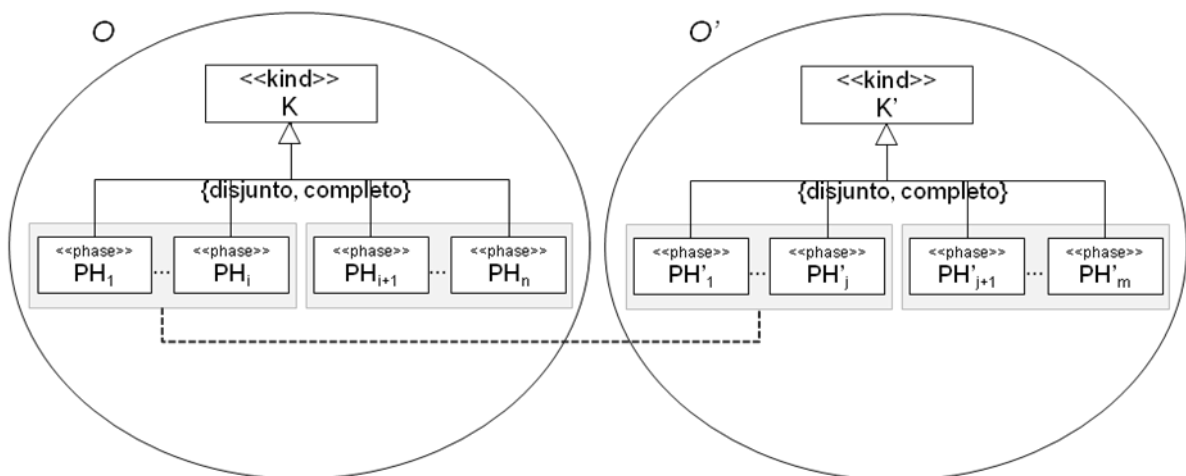


Figura 55 – Representação gráfica do antipadrão APP-6

Embora esse *template* represente um padrão para o tipo SubKind (vide seção 4.3.3), no início da seção sobre padrões e antipadrões de correspondências para o tipo Phase destacamos que os tipos Kind (e SubKind) determinam a identidade dos indivíduos que eles representam. O tipo Phase, por outro lado, modela fases desses indivíduos, mas sua identidade é definida pelo tipo Kind que ele especializa. Dessa forma, uma premissa para os padrões baseados no *Phase Design Pattern* é de que a correspondência entre tipos Phase só é admissível se os tipos Kind que eles especializam se alinham. Na seção 4.3.3 provamos que essa hipótese de correspondências implica que K não se alinha a K', dessa forma, configurando-se como um antipadrão para o tipo Phase com a aplicação da premissa adotada.

Um exemplo é apresentado na figura 56.

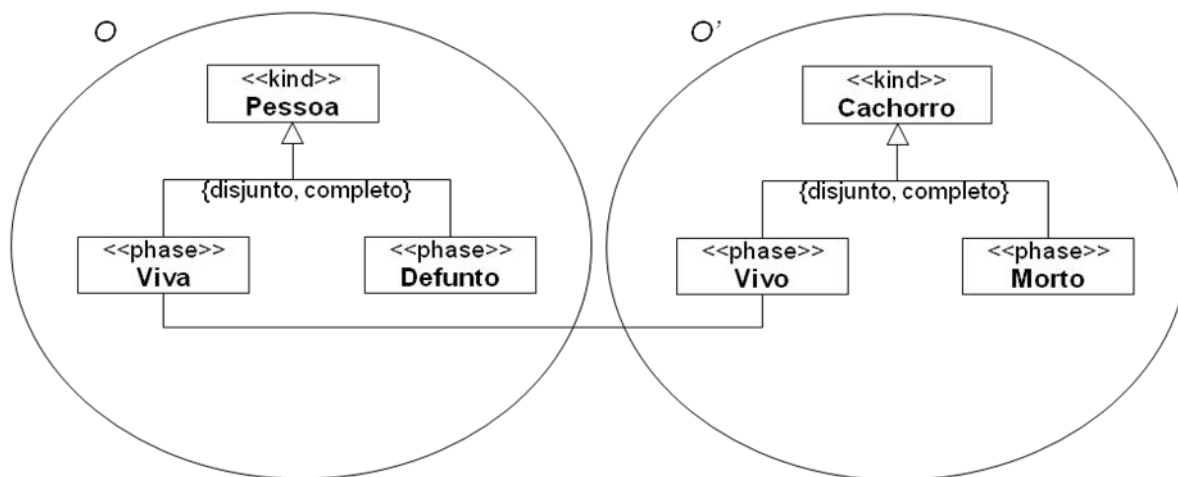


Figura 56 – Exemplo do antipadrão APP-6

Nesse caso, a correspondência entre as classe “Viva” e “Vivo” deveria ser eliminada, configurando-se o PP-3. Se ao invés da classe “Cachorro” na ontologia O’

lêssemos “Ser Humano”, a conclusão de revisão indicaria para o PP-1, com a indicação do alinhamento entre as classes “Pessoa” e “ser Humano” e “Defunto” e “Morto”.

4.5. Padrões e antipadrões de correspondências para o tipo Role

Considerando que os tipos rígidos, como Kind e SubKind podem ser especializados em tipos anti-rígidos relacionalmente dependentes, como o Role, cuja instanciação está condicionada ao estabelecimento de relação que o caracteriza (cuja explicitação no modelo, denominaremos “condição relacional”), podemos derivar os padrões e antipadrões de correspondências apresentados a seguir.

4.5.1. Padrão PR-1

A formalização do padrão PR-1 será feita com base na figura 57 a seguir. Não definiremos formalmente neste trabalho as possibilidades que caracterizam o alinhamento entre as condições relacionais de R e R' , pois as estruturas de representação no modelo podem envolver uma ou mais classes e relacionamentos. Para simplificação da representação gráfica dessa situação, com base no formato de apresentação do *Role Design Pattern*, as condições relacionais serão caracterizadas pela associação do tipo Role a uma classe, para a qual não especificaremos o tipo (classe C na ontologia O e classe C' na ontologia O'). O alinhamento entre essas condições relacionais será representado pela correspondência entre as classes C e C' . O que interessa no escopo desta formalização, e que será o foco da discussão nesta seção, é a semântica envolvida para caracterização dessa condição relacional.

Se R se alinha a R' então K se alinha a K' e a condição relacional que caracteriza R se alinha a condição relacional que caracteriza R' .

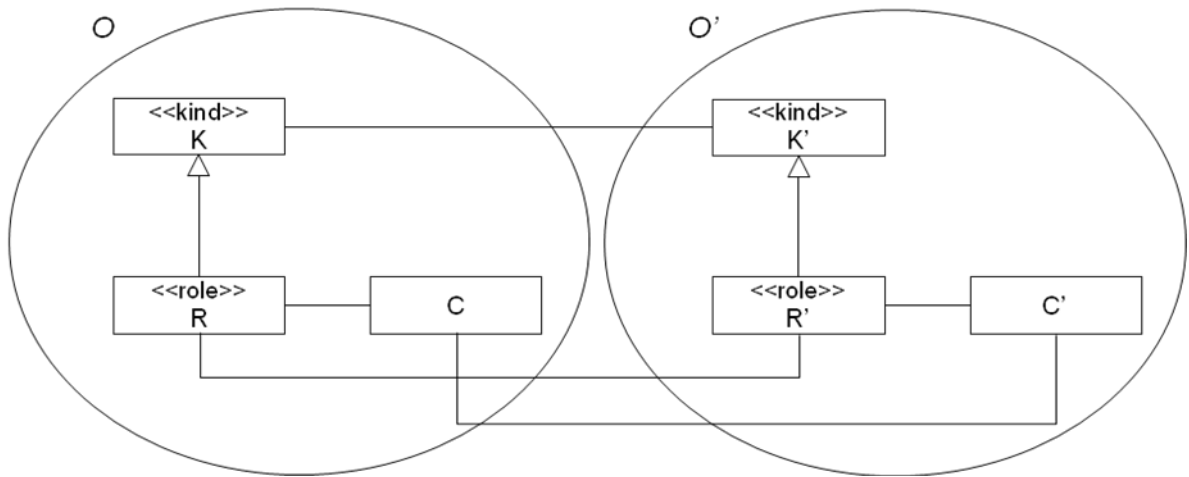


Figura 57 – Representação gráfica do padrão PR-1

Todo objeto do modelo deve ser instância de exatamente um Kind. Esse tipo rígido determina a identidade dos indivíduos que ele representa. O tipo Role, por outro lado, modela papéis assumidos por esses indivíduos ao longo de sua existência, mas sua identidade é definida pelo tipo Kind que ele especializa. Dessa forma, a correspondência entre tipos Role só é possível se os tipos Kind que elas especializam se alinham (pela relação de igualdade ou especialização).

Adicionalmente, a correspondência entre os tipos Role é também condicionada ao alinhamento das condições relacionais que os caracterizam.

A prova formal será simplificada e restrita à condição de alinhamento dos tipos Kind, não sendo detalhada a formalização para o alinhamento das condições relacionais de R e R'.

Prova:

- (1) (R, R', igualdade) // pela hipótese das correspondências
- (2) $I_R \subset I_K$ // pela relação de especialização
- (3) $I_{R'} \subset I_{K'}$ // pela relação de especialização
- (4) $I_R = I_{R'}$ // pelo Postulado 1 aplicado a (1)

- (5) $I_{R'} \subset I_K$ // por (2) e (4)
- (6) $I_R \subset I_{K'}$ // por (3) e (4)
- (7) $(K, K', \text{igualdade})$ ou $(K, K', \text{especialização})$ ou $(K', K, \text{especialização})$
// por (5) e (6)

Um exemplo desse padrão é ilustrado na figura 58.

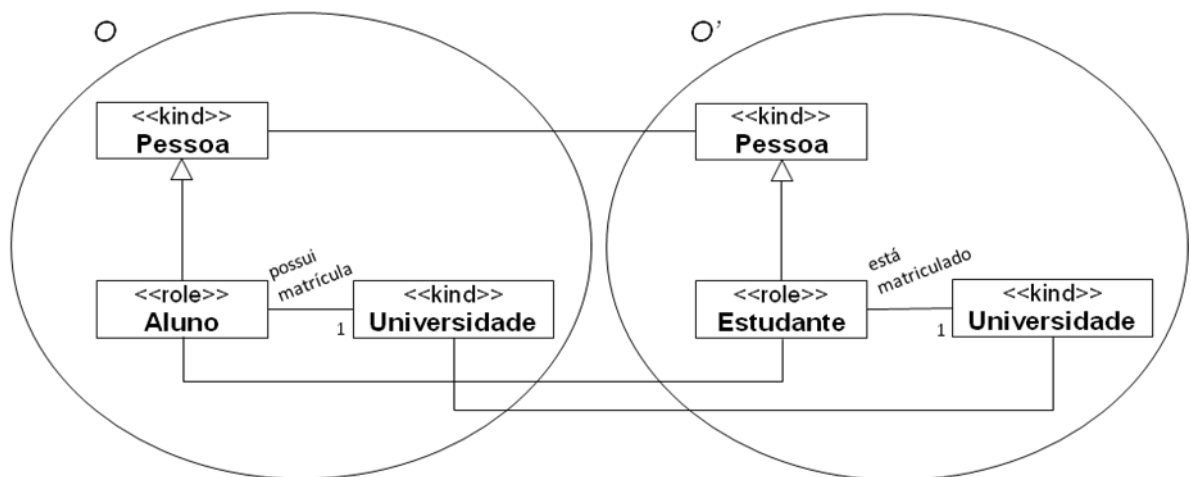


Figura 58 – Exemplo do padrão PR-1

Essa é uma situação em que os tipos Role identificados pelas classes “Aluno” e “Estudante” nas ontologias *O* e *O'* respectivamente, se alinham, pois indicam o papel assumido pela classe “Pessoa” quando esta possui matrícula, ou está matriculado, o que é semanticamente correspondente, em uma Universidade.

4.5.2. Antipadrões APR-1

A formalização do antipadrão APR-1 será feita com base nas figuras 59 e 60 a seguir.

Se *R* se alinha a *R'* então é inadmissível que *K* não se alinhe a *K'* e a condição relacional que caracteriza *R* não se alinhe a condição relacional que caracteriza *R'*.

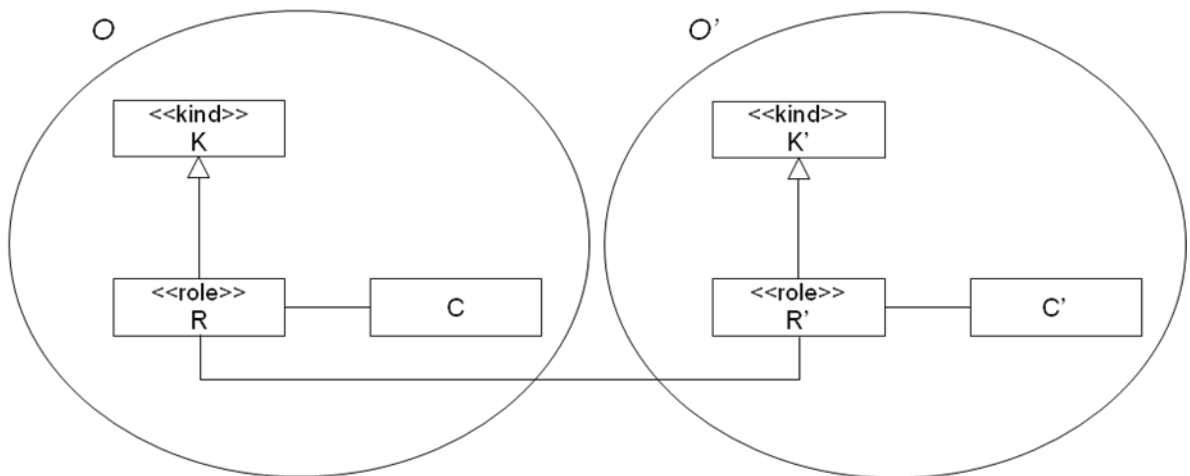


Figura 59 – Representação gráfica do antipadrão APR-1 (1)

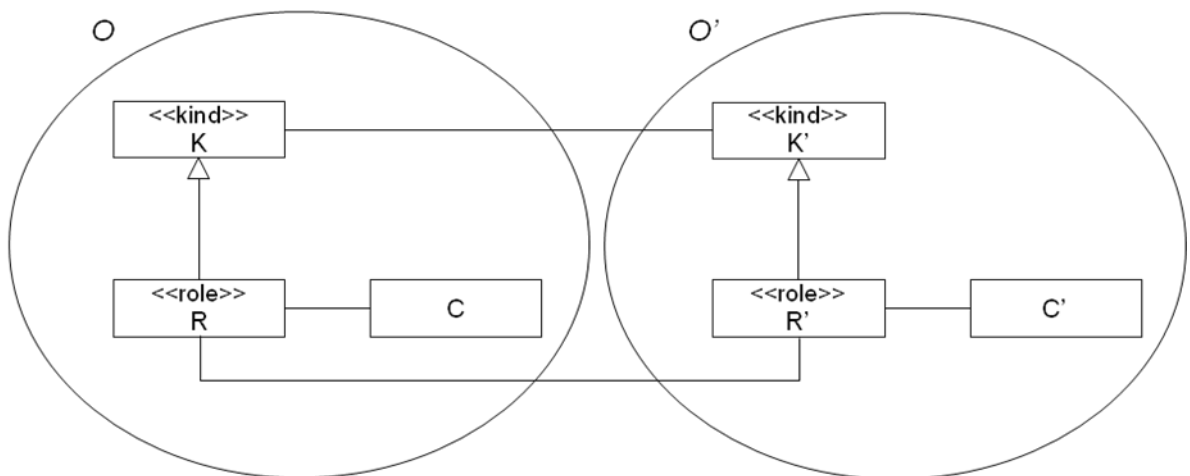


Figura 60 – Representação gráfica do antipadrão APR-1 (2)

Discutiremos a seguir alguns exemplos que caracterizam esse antipadrão.

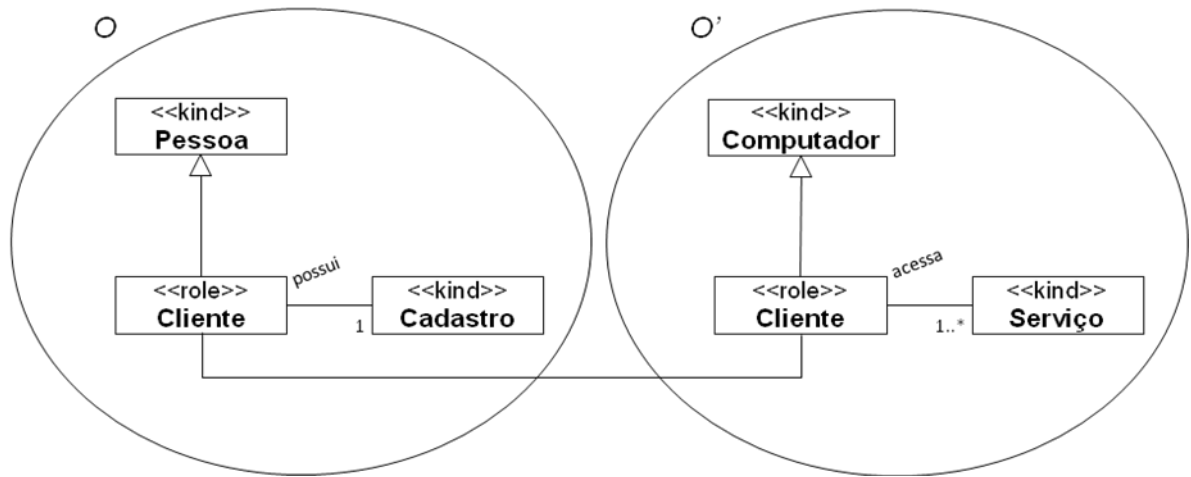


Figura 61 – Exemplo do antipadrão APR-1 (1)

Na figura 61, a ontologia *O* descreve o papel “Cliente” atribuído às pessoas que possuem “Cadastro” em uma determinada loja virtual. A ontologia *O'* descreve o papel “Cliente” de um “Computador” que acessa um (ou mais) “Serviço” em uma rede de computadores, por exemplo. Nesse caso, a correspondência entre as classes “Cliente” é indicada, mas essa situação é inadmissível porque as classes Kind “Pessoa” e “Computador” não se alinham. Isso é reforçado pela diferença semântica da condição relacional desses tipos Role.

Nas figuras 62 e 63 apresentamos outras duas situações nas quais, embora os tipos Kind dos quais se especializam os tipos Role se alinham, as condições relacionais que caracterizam esses tipos não se alinham.

A ontologia *O* é a mesma do exemplo anterior, descrevendo o papel “Cliente” atribuído às pessoas que possuem “Cadastro” em uma determinada loja virtual. A ontologia *O'*, por sua vez, considera como “Cliente” toda “Pessoa” que já possui pelo menos um “Pedido” na loja.

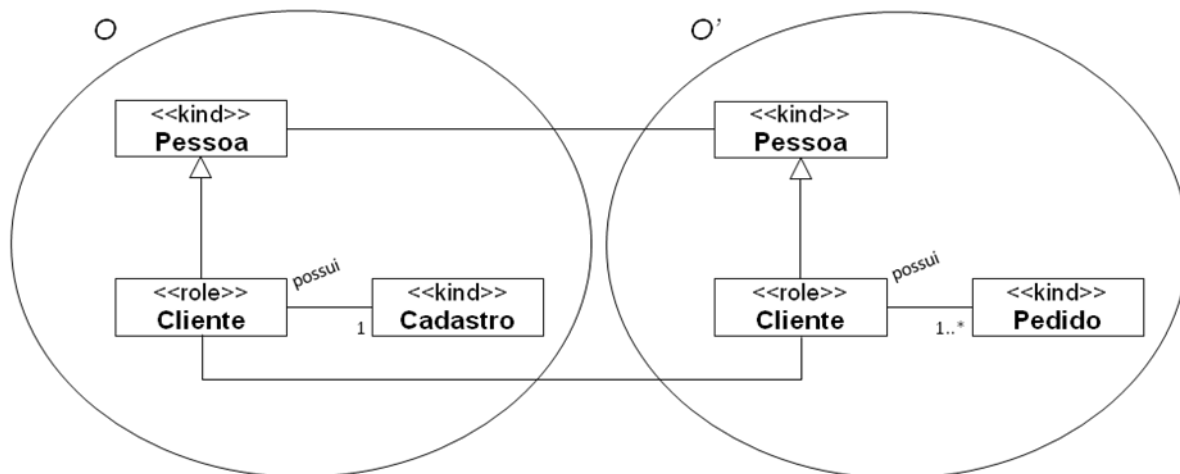


Figura 62 – Exemplo do antipadrão APR-1 (2)

Portanto, as condições relacionais que caracterizam R e R' são distintas e as classes “Cliente” de O e “Cliente” de O' não podem ser alinhadas. Considerando-se um cenário prático no qual o alinhamento entre as ontologias foi motivado pela fusão das empresas e que se deseja comparar o número de “Clientes” de cada uma, uma análise puramente sintática leva à configuração desse antipadrão com o alinhamento das classes “Pessoa” e “Cliente” em ambas as ontologias, mas esse esclarecimento semântico é fundamental para evitar o alinhamento das classes e possíveis decorrências da análise distorcida de dados, por exemplo.

O próximo exemplo ilustra outro cenário em que a similaridade das *strings* pode levar a um alinhamento incorreto.

Na ontologia O a designação de “Mestre” é indicada à “Pessoa” que leciona uma disciplina, utilizada como sinônimo de professor. Na ontologia O', “Mestre” é aquela “Pessoa” que possui grau *strictu sensu*.

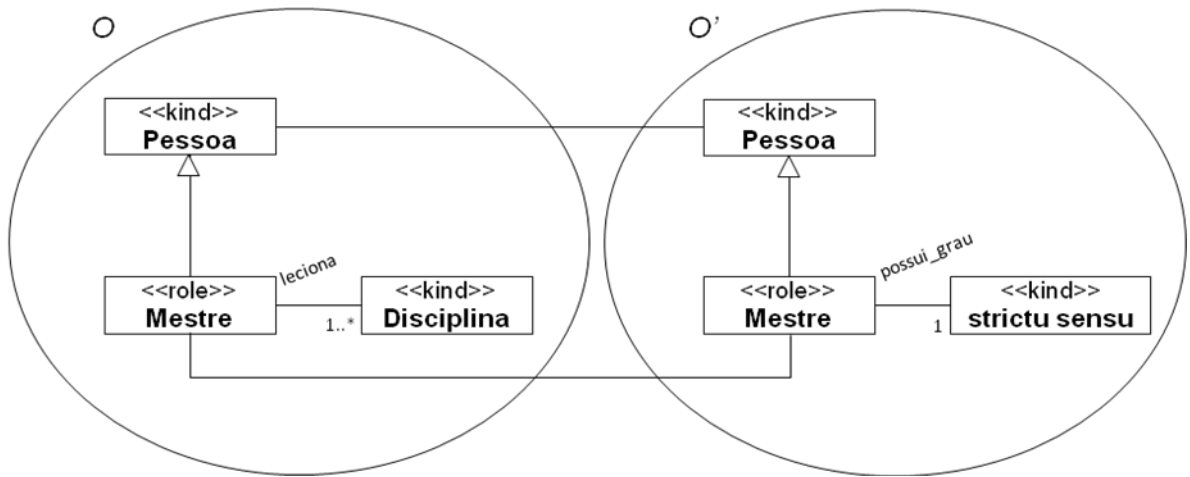


Figura 63 – Exemplo do antipadrão APR-1 (3)

5. Aplicabilidade dos padrões e antipadrões de correspondências

Esta seção ilustra a aplicabilidade dos padrões e antipadrões propostos em cenários de alinhamento disponibilizados por uma importante e reconhecida iniciativa de pesquisa na área, e evidencia a melhoria do resultado do alinhamento alcançada, considerando as métricas de precisão e cobertura.

5.1. Caracterização do estudo de caso

No capítulo anterior demonstramos, através de provas formais, a admissibilidade e inadmissibilidade dos padrões e antipadrões propostos, respectivamente. Com o objetivo de enriquecer a avaliação da proposta evidenciando a aplicabilidade desses padrões e antipadrões em cenários reais de alinhamento de ontologias, nesta seção será apresentado o resultado de um estudo de caso explanatório conduzido no domínio de Organização de Conferências.

A estratégia para a aplicação dos padrões e antipadrões de correspondências adotada no estudo de caso considera como entradas do processo as ontologias a serem alinhadas e um alinhamento proposto previamente por uma ferramenta de alinhamento. Essa estratégia é aderente à definição de Euzenat e Shvaiko (2007), e na configuração proposta por esses autores os padrões e antipadrões de correspondências configuram-se como recursos para o processo, conforme figura 64.

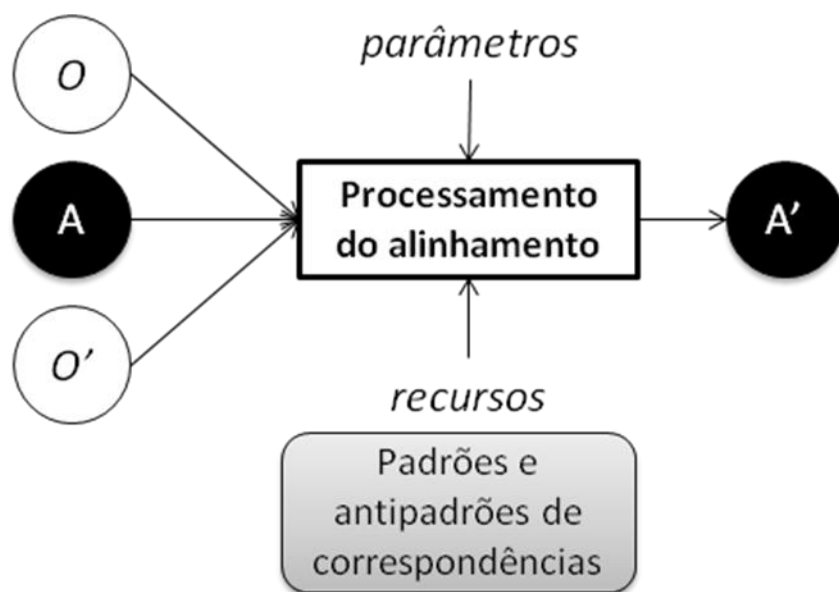


Figura 64 – Padrões e antipadrões de correspondências como recursos no processo de alinhamento de ontologias

O domínio foi selecionado entre os propostos no escopo da *Ontology Alignment Evaluation Initiative* (OAEI)², uma iniciativa internacional com eventos anuais para avaliação de ferramentas de alinhamento de ontologias.

O domínio de Organização de Conferências foi preferido por ser bem conhecido por pesquisadores, minimizando possíveis dificuldades relacionadas à baixa compreensão dos conceitos e relacionamentos das ontologias pelos autores e leitores, especialmente porque documentações complementares das ontologias não estão disponíveis.

Embora as ontologias disponíveis no OAEI não estejam bem fundamentadas, a fundamentação foi realizada pelos próprios autores para os fragmentos das ontologias pertinentes para a discussão da aplicabilidade dos padrões e antipadrões de correspondências. Dois fatores respaldam essa decisão: o domínio é bem conhecido por

² <http://oaei.ontologymatching.org/>

pesquisadores (condição dos autores) e os padrões e antipadrões compreendem estruturas taxonômicas, sobre as quais se concentram a maioria dos exemplos de modelos OntoUML disponíveis na literatura.

Tendo em vista que o número de ontologias bem fundamentadas disponíveis na literatura é reduzido e não foi identificado um domínio contemplando duas ontologias distintas, essa alternativa se mostrou adequada para o objetivo do estudo de caso, de evidenciar a aplicabilidade dos padrões e antipadrões em cenários reais de alinhamento de ontologias.

Os dados coletados para o estudo incluem as ontologias, os gabaritos (alinhamentos de referência) e os alinhamentos indicados pelas ferramentas, disponíveis no próprio *site* do evento³. Para visualização das ontologias (disponibilizadas em OWL) foi utilizado o *software* Protegè⁴. Já os alinhamentos de referência, bem como os alinhamentos indicados pelas ferramentas (disponibilizados em formato RDF), foram acessados por editores de texto convencionais.

As ontologias e gabaritos se mantêm ao longo das Campanhas anuais promovidas pela OAEI. Os dados abrangem um universo de 21 alinhamentos. Embora estejam indicadas na campanha 16 ontologias distintas, o número de cenários avaliados limitou-se pela disponibilidade do gabarito, o que restringiu a análise ao espaço de alinhamento envolvendo 7 ontologias.

A definição dos alinhamentos de entrada a serem considerados baseou-se na avaliação das ferramentas participantes da Campanha de 2011. Nesse processo, conforme metodologia do evento para avaliação das ferramentas, essas foram ordenadas em função da média harmônica dos resultados de precisão e cobertura. Para classificação das ferramentas foram adicionadas duas linhas de base geradas por

³ <http://oaei.ontologymatching.org/2011/conference/index.html>

⁴ <http://protege.stanford.edu/>

ferramentas pautadas em análises baseadas em *strings*. Selecionamos para o estudo de caso o subconjunto de ferramentas com resultado superior a linha de base com melhor avaliação , a saber: YAM++, CODI, LogMap e AgreementMaker.

A análise dos dados focou nas lacunas comuns no resultado apresentado por essas quatro ferramentas, englobando tanto casos de identificação de correspondências não esperadas (que não constavam no alinhamento de referência), quanto casos de não identificação de correspondências esperadas (indicadas no gabarito de avaliação).

5.2. Caracterização dos dados e definição do universo de análise

Os dados analisados no estudo de caso compreendem as correspondências dos 21 alinhamentos cujo gabarito foi disponibilizado pelo OAEI. O universo está indicado na tabela 1, em que cada linha indica o par de ontologias O e O' e o número de correspondências indicado no alinhamento de referência na coluna “# Corresp.”

Tabela 1: Alinhamentos analisados no estudo de caso

ALINHAMENTO			
Id	O	O'	# Corresp.
1	Cmt	Sigkdd	12
2	lasted	Sigkdd	15
3	Cmt	Edas	13
4	Cmt	ConfTool	16
5	Cmt	Conference	15
6	Cmt	Ekaw	11
7	Cmt	lasted	4
8	Conference	ConfOf	15
9	Conference	Edas	17
10	Conference	Ekaw	25
11	Conference	lasted	14
12	Conference	Sigkdd	15
13	ConfOf	Edas	19
14	ConfOf	Ekaw	20
15	ConfOf	lasted	9
16	ConfOf	Sigkdd	7

17	Edas	Ekaw	23
18	Edas	lasted	19
19	Edas	Sigkdd	15
20	Ekaw	lasted	10
21	Ekaw	Sigkdd	11
Total de correspondências			305

Com base nesses alinhamentos, analisamos as correspondências indicadas pelas ferramentas, quantificando os casos de não identificação de correspondências esperadas e os casos de identificação de correspondências não esperadas. Uma visão quantitativa desse resultado é apresentada nas figuras 65 e 66.

Das 305 correspondências esperadas, 90 não foram identificadas por qualquer das quatro ferramentas (figura 65). A ocorrência de correspondências não esperadas comuns às quatro ferramentas, por outro lado, é significativamente menor, totalizando apenas 18 casos (figura 66).

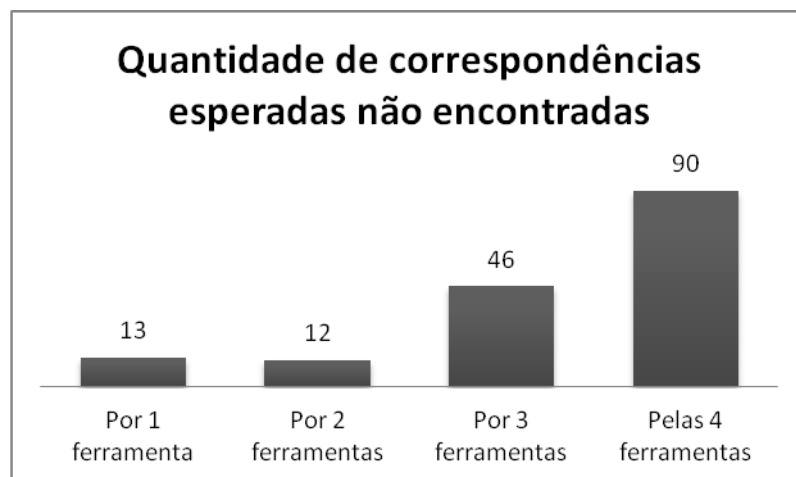


Figura 65 – Casos de não identificação de correspondências esperadas

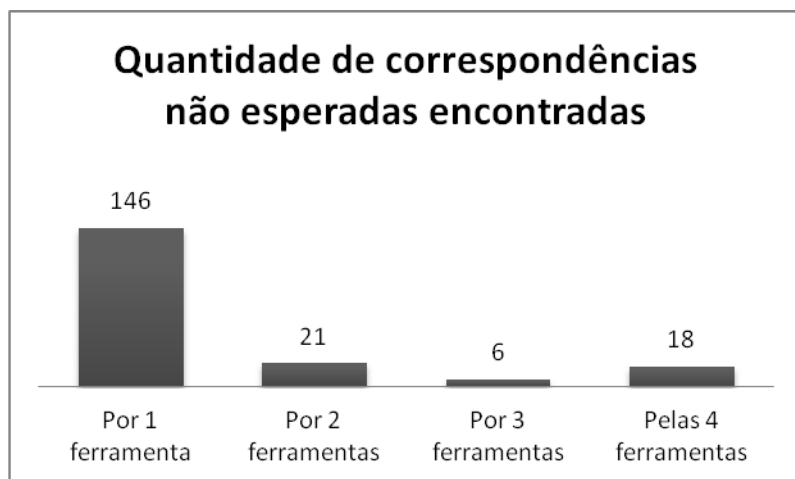


Figura 66 – Casos de identificação de correspondências não esperadas

A partir desse universo, foi feito um recorte considerando o tipo das entidades alinhadas (ou seja, se a correspondência é entre classes ou propriedades).

Tabela 2: Universo de análise do estudo de caso

Correspondências esperadas não encontradas		Correspondências não esperadas encontradas	
classe	propriedade	classe	propriedade
66	24	18	0

Esse recorte é importante no escopo desse estudo, pois os padrões são aplicáveis ao alinhamento de classes associadas pela relação de especialização. A associação das classes considerando outras naturezas de relacionamento (propriedade) é considerada apenas nos padrões e antipadrões que envolvem o tipo Role, nos quais o alinhamento das condições relacionais pode envolver uma ou mais classes e relacionamentos.

Dessa forma, o universo de interesse para o estudo de caso se restringiu às correspondências envolvendo classes.

Na seção seguinte apresentaremos alguns casos relevantes para o objetivo desse estudo de caso, acenando para o papel dos padrões e antipadrões de correspondências

propostos na identificação desses erros e atuação para melhoria da precisão e/ou cobertura do resultado.

Nas figuras da próxima seção, as linhas contínuas simples indicarão as correspondências esperadas (indicadas pelo alinhamento de referência). Quando essas correspondências são também identificadas pelas ferramentas elas são representadas por uma linha contínua dupla. As linhas tracejadas indicarão as correspondências identificadas pelas ferramentas que não são indicadas pelo alinhamento de referência. A nomenclatura $O::T$ será utilizada para designar o termo T da ontologia O . A especialização da classe “Thing” em outras classes será desconsiderada como um caso de especialização.

No anexo I encontram-se as fichas de análise dos 21 alinhamentos considerados.

5.3. Resultados do estudo de caso

A seguir apresentaremos alguns exemplos que evidenciam a aplicabilidade da proposta para a especialização do tipo Kind em SubKinds.

Os casos a seguir foram considerados pela existência de estruturas caracterizadas como antipadrões. Para esses casos será discutida uma revisão das correspondências, de forma a garantir a aderência a um dos padrões admissíveis, seja com sugestão de adição, eliminação ou refinamento (da relação) da correspondência, implicando uma melhoria do resultado em termos de precisão e/ou cobertura.

Esses exemplos serão compostos por uma figura e sua descrição, seguidas da fundamentação do trecho da ontologia, do antipadrão aplicável, da proposta de revisão das correspondências considerando os padrões e da discussão da melhoria do resultado em termos de precisão e cobertura.

No caso apresentado na figura 67 verifica-se um erro que afeta a precisão: o conjunto de ferramentas considerado identificou a correspondência entre Iasted::Review e SigKdd::Review, além da correspondência entre as classes Iasted::Document e SigKdd::Document, essa última não indicada pelo alinhamento de referência.

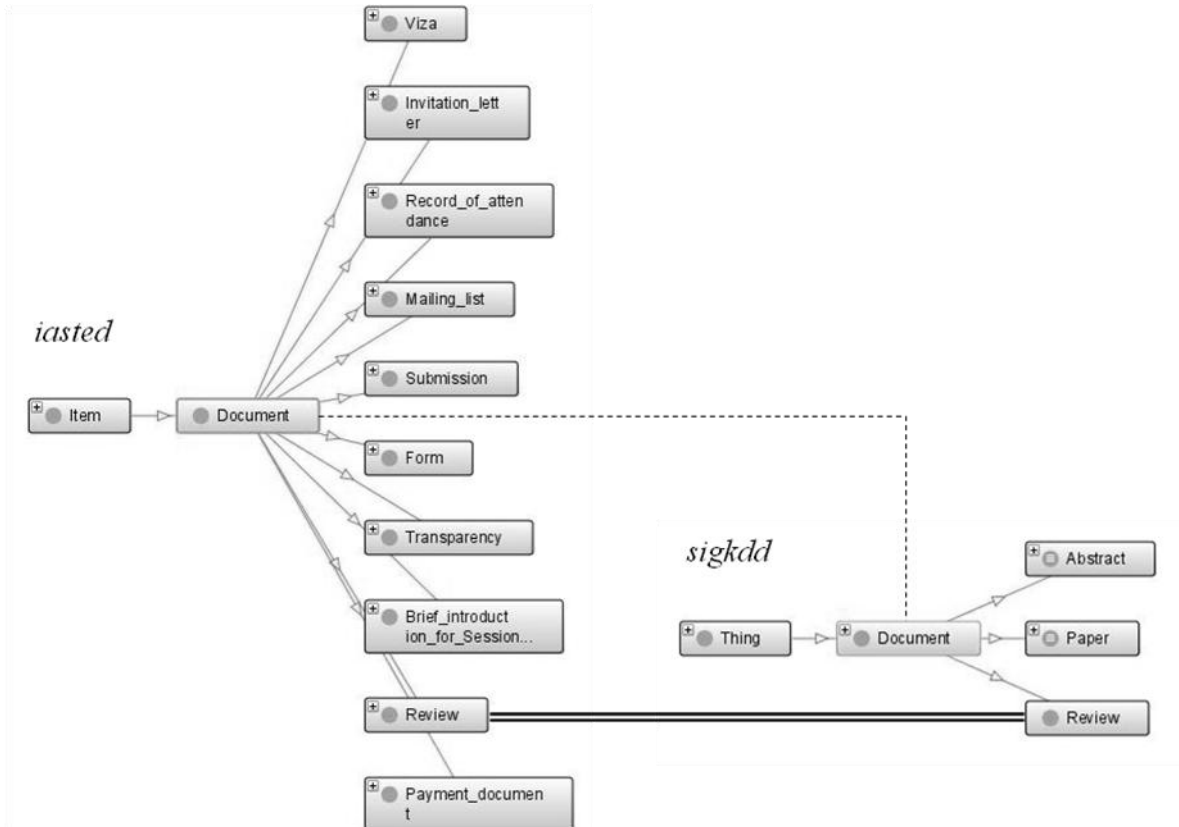


Figura 67 – Caso 1 – APS1

Fundamentação:

Ambas as classes Document são do tipo Kind e generalizam um conjunto de classes do tipo SubKind (*Subkind Design Pattern*).

Antipadrão:

O resultado proposto pelo conjunto de ferramentas é enquadrado no antipadrão APS-1 (vide seção 4.3.6).

Proposta de revisão para padrão:

Indicação para eliminação da correspondência entre Iasted::Document e SigKdd::Document. Aderência ao padrão PS-3 (vide seção 4.3.3).

Resultado:

Melhoria da precisão do resultado, pois o número de alinhamentos incorretos identificados é reduzido em uma ocorrência.

Outro caso similar é apresentado na figura 68: o conjunto de ferramentas identificou as correspondências entre Cmt::Review e Iasted::Review e Cmt::Document e Iasted::Document, essa última não indicada pelo alinhamento de referência.

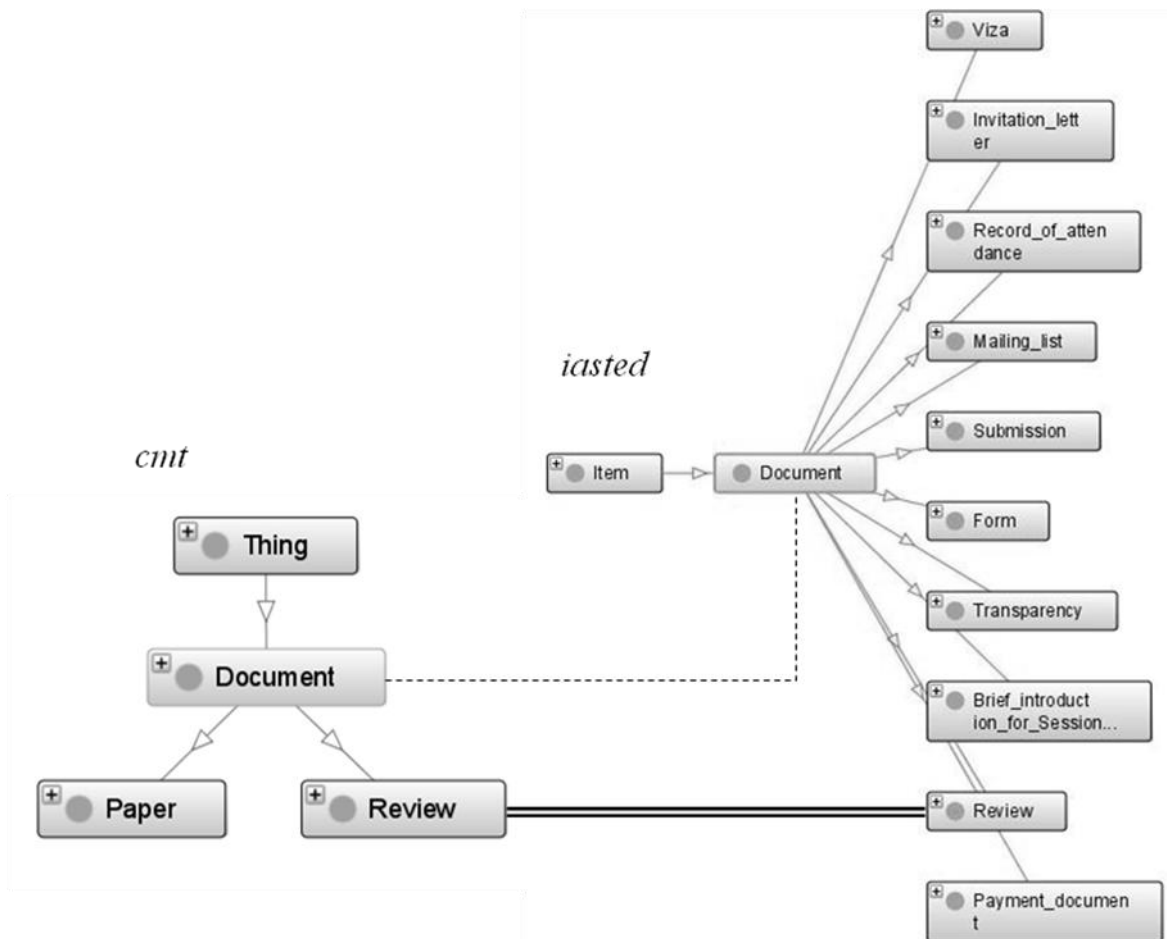


Figura 68 – Caso 2 – APS-1

Os passos de fundamentação e aplicação dos padrões e antipadrões são idênticos ao do exemplo anterior.

No caso seguinte, ilustrado na figura 69, o conjunto de ferramentas considerado identificou a correspondência entre Edas::Review e Cmt::Review, Edas::Paper e Cmt::Paper e Edas::Document e Cmt::Document.

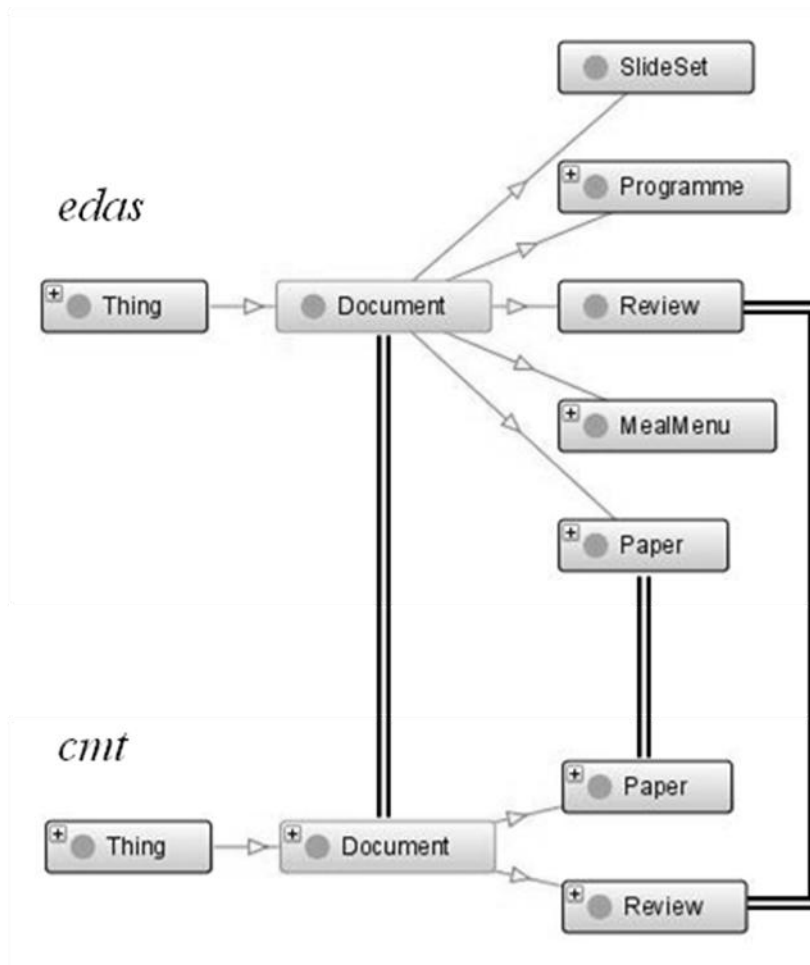


Figura 69 – Caso 3 – APS-4

Fundamentação:

Ambas as classes Document são do tipo Kind e generalizam um conjunto completo e disjunto de classes do tipo SubKind (*Subkind Design Pattern*).

Antipadrão:

O resultado proposto pelo conjunto de ferramentas é enquadrado no antipadrão APS-4 (vide seção 4.3.9).

Proposta de revisão para padrão:

Indicação para refinamento da correspondência entre Edas::Document e Cmt::Document, considerando a relação de especialização. Aderência ao padrão PS-2 (vide seção 4.3.2).

Resultado:

A relação da correspondência é revisada, com melhoria da semântica do resultado. A maioria das ferramentas de alinhamento disponíveis atualmente, incluindo as consideradas nesse estudo à época do evento, indicam apenas correspondências de igualdade. Os alinhamentos de referência, da mesma forma, não consideram outra relação para a correspondência entre as classes. Dessa forma, mesmo que a indicação do padrão esteja divergente do gabarito, ela representa um passo no processo de identificação de correspondências baseadas em uma relação que não a de igualdade.

No caso seguinte, ilustrado na figura 70, o conjunto de ferramentas considerado identificou a correspondência entre ConfOf::Social_event e Edas::SocialEvent, ConfOf::Reception e Edas::Reception, não tendo identificado a correspondência ConfOf::Trip e Edas::Excurtion, indicada pelo alinhamento de referência.

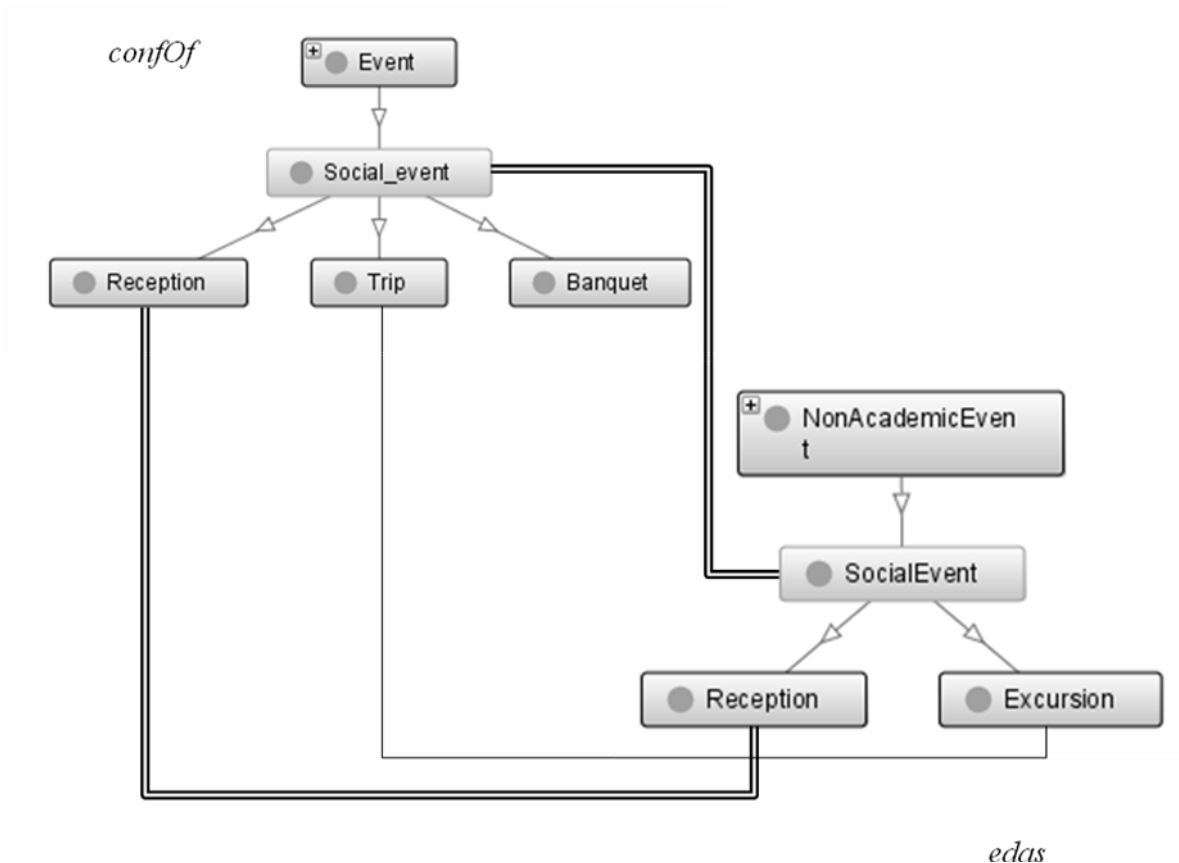


Figura 70 – Caso 4 – APS-1

Fundamentação:

As classes ConfOf::Social_event e Edas::SocialEvent são do tipo Kind⁵ e generalizam um conjunto completo e disjunto de classes do tipo SubKind (*Subkind Design Pattern*).

Antipadrão:

O resultado proposto pelo conjunto de ferramentas é enquadrado no APS-1 (vide seção 4.3.1).

Proposta de revisão para padrão:

⁵ Embora nesses casos as classes modelem eventos no sentido filosófico, como o foco é a especialização do evento com base no seu tipo caracterizamos a classe como um objeto (ou seja, abstraímos o seu aspecto temporal) e não um evento no sentido tipicamente considerado em uma ontologia de fundamentação.

Considerando que pelo resultado indicado pelas ferramentas as classes `ConfOf::Social_event` e `Edas::SocialEvent` se alinham, mas um subconjunto das classes que elas especializam não se alinham, o primeiro passo é verificar se há algum alinhamento entre os `SubKinds` não identificado. Embora `ConfOf::Trip` e `Edas::Excursion` possuam *strings* bem diferentes, elas são sinônimas nesse contexto e a indicação é para seu alinhamento. Dessa forma, passa-se a configurar o APS-4 (vide seção 4.3.9) e com isso a indicação para refinamento da correspondência entre `ConfOf::Social_event` e `Edas::SocialEvent`, considerando a relação de especialização. Aderência ao padrão PS-2 (vide seção 4.3.2).

Resultado:

Melhoria da cobertura do resultado, pois o número de alinhamentos identificados é acrescido em uma ocorrência. A relação da correspondência entre `ConfOf::Social_event` e `Edas::SocialEvent` é revisada, com melhoria da semântica do resultado.

Nos casos apresentados até aqui, envolvendo os tipos rígidos `Kind` e `SubKind`, discutimos o papel do antipadrão na identificação de situações inadmissíveis, considerando como espaço de revisão as soluções oferecidas pelos padrões.

Outro conjunto de casos identificados envolve o tipo `Role`. Nas ontologias de organização de conferência verifica-se um grande número de papéis desempenhados por uma pessoa. Contudo, nesses casos, a estratégia de atuação aplicada nos exemplos anteriores, partindo da identificação de um antipadrão para a revisão para um padrão, não se mostrou adequada. O problema típico verificado nesse estudo foi de não identificação da correspondência entre os tipos `Role`, embora esses representassem especializações de uma classe comum, cuja correspondência foi identificada.

Nesse cenário, portanto, discutiremos a utilização do PR-1 para identificação de correspondências não encontradas para o tipo Role.

Segundo esse padrão, a correspondência entre classes Role só é possível se os tipos Kind que elas especializam se alinham, estando também condicionada ao alinhamento das condições relacionais que os caracterizam.

Dessa forma, se há um conjunto de especializações de classes Role de um mesmo tipo Kind, há uma probabilidade de alinhamento entre esses tipos, que pode ser avaliada em função da condição relacional que o caracteriza. Portanto, sabendo-se que uma classe modela um papel, a avaliação da condição relacional passa a constituir um passo necessário na avaliação da correspondência entre essa classe e outra classe do tipo Role.

Um exemplo desse cenário será discutido com base na figura 71.

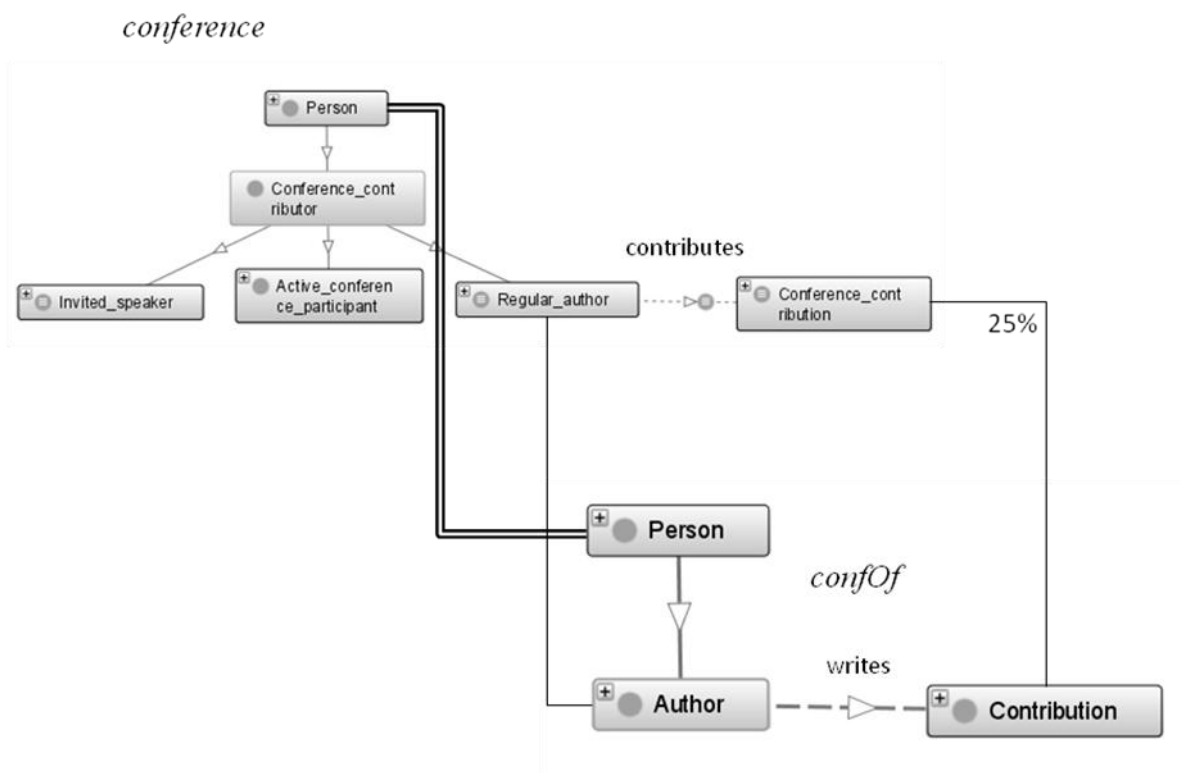


Figura 71 – Caso 5 - PR-1

Nesse caso, o conjunto de ferramentas considerado identificou a correspondência entre `Conference::Person` e `ConfOf::Person`, não tendo identificado a correspondência entre `Conference::Regular_author` e `ConfOf::Author`. A condição relacional de `Conference::Regular_author` é representada pela associação dessa classe à classe `Conference::Conference_contribution`, como sendo o papel assumido por uma Pessoa que apresenta uma Contribuição. A condição relacional de `ConfOf::Author` indica que esse papel é assumido pela Pessoa que escreve uma Contribuição, representada pela sua associação à classe `confOf::Contribution`. Pela caracterização dessas condições relacionais, verifica-se a correspondência entre as classes `Conference::Regular_auhor` e `ConfOf::Author`, melhorando a cobertura do resultado. Como é o caso desse exemplo, a análise do alinhamento entre as condições relacionais pode levar à identificação de correspondências além da classe `Role`. Nesse caso, por exemplo, ao final da análise poderíamos concluir também pela indicação da correspondência entre `Conference::Conference_contribution` e `ConfOf::Contribution`, tipos `Kind` envolvidos na condição relacional. Essa correspondência é indicada pelo gabarito de avaliação, mas foi identificada por 1 ferramenta apenas.

Alguns casos podem dificultar a identificação de correspondências entre tipos `Role` em função da modelagem não estar aderente ao *Role Design Pattern*. Embora as ontologias analisadas não tenham sido concebidas com base nesse padrão `OntoUML`, ele formaliza uma intuição que muitas vezes se reflete no modelo. Contudo, foram verificados alguns casos em que esse rigor não foi considerado, e nos exemplos seguintes discutiremos a importância dessa visão de modelagem para o processo de alinhamento de ontologias.

No exemplo da figura 72 apresentamos um erro de cobertura: o conjunto de ferramentas considerado não identificou a correspondência entre Iasted::Sponsor e SigKdd::Sponzor, indicada pelo alinhamento de referência.

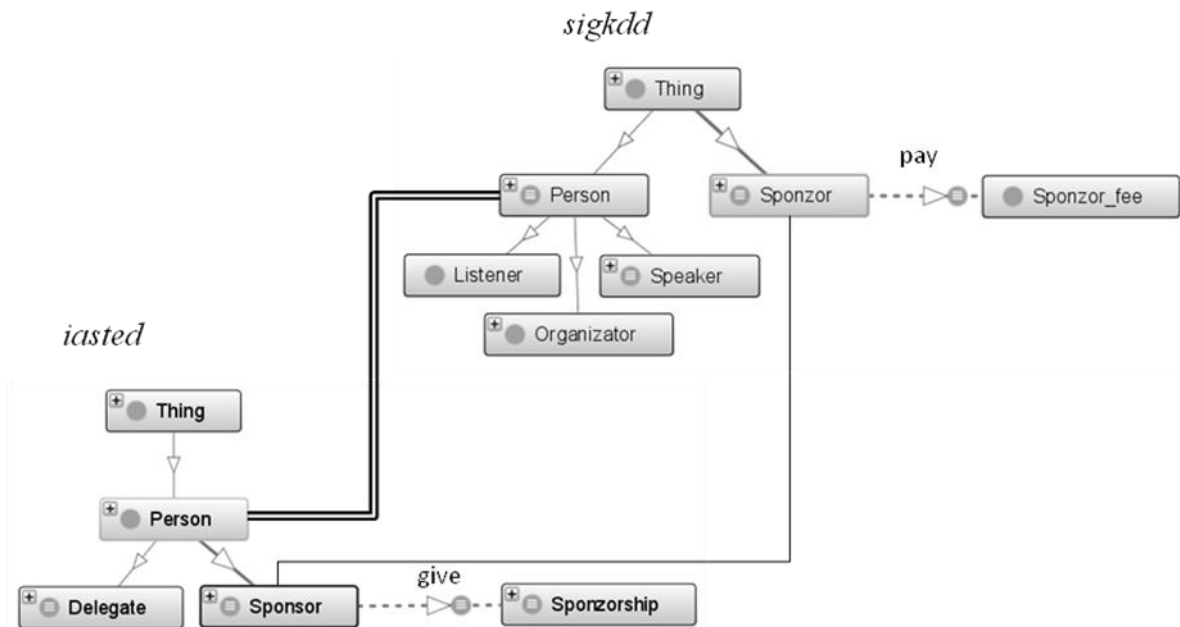


Figura 72 – Caso 6 -PR-1

A classe Iasted::Sponsor é modelada conforme o *Role Design Pattern*, como uma especialização da classe Iasted::Person para designar as pessoas que oferecem algum patrocínio (*give Sponsorship*). Na modelagem desse papel na ontologia Sigkdd, a caracterização da dependência relacional é explicitada pelo relacionamento dessa classe com a classe Sigkdd:Sponzor_fee (*pay sponsor fee*), ou seja, pelos pagantes de uma taxa de patrocínio, mas a classe Sigkdd:Sponzor aparece no modelo sem a indicação do tipo rígido que lhe confere a identidade. Independentemente da aplicação dos padrões e antipadrões para o tipo Role, essa falta de rigor na modelagem prejudica a avaliação, especialmente quando ela é automatizada. Nesse caso, embora não esteja formalizado na ontologia Sigkdd, se entendermos que Sigkdd::Sponzor é um papel desempenhado

por um `Sigkdd::Person`, e considerando que pela interpretação natural das condições relacionais (oferece patrocínio = paga taxa de patrocínio), elas se alinham, verifica-se a aderência ao PR-1. Dessa forma, temos a melhoria da cobertura do resultado, pois o número de correspondências identificadas é acrescido em uma ocorrência indicada por (`Iasted::Sponsor`, `SigKdd::Sponzor`, igualdade). Embora não conste no alinhamento de referência, se considerarmos ainda a correspondência (`Iasted::Sponsorship`, `SigKdd::Sponzor_fee`, igualdade), temos o acréscimo de mais uma ocorrência identificada.

5.3.1. Casos não aplicáveis

A seguir exemplificaremos um cenário típico para o qual não há oportunidade de aplicação dos padrões e antipadrões. Embora a apresentação desses exemplos não contribua para a validação da proposta, essa formalização documenta problemas recorrentes no universo analisado.

No exemplo da figura 73 o conjunto de ferramentas considerado não identificou a correspondência entre `Cmt::SubjectArea` e `confOf::Topic`.

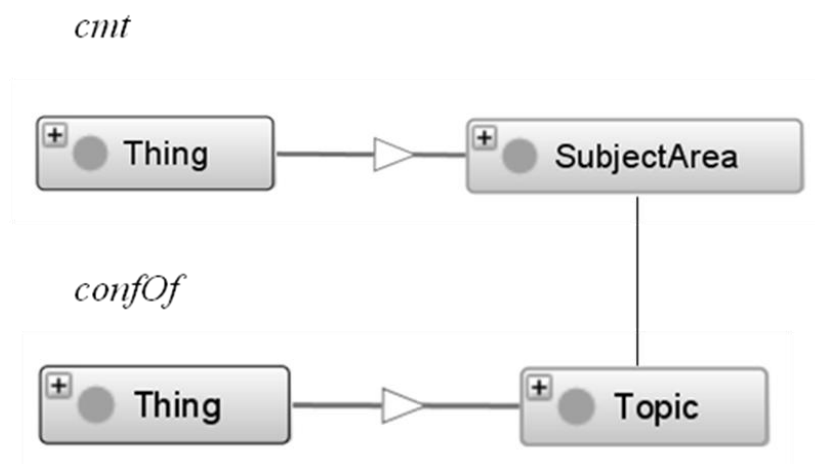


Figura 73 – Caso 7 – Não aplicável

SubjectArea e Topic são tipos Kind, mas esses tipos não são especializados em outros tipos.

Verificou-se também, ao longo do estudo, casos em que o alinhamento de referência indicado, bem como o alinhamento retornado pelas ferramentas, configurou-se como um antipadrão. Um exemplo desse caso é ilustrado na figura 74.

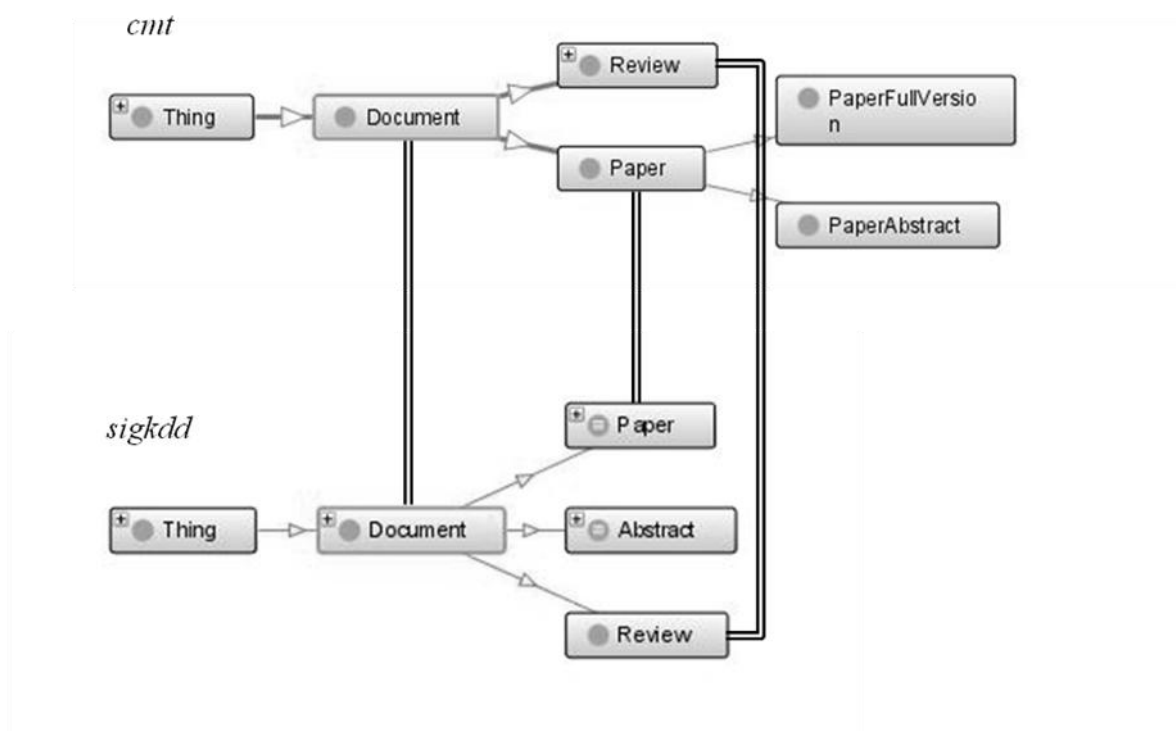


Figura 74 – Caso 8 – Configuração de gabarito como antipadrão

Nesse caso, tanto o gabarito quanto as ferramentas indicaram a correspondência entre as classes denominadas “Document”, “Paper” e “Review” em ambas as ontologias. No alinhamento de referência não há indicação de correspondência entre as classes Cmt::PaperAbstract e Sigkdd::Abstract. A análise das *strings* aponta uma similaridade entre essas classes, tanto que 2 das 4 ferramentas indicaram essa correspondência. Não há dúvida que esse caso seja aderente ao APS-4 (e considerando que os gabaritos não indicam o alinhamento de especialização), a indicação para aderência a um padrão seria apenas de refinamento da correspondência entre as classes “Document” para considerar

essa relação. Contudo, ao analisar a classe do conjunto de SubKinds de SigKdd que não é alinhada em Cmt, verificamos a existência de uma classe com denominação similar nessa ontologia (Cmt::PaperAbstract), que representa uma especialização de Cmt::Paper. Considerando que os padrões e antipadrões permitem a indicação de correspondência de uma classe a uma ou mais classes, outra alternativa de revisão para esse caso seria a indicação da correspondência Cmt::Paper e Sigkdd::Abstract, avaliando que a classe Cmt::Paper engloba os tipos “PaperAbstract” e “PaperFullVersion”, que na ontologia Sigkdd são representados por Sigkdd::Abstract e Sigkdd::Paper.

6. Trabalhos Relacionados

Neste capítulo serão apresentados os principais trabalhos relacionados à pesquisa. Considerando que os eixos principais da pesquisa são (i) a utilização de ontologias de fundamentação no processo de alinhamento de ontologias e (ii) a abordagem através de padrões e antipadrões de alinhamento, os trabalhos relacionados serão organizados considerando esses dois eixos.

6.1. Ontologias de fundamentação no alinhamento de ontologias

A utilização de ontologias de fundamentação no processo de alinhamento de ontologias é registrada em um número reduzido de publicações. A proposta que inspirou o presente trabalho é a de Silva et al. (2011), que apresenta uma abordagem para alinhamento de ontologias bem fundamentadas no domínio biomédico com o objetivo de facilitar o uso de múltiplas ontologias no processo de anotação genômica, através da identificação de termos equivalentes entre elas. O desenvolvimento da proposta de Silva et al. (2011) pauta-se em dois pontos principais, a saber: (i) a escolha de um subconjunto de métricas de similaridade mais adequadas às características das ontologias biomédicas (considerando a hierarquia, a existência de instâncias, a representação das restrições etc) através da avaliação, seleção e customização de uma ferramenta de alinhamento para esse propósito; e (ii) a utilização de uma ontologia de fundamentação para avaliação da natureza conceitual dos termos, servindo como um

parâmetro adicional no cálculo da similaridade. Esse segundo ponto é o foco da discussão nesse contexto e será detalhado a seguir.

A ontologia de fundamentação selecionada foi a BFO (GRENON et al., 2004) e o processo de fundamentação das ontologias a serem alinhadas foi feito manualmente devido à dependência do entendimento do domínio para garantir a correta interpretação do conceito nas categorias de fundamentação. A estratégia de fundamentação considerou a associação das classes mais gerais das ontologias biomédicas às classes mais específicas da BFO, minimizando o esforço desse passo manual no processo. Como resultado, deriva-se uma ontologia única e integrada, composta pelas ontologias de domínio e um conjunto de categorias da ontologia de fundamentação.

A ontologia de fundamentação foi utilizada como parâmetro adicional no cálculo de similaridade e incorporada ao processo de alinhamento pela medida de similaridade taxonômica que atua no nível estrutural, considerando a hierarquia dos conceitos, já que os conceitos de fundamentação passam a configurar superclasses das ontologias de domínio. Para validação do trabalho foi realizado um experimento que comparou o alinhamento resultante do processamento com a versão original da ferramenta selecionada e o alinhamento resultante da aplicação da versão customizada da ferramenta e adição da ontologia de fundamentação.

Como trabalhos futuros, registrou-se a necessidade de desenvolvimento de mais experimentos, envolvendo diferentes domínios e ontologias de fundamentação, bem como melhorias no uso de ontologias de fundamentação, com abordagens mais robustas, ampliando a fundamentação para conceitos além dos mais gerais da hierarquia.

Esses pontos são de grande relevância nesse processo, pois de fato, a solução de simplificação no processo de fundamentação pode não ser aplicável a outros domínios, o que reforça os dois pontos levantados por Silva et al. (2011).

Silva e Cavalcanti (2012) reforçam a proposta de Silva et al. (2011) ao evidenciar através de um estudo de caso a melhoria do resultado do alinhamento das ontologias a partir da sua fundamentação. Nesse trabalho, as ontologias de domínio abrangem conceitos de geologia e o processo envolve a geração de um modelo conceitual a partir do esquema lógico de um banco de dados (com a utilização de técnicas de engenharia reversa) e a fundamentação desses modelos com base na UFO. A fundamentação foi explorada pelas técnicas existentes nas ferramentas escolhidas para realização do estudo, que capturam aspectos estruturais, enriquecidos pela adição das classes de fundamentação como superclasses das classes de domínio.

Mascardi et al. (2010) utilizam ontologias de fundamentação em um processo de alinhamento completamente automatizado, incluindo a etapa de fundamentação das ontologias de domínio. Em experimento realizado considerando 3 ontologias de fundamentação (OpenCyc, SUMO-OWL e DOLCE) e 17 pares de ontologias de domínio, os ganhos apresentados pela abordagem apenas são evidenciados quando a ontologia de fundamentação utilizada compreende, além dos construtos de alto nível, uma abrangência mais geral incluindo conceitos específicos de vários domínios do conhecimento (OpenCyc e SUMO-OWL). A utilização de uma ontologia de fundamentação “pura” (denominação utilizada pelos autores para referir-se à ontologia DOLCE, restrita a construtos de alto nível) deteriora o resultado, explicado pela fundamentação através de abordagens tipicamente utilizadas para indicação de correspondências entre classes de ontologias de domínio, como análises sintáticas, terminológicas e estruturais. Nesse sentido, esse trabalho se aproxima mais de abordagens que utilizam ontologias de domínio externas para apoiar o alinhamento de duas outras ontologias do mesmo domínio, atuando como “pontes semânticas”, comumente referenciadas como *background ontologies*.

Outra natureza de abordagem considerando a fundamentação é registrada no trabalho de Gonçalves et al. (2011), cuja hipótese é de que uma ontologia bem fundamentada de referência no domínio pode ser empregada para integração semântica de padrões de dados de eletrocardiograma. Os modelos dos padrões de dados são alinhados manualmente aos conceitos da ontologia de domínio e o alinhamento resultante entre cada modelo e a ontologia de referência possibilita o alinhamento indireto entre os modelos a partir do conceito da ontologia de referência. Dessa forma, esse trabalho também exemplifica o uso de uma ontologia de domínio externa para apoiar o alinhamento de ontologias do mesmo domínio, com reuso de alinhamentos, e nesse caso, adicionalmente, a ontologia utilizada é bem fundamentada.

A tabela abaixo relaciona e sintetiza os trabalhos descritos anteriormente:

Tabela 3: Trabalhos relacionados

Referência	Papel da ontologia de fundamentação	Domínio	Ontologias de fundamentação utilizadas	Nível de automatização
Silva et al. (2011)	As classes mais específicas da ontologia de fundamentação foram adicionadas como superclasses das classes mais gerais das ontologias de domínio e exploradas pela similaridade taxonômica que atua no nível da estrutura, considerando a hierarquia dos conceitos.	Biomédico	BFO	Parcial
Silva e Cavalcanti (2012)	As classes da ontologia de fundamentação foram adicionadas como superclasses das classes das ontologias de domínio e exploradas pelas	Geológico	UFO	Parcial

	técnicas existentes nas ferramentas utilizadas.			
Mascardi et al. (2010)	“Pontes semânticas” no processo de alinhamento ontologias, papel de <i>background ontologies</i>	17 pares de ontologias de domínios variados	OpenCyc SUMO-OWL DOLCE	Total
Gonçalves et al. (2011)	Utilizada na fundamentação da ontologia de referência	Eletrocardiograma	UFO	Nenhum

Considerando a classificação das técnicas de alinhamento de ontologias discutidas na seção 3.2, todos os trabalhos da Tabela 3 enquadram-se na técnica denominada “*Upper level and domain specific formal ontologies*”. Contudo, essa classificação reúne em um mesmo grupo abordagens que se baseiam em ontologias de domínio de referência e abordagens que de fato exploram ontologias de fundamentação no processo de alinhamento de ontologias, com foco bastante distinto, como evidenciado na descrição dos trabalhos até aqui. Se considerarmos um recorte dessa técnica que compreenda a utilização de uma ontologia de domínio de referência, podemos classificar o trabalho de Mascardi et al. (2010) e Gonçalves et al. (2011), enquanto a nossa proposta e os trabalhos de Silva et al. (2011) e Silva e Cavalcanti (2012) estariam apoiados no uso de ontologias de fundamentação diretamente. Por esse motivo, e considerando que o trabalho de Silva e Cavalcanti (2012) no que se refere à forma de explorar a fundamentação é aderente ao de Silva et al. (2011), restringiremos a comparação da abordagem proposta com o trabalho de Silva et al. (2011), apresentada a seguir.

Nosso trabalho se assemelha ao trabalho de Silva et al. (2011) e vai ao encontro das suas proposições futuras pelos seguintes pontos:

- Considera o alinhamento de ontologias bem fundamentadas, prezando pelo rigor do processo de fundamentação dessas ontologias;
- Abrange domínios e ontologias de fundamentação distintos daquele trabalho;
- Não se restringe à fundamentação dos conceitos mais gerais da hierarquia das ontologias de domínio.

Nosso trabalho se diferencia do trabalho de Silva et al. (2011) pelos seguintes pontos:

- **A forma como a fundamentação é explorada:** no trabalho de Silva et al. (2011), a partir da métrica estrutural de similaridade taxonômica, e no presente trabalho com a aplicação de padrões e antipadrões de correspondências;
- **O método de avaliação:** no trabalho de Silva et al. (2011) foi realizado um experimento e o presente trabalho contempla um estudo de caso com análise de alinhamentos não resolvidos com ferramentas existentes e demonstração da aplicabilidade dos padrões e antipadrões de correspondências nesse contexto.

6.2. Padrões e antipadrões na área de Ontologias

Padrões de projeto são propostos por Scharffe (2009) como um novo recurso para a modelagem de problemas de alinhamento de ontologias. Segundo o autor, o processo de alinhamento de ontologias pode ser considerado um problema de *design* e como em qualquer problema dessa natureza, padrões emergem das regularidades identificadas durante repetidas tarefas de alinhamento. O autor introduz o conceito de *Correspondence Patterns* (Padrões de Correspondências), que representam *templates*,

ou seja, soluções gerais para configurações particulares de alinhamento, que consideram um conjunto de correspondências proposto, mais que a simples indicação de correspondência entre duas entidades. Scharffe (2009) também desenvolve em seu trabalho uma biblioteca de padrões de correspondências e uma linguagem para representação de alinhamentos, que é utilizada para formalizar os padrões e suas instanciações. Ritze et al. (2009) propõem um conjunto de padrões envolvendo correspondências complexas, ou seja, considerando a combinação de correspondências entre classes e propriedades.

Embora se constate a aplicação de padrões de correspondências na área de alinhamento de ontologias, a discussão de antipadrões não foi verificada nesse contexto.

Na Engenharia de Ontologias, o conceito de antipadrão é utilizado por Sales et al. (2012), que propõem um conjunto de antipadrões semânticos, os quais capturam decisões de modelagem que embutem erros na medida em que permitem a instanciação de casos não desejáveis. A elicitação dos antipadrões foi feita através de uma análise empírica e qualitativa de validação dos modelos conceituais envolvendo simulação visual através do editor OntoUML.

Um exemplo de antipadrão proposto a partir dessa análise é denominado “Abstração imprecisa”. A configuração desse antipadrão é apresentada na figura 75, envolvendo dois tipos T_1 e T_2 relacionados por uma associação R , em que pelo menos um deles (por exemplo, T_2) é especializado em subtipos.

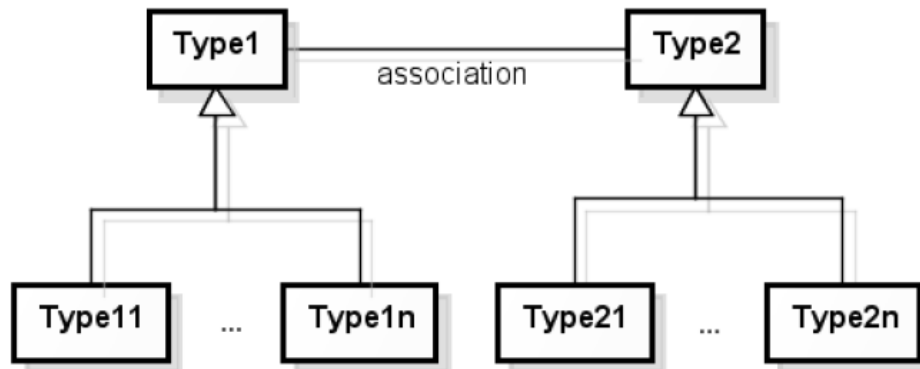


Figura 75 – Antipadrão - Abstração imprecisa. Fonte: (SALES et al., 2012)

A inconsistência nesse caso pode derivar na associação apenas entre os tipos T_1 e T_2 , abstraindo as associações entre os seus subtipos.

Embora essa alternativa resulte em modelos mais simples e concisos, ela pode implicar um menor nível de precisão na representação dos modelos. Isso ocorre porque restrições de cardinalidades específicas envolvendo os tipos especializados ficam ocultas no modelo.

Um exemplo de caso prático verificado no processo de simulação é apresentado na figura 76.

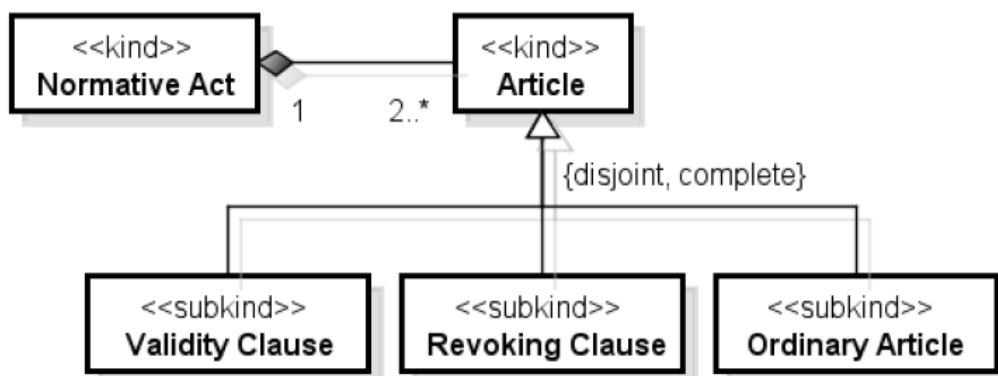


Figura 76 – Exemplo - Abstração imprecisa. Fonte: (SALES et al., 2012)

Nesse domínio, cada *Normative Act* é composto por dois ou mais *Articles*, que possuem propósitos distintos, conforme subtipos explicitados. A composição de um

Normative Act deve obedecer a um conjunto de restrições, a saber: todo ato deve ter exatamente uma *Validity Clause* e no máximo uma *Revoking Clause*. Contudo, essas restrições não estão explícitas no modelo, configurando-se o antipadrão de “Abstração imprecisa”. Um cenário possível mas inválido seria um *Normative Act* composto por duas *Revoking Clause*, por exemplo.

Um outro exemplo mais cotidiano desse antipadrão é a classe filho associada à classe genitor com cardinalidade 2, sendo a classe genitor especializada em mãe e pai. Embora a condição filho associada a dois genitores seja válida, não é possível que esses genitores sejam dois pais ou duas mães.

Neste trabalho, definimos antipadrões de correspondências como *templates* de correspondências inadmissíveis, ou seja, independentemente do domínio representam soluções incorretas e/ou incompletas.

Quando analisamos a natureza do antipadrão proposto por Sales et al. (2012) apresentado acima, não verificamos a característica de inadmissibilidade. Voltando ao exemplo da figura 76, se a composição de um *Normative Act* não implicasse qualquer restrição, sendo válida qualquer composição de dois ou mais *Articles*, a representação não configuraria um antipadrão, embora coerente ao *template* da figura 75.

Dessa forma, é importante destacar que o conceito de antipadrão neste trabalho (por definição uma solução inadmissível) é mais restrito do que o de Sales et al. (2012) (que o define como uma solução problemática). Isto implica um diferencial na sua utilização, pois de fato há a garantia de total objetividade na aplicação dos antipadrões de correspondências propostos, independentemente do domínio e sem dependência de qualquer avaliação posterior.

Embora não tenham sido definidos como antipadrões, Meilicke (2011) discute a ocorrência de erros na identificação das correspondências que implicam conflito lógico

com outras correspondências. Nesses casos, o alinhamento é definido como incoerente (*incoherent alignment*), sendo a tese desse autor centrada na relevância dessas incoerências e nas estratégias para resolvê-las. Em relação ao primeiro ponto, o autor demonstra que esses alinhamentos incoerentes implicam problemas para diversas naturezas de aplicação que utilizam alinhamentos como componente chave, em processos que envolvem *Terminological Reasoning*, *Data Transformation* e *Query Processing*. No que diz respeito ao segundo ponto, o foco é no desenvolvimento de algoritmos que ajudem a encontrar um subconjunto coerente de um alinhamento incoerente que seja preferível a outros subconjuntos coerentes.

No presente trabalho, as provas apresentadas para os padrões e antipadrões de correspondências propostos baseiam-se nessa ideia de conflito lógico, considerando as metapropriedades da UFO e os padrões de modelagem da OntoUML.

7. Conclusão

Este capítulo traz as considerações finais do trabalho, destacando as suas principais contribuições, as limitações verificadas na condução da pesquisa bem como as oportunidades de trabalhos futuros.

7.1. Considerações finais

A fundamentação das ontologias melhora a sua qualidade a partir da explicitação de conhecimento do domínio, agregando semântica ao modelo. A motivação para o presente trabalho originou-se do questionamento de como essa semântica adicional poderia ser utilizada no processo de alinhamento de ontologias.

O objetivo geral da pesquisa consistiu em melhorar o alinhamento através da aplicação de padrões e antipadrões de correspondências no processo de alinhamento de ontologias bem fundamentadas representadas através de modelos OntoUML.

Esse objetivo foi atingido a partir da definição de padrões de correspondências admissíveis e antipadrões de correspondências inadmissíveis, baseados nas metapropriedades dos construtos da UFO e nos padrões de projeto da linguagem OntoUML, com apresentação da prova de sua validade lógica.

Para a verificação da hipótese e comprovação da melhoria do alinhamento com a aplicação dos padrões e antipadrões propostos, demonstramos a aplicabilidade dos mesmos como recursos no processo de avaliação de alinhamentos, evidenciando a melhoria do resultado alcançada considerando as métricas de precisão e cobertura.

Consideramos cenários de alinhamento disponibilizados por uma importante e reconhecida iniciativa de pesquisa na área e os casos apresentados indicavam erros comuns às ferramentas *benchmark* na área. De acordo com a publicação de avaliação da Campanha considerada no estudo de caso (EUZENAT et al., 2011), duas das ferramentas analisadas (CODI e LogMap) garantem de forma total (CODI) ou na maioria dos casos (LogMap) a coerência do alinhamento no sentido apresentado por Meilicke (2011). Isso reforça a relevância da melhoria do resultado do alinhamento alcançada.

7.2. Principais contribuições

Uma primeira contribuição da pesquisa, que resultou do levantamento bibliográfico realizado, é a consolidação de abordagens que consideram a utilização de ontologias de fundamentação no processo de alinhamento, detalhada na seção 6.1.

A discussão relacionada a padrões e antipadrões de projeto, já consolidada na área de engenharia de software, presente também na literatura de engenharia de ontologias, motivou considerarmos a definição de padrões de correspondências de Scharffe (2009) para extensão da conceituação de antipadrões de correspondências, outra contribuição da pesquisa.

A principal contribuição, no entanto, consiste na definição e formalização dos padrões e antipadrões de correspondências a partir das metapropriedades dos construtos da UFO e dos padrões de projeto da linguagem OntoUML, reforçando a utilização de padrões e introduzindo a abordagem de antipadrões nesse contexto.

Demonstramos através de provas formais a admissibilidade dos padrões e inadmissibilidade dos antipadrões, conferindo um alto grau de generalidade na aplicação desses recursos.

Evidências da aplicabilidade desses padrões e antipadrões em cenários reais de alinhamento de ontologias também foram apresentadas, com melhoria da precisão e/ou cobertura. Embora não tenha sido objetivo consolidar um método para utilização desses padrões, aplicamos um procedimento de verificação que pode inspirar o desenvolvimento de soluções com esse objetivo.

Em relação às características dos padrões e antipadrões, alguns pontos são relevantes ao endereçar problemas ainda em plena discussão na área de alinhamento de ontologias: (i) não se restringem a correspondências de igualdade, tratando também correspondências de especialização. (ii) não restringem o alinhamento 1 para 1 entre as classes; (iii) configuram-se como recursos para o processo de alinhamento de ontologias, podendo ser utilizados de forma combinada com outras técnicas existentes.

Durante o desenvolvimento da pesquisa foram publicados dois artigos, um deles discutindo o processo de alinhamento de ontologias apoiado em ontologias de fundamentação para integração semântica de dados (PADILHA et al., 2012b) e abordando inicialmente o tema de padrões de correspondências baseados nos padrões de projeto da OntoUML (PADILHA et al, 2012a).

7.3. Limitações da proposta

Uma limitação no processo de avaliação da aplicabilidade dos padrões e antipadrões de correspondências foi a dificuldade em encontrar ontologias bem fundamentadas disponíveis, pois não foi identificado um domínio contemplando duas ontologias distintas bem fundamentadas. Como alternativa, optou-se pela seleção das ontologias e alinhamentos no escopo do OAEI e a fundamentação foi realizada pelos próprios autores para os fragmentos das ontologias pertinentes para a discussão da aplicabilidade dos padrões e antipadrões de correspondências.

Outra limitação se refere ao universo de construtos de fundamentação considerado. Os padrões e antipadrões foram definidos com foco em uma ontologia específica, a UFO, e considerando alguns padrões de projeto da OntoUML envolvendo um conjunto de estruturas taxonômicas, especificamente os tipos Kind (e SubKind), Phase e Role.

Por fim, não foi considerada automatização do processo de alinhamento.

7.4. Trabalhos futuros

Embora para a discussão da aplicabilidade dos padrões e antipadrões de correspondências propostos abordamos um procedimento de análise, não foi objetivo deste trabalho consolidar um método para aplicação desses recursos no processo de alinhamento de ontologias, o que é uma oportunidade de trabalho futuro, considerando também outros padrões de correspondências já definidos.

Não foi considerado na proposta qualquer nível de automatização. Alguns pontos são críticos nesse sentido e consistem em oportunidades de tratativas futuras. Primeiramente, o processo de identificação de estruturas aderentes aos padrões e antipadrões de correspondências, o que envolve a identificação dos padrões de projeto da OntoUML nas ontologias a serem alinhadas e a verificação das correspondências entre elas. Outra demanda de automatização se refere à condução do processo de revisão do alinhamento a partir da identificação de antipadrões, com indicação das revisões, podendo envolver inclusive interação com o usuário - um dos desafios propostos por Shvaiko e Euzenat (2013) e verificado na pesquisa de Meilicke (2011), ou heurísticas computacionais.

Os padrões e antipadrões de correspondências propostos são baseados em padrões de projeto da linguagem OntoUML envolvendo um número limitado de construtos da

UFO. A extensão do trabalho considerando outros construtos, em especial envolvendo padrões de projeto formalizados é também uma oportunidade de trabalho futuro.

Referências

- BORST, W. Construction of Engineering Ontologies for Knowledge Sharing and Reuse, Ph.D. Thesis, University of Twente, The Netherlands, 2007
- BRINGUENTE, A. C., FALBO, R., GUIZZARDI, G. “Using a Foundational Ontology for Reengineering a Software Process Ontology”, In: JIDM 2(3), pp. 511-526, 2011
- BROWN, W., MALVEAU, R., MCCORMICK III, H., MOWBRAY, T. Antipatterns – Refactoring Software, Architectures, and Projects in Crisis, Wiley Computer Publishing, 1998
- EHRIG, M. Ontology Alignment: Bridging the Semantic Gap, Springer, 2007
- EUZENAT, J. et al. “Results of the Ontology Alignment Evaluation Initiative 2011” In: CEUR workshop proceedings Proceedings of the 6th International Workshop on Ontology Matching, 2011
- EUZENAT, J., SHVAIKO, P. Ontology Matching, Springer, 2007
- GONÇALVES, B., GUIZZARDI, G., PEREIRA FILHO, J. G. “Using an ECG reference ontology for semantic interoperability of ECG data”, In: Journal of Biomedical Informatics, vol. 44 , pp 126–136, 2011
- GRENON, P., SMITH, B., GOLDBERG, L. “Biodynamic Ontology: Applying BFO in the Biomedical Domain” In: D. M. Pisanelli (Ed.), Ontologies in Medicine. IOS Press, The Netherlands, pp. 20–38, 2004
- GRUBER, T. R. “Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing”, In: International Journal of Human and Computer Studies, vol. 43, issues 5/6. pp. 907–928, 1995
- GUARINO, N. Semantic Matching: Formal Ontological Distinctions for Information Organization, Extraction and Integration, 1998
- GUIZZARDI, G., GRAÇAS, A. P, GUIZZARDI, R. S. S. “Design Patterns and Inductive Modelling Rules to Support the Construction of Ontologically Well-Founded Conceptual Models in OntoUML”, In: 3rd International Workshop on Ontology-Driven Information Systems (ODISE 2011), London, UK, 2011

GUIZZARDI, G., BAIÃO, F., LOPES, M., FALBO, R. “The Role of Foundational Ontologies for Domain Ontology Engineering: An Industrial Case Study in the Domain of Oil and Gas Exploration and Production”, In: International Journal of Information System Modeling and Design, 2010

GUIZZARDI, G., FALBO, R. A., GUIZZARDI, R. S. S. “A importância de Ontologias de Fundamentação para a Engenharia de Ontologias de Domínio: o caso do domínio de Processos de Software”, In: IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS, vol. 6, n. 3, 2008

GUIZZARDI, G. Ontological Foundations for Structural Conceptual Models, Ph.D. Thesis, University of Twente, The Netherlands, 2005

MASCARDI, V., LOCORO, A., ROSSO, P. “Automatic Ontology Matching Via Upper Ontologies: A Systematic Evaluation” In: IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, vol. 22, n. 5, pp. 609–623, 2010

MEILICKE, Christian. Alignment Incoherence in Ontology Matching, Ph.D. Thesis, UniversityMannheim, 2011.

PADILHA, N. F., BAIÃO, F. A., REVOREDO, K. “Alignment Patterns Based on Unified Foundational Ontology”, In: ONTOBRAS-MOST 2012, pp. 48-59, 2012a

PADILHA, N. F., BAIÃO, F. A., REVOREDO, K. “Alignment for Semantic Data Integration through Foundational Ontologies”, In: ER Workshops 2012, pp. 172-181, 2012b

RITZE, D., MEILICKE, C., SVÁB-ZAMAZAL, O., STUCKENSCHMIDT, H. “A Pattern-based Ontology Matching Approach for Detecting Complex Correspondences”, In: Proceedings of the ISWC 2009 Workshop on Ontology Matching, Washington, DC, USA, 2009

SALES, T. P., BARCELOS, P. P. F., GUIZZARDI, G. “Identification of Semantic Anti-Patterns in Ontology-Driven Conceptual Modeling via Visual Simulation” In: 4th International Workshop on Ontology-Driven Information Systems (ODISE 2012), Graz, 2012

SCHARFFE, F. Correspondence Patterns Representation, Ph.D. Thesis, University of Innsbruck, Austria, 2009

SCHARFFE, F., EUZENAT, J., FENSEL, D. “Towards correspondence patterns for ontology mediation” In: Proceedings of the ACM Symposium of Applied Computing, Fortaleza, Brasil, 2008

SILVA, A. M. F. R., CAVALCANTI, M. C. “Towards Making Explicit the Ontological Commitment of a Database Schema on the Geological Domain”. FOIS 2012, pp. 73-86, 2012

SILVA, V. S., CAMPOS, M. L. M, SILVA, J. C. P., CAVALCANTI, M. C. “An Approach for the Alignment of Biomedical Ontologies based on Foundational Ontologies”, In: Journal of Information and Data Management, vol. 2, n. 3, pp. 557–572, 2011

SHADBOLT, N., HALL, W., BERNERS-LEE, T. “The Semantic Web Revisited”, In: IEEE Intelligent Systems Journal, May/June, pp. 96-101, 2006

SHVAIKO, P., EUZENAT, J. “Ontology Matching: state of the art and future challenges”, In:IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering 25(1), pp. 158-176, 2013

ZIEGLER, P. AND DITTRICH, K. R. “Data Integration - Problems, Approaches, and Perspectives”, In: Krogstie, J., Opdahl, A. L. and Brinkkemper, S. (eds.) Conceptual Modelling in Information Systems Engineering, pp. 39–58. Springer, Heidelberg, 2007

ANEXO I

As tabelas a seguir indicam o resultado da análise dos alinhamentos. Uma linha em destaque divide as correspondências em dois grupos. Até esta linha, a análise é a seguinte: as duas primeiras colunas indicam as classes cuja correspondência foi indicada pelo alinhamento de referência e a terceira coluna indica o percentual de ferramentas que identificou a correspondência. Após a linha, a análise é a seguinte: as duas primeiras colunas indicam as classes cuja correspondência foi indicada por pelo menos uma ferramenta (mas que não constam no alinhamento de referência) e a terceira coluna indica o percentual de ferramentas que identificou a correspondência.

Cmt X Sigkdd

cmt#Conference	sigkdd#Conference	100%
cmt#Paper	sigkdd#Paper	100%
cmt#ProgramCommitteeMember	sigkdd#Program_Committee_member	100%
cmt#Document	sigkdd#Document	100%
cmt#ConferenceChair	sigkdd#General_Chair	25%
cmt#email	sigkdd#E-mail	75%
cmt#Review	sigkdd#Review	100%
cmt#ProgramCommittee	sigkdd#Program_Committee	100%
cmt#ProgramCommitteeChair	sigkdd#Program_Chair	25%
cmt#Author	sigkdd#Author	100%
cmt#submitPaper	sigkdd#submit	75%
cmt#Person	sigkdd#Person	100%
cmt#name	sigkdd#Name	75%
cmt#PaperAbstract	sigkdd#Abstract	50%
cmt#date	sigkdd#Date	50%
cmt#assignedTo	sigkdd#designed_by	25%
cmt#memberOfConference	sigkdd#Name_of_conference	25%

Iasted X Sigkdd

iasted#Place	sigkdd#Place	100%
iasted#Review	sigkdd#Review	100%
iasted#Student_registration_fee	sigkdd#Registration_Student	25%
iasted#Fee	sigkdd#Fee	100%
iasted#Registration_fee	sigkdd#Registration_fee	100%
iasted#Sponsor	sigkdd#Sponzor	0%
iasted#Deadline_for_notification_of_acceptance	sigkdd#Deadline_Author_notification	0%
iasted#Nonmember_registration_fee	sigkdd#Registration_Non-Member	25%
iasted#Author	sigkdd#Author	100%
iasted#Listener	sigkdd#Listener	100%
iasted#Main_office	sigkdd#Main_office	100%
iasted#Conference_hall	sigkdd#Conference_hall	100%
iasted#Person	sigkdd#Person	100%
iasted#Deadline	sigkdd#Deadline	100%
iasted#Speaker	sigkdd#Speaker	100%
iasted#Item	sigkdd#Award	25%
iasted#Document	sigkdd#Document	100%
iasted#obtain	sigkdd#obtain	50%
iasted#pay	sigkdd#pay	50%
iasted#Sponsorship	sigkdd#Sponzor	25%

Cmt X Edas

cmt#Person	edas#Person	100%
cmt#Conference	edas#Conference	100%
cmt#Author	edas#Author	100%
cmt#Reviewer	edas#Reviewer	100%
cmt#hasConferenceMember	edas#hasMember	25%
cmt#memberOfConference	edas#isMemberOf	0%
cmt#ConferenceChair	edas#ConferenceChair	100%
cmt#Review	edas#Review	100%
cmt#Document	edas#Document	100%
cmt#Paper	edas#Paper	100%
cmt#hasAuthor	edas#isWrittenBy	0%
cmt#hasBeenAssigned	edas#isReviewing	0%
cmt#assignedTo	edas#isReviewedBy	0%
cmt#writtenBy	edas#isWrittenBy	25%
cmt#email	edas#hasEmail	50%
cmt#name	edas#hasName	25%

Cmt X ConfOf

cmt#ProgramCommitteeChair	confOf#Chair_PC	25%
cmt#writePaper	confOf#writes	25%
cmt#Author	confOf#Author	75%
cmt#ConferenceMember	confOf#Member	25%
cmt#Administrator	confOf#Administrator	100%
cmt#title	confOf#hasTitle	75%
cmt#SubjectArea	confOf#Topic	0%
cmt#PaperFullVersion	confOf#Paper	0%
cmt#hasBeenAssigned	confOf#reviews	0%
cmt#hasAuthor	confOf#writtenBy	0%
cmt#Conference	confOf#Conference	100%
cmt#ProgramCommitteeMember	confOf#Member_PC	0%
cmt#hasSubjectArea	confOf#dealsWith	0%
cmt#Person	confOf#Person	100%
cmt#Paper	confOf#Contribution	25%
cmt#email	confOf#hasEmail	100%
cmt#writtenBy	confOf#writtenBy	50%
cmt#Reviewer	confOf#Member_PC	25%
cmt#Paper	confOf#Paper	50%
cmt#Chairman	confOf#Chair_PC	25%
cmt#Paper	confOf#Short_paper	25%
cmt#PaperAbstract	confOf#Paper	25%
cmt#Review	confOf#Reviewing_event	25%
cmt#startReviewerBidding	confOf#starts_on	25%
cmt#name	confOf#hasStreet	25%
cmt#endReview	confOf#ends_on	25%
cmt#readByReviewer	confOf#reviews	25%

Cmt X Iasted

cmt#Author	iasted#Author	100%
cmt#Review	iasted#Review	100%
cmt#Person	iasted#Person	100%
cmt#Reviewer	iasted#Reviewer	100%
cmt#Document	iasted#Document	100%
cmt#date	iasted#is_dated_on	25%
cmt#Conference	iasted#Activity	25%

Cmt X Conference

cmt#Conference	conference#Conference_volume	0%
cmt#Preference	conference#Review_preference	50%
cmt#Author	conference#Regular_author	25%
cmt#Person	conference#Person	100%
cmt#email	conference#has_an_email	75%
cmt#Co-author	conference#Contribution_co-author	25%
cmt#PaperAbstract	conference#Abstract	25%
cmt#Document	conference#Conference_document	50%
cmt#Review	conference#Review	100%
cmt#Conference	conference#Conference	100%
cmt#ProgramCommittee	conference#Program_committee	100%
cmt#Chairman	conference#Chair	50%
cmt#SubjectArea	conference#Topic	0%
cmt#assignedByReviewer	conference#invited_by	0%
cmt#assignExternalReviewer	conference#invites_co-reviewers	0%
cmt#Paper	conference#Paper	100%
cmt#hasAuthor	conference#has_authors	50%
cmt#name	conference#has_a_name	50%
cmt#Reviewer	conference#Reviewer	100%
cmt#ProgramCommitteeMember	conference#Committee_member	25%
cmt#AssociatedChair	conference#Chair	25%
cmt#ConferenceChair	conference#Chair	25%
cmt#Rejection	conference#Rejected_contribution	25%
cmt#Acceptance	conference#Accepted_contribution	25%
cmt#ConferenceMember	conference#Committee_member	25%
cmt#hasProgramCommitteeMember	conference#has_a_program_committee	25%
cmt#hasConferenceMember	conference#has_members	25%
cmt#assignedByReviewer	conference#reviews	25%
cmt#memberOfProgramCommittee	conference#was_a_program_committee_of	25%
cmt#hasBeenAssigned	conference#has_been_assigned_a_review_reference	25%
cmt#endReview	conference#is_an_ending_date	25%
cmt#submitPaper	conference#is_submitted_at	25%
cmt#siteURL	conference#has_a_URL	25%

Cmt X Ekaw

cmt#Document	ekaw#Document	100%
cmt#ConferenceMember	ekaw#Conference_Participant	0%
cmt#Author	ekaw#Paper_Author	25%
cmt#writtenBy	ekaw#reviewWrittenBy	25%
cmt#hasBeenAssigned	ekaw#reviewerOfPaper	0%
cmt#Person	ekaw#Person	100%
cmt#Conference	ekaw#Conference	100%
cmt#assignedTo	ekaw#hasReviewer	0%
cmt#Review	ekaw#Review	100%
cmt#Paper	ekaw#Paper	100%
cmt#PaperFullVersion	ekaw#Regular_Paper	0%
cmt#PaperAbstract	ekaw#Abstract	25%
cmt#ProgramCommitteeChair	ekaw#PC_Chair	25%
cmt#ProgramCommitteeMember	ekaw#PC_Member	25%
cmt#Reviewer	ekaw#Possible_Reviewer	25%
cmt#writtenBy	ekaw#writtenBy	50%

ConfOf X Iasted

confOf#Event	iasted#Activity	0%
confOf#Author	iasted#Author	100%
confOf#Person	iasted#Person	100%
confOf#Banquet	iasted#Dinner_banquet	25%
confOf#Administrative_event	iasted#Activity_before_conference	0%
confOf#Reception	iasted#Coctail_reception	25%
confOf#City	iasted#City	100%
confOf#Tutorial	iasted#Tutorial	100%
confOf#Country	iasted#State	0%
confOf#University	iasted#Presenter_university	25%
confOf#writes	iasted#write	25%
confOf#Member_PC	iasted#Reviewer	25%

Conference X ConfOf

conference#Conference_participant	confOf#Participant	50%
conference#has_an_email	confOf#hasEmail	100%
conference#Poster	confOf#Poster	100%
conference#Organization	confOf#Organization	100%
conference#Topic	confOf#Topic	100%
conference#Workshop	confOf#Workshop	100%
conference#Paper	confOf#Paper	100%
conference#Person	confOf#Person	100%
conference#Conference_contribution	confOf#Contribution	25%
conference#Tutorial	confOf#Tutorial	100%
conference#Conference_volume	confOf#Conference	0%
conference#has_a_track-workshop-tutorial_topic	confOf#hasTopic	0%
conference#Regular_author	confOf#Author	0%
conference#has_the_last_name	confOf#hasSurname	25%
conference#has_the_first_name	confOf#hasFirstName	100%
conference#Conference	confOf#Conference	100%
conference#Conference_part	confOf#Working_event	25%
conference#has_a_location	confOf#location	50%
conference#Written_contribution	confOf#Contribution	25%
conference#Reviewer	confOf#Member_PC	25%
conference#reviews	confOf#reviewes	50%
conference#Chair	confOf#Chair_PC	25%
conference#Camera_ready_contribution	confOf#Camera_Ready_event	25%
conference#Track-workshop_chair	confOf#Science_Worker	25%
conference#Regular_author	confOf#Regular	25%
conference#has_an_abstract	confOf#abstract	25%
conference#has_parts	confOf#hasVAT	25%
conference#has_contributions	confOf#hasCountry	25%

Conference X Edas

conference#Person	edas#Person	100%
conference#Conference_participant	edas#Attendee	0%
conference#Organization	edas#Organization	100%
conference#Reviewer	edas#Reviewer	100%
conference#has_the_first_name	edas#hasFirstName	75%
conference#Conference_part	edas#ConferenceEvent	0%
conference#Workshop	edas#Workshop	100%
conference#Conference_document	edas#Document	25%
conference#Paper	edas#Paper	100%
conference#has_a_review_expertise	edas#hasRating	0%
conference#has_the_last_name	edas#hasLastName	75%
conference#Review	edas#Review	100%
conference#Conference_volume	edas#Conference	0%
conference#Rejected_contribution	edas#RejectedPaper	0%
conference#Topic	edas#Topic	100%
conference#Accepted_contribution	edas#AcceptedPaper	0%
conference#Regular_author	edas#Author	0%
conference#Conference_volume	edas#ConferenceEvent	25%
conference#Conference	edas#Conference	100%
conference#has_a_location	edas#hasLocation	25%
conference#Call_for_paper	edas#CallForPapers	25%
conference#has_an_email	edas#hasEmail	25%
conference#has_a_name	edas#hasName	25%
conference#Presentation	edas#PaperPresentation	25%

Ekaw X Sigkdd

REFERENCE		
ekaw#Conference	sigkdd#Conference	100%
ekaw#Person	sigkdd#Person	100%
ekaw#Paper	sigkdd#Paper	100%
ekaw#Review	sigkdd#Review	100%
ekaw#Invited_Speaker	ekaw#Invited_Speaker	100%
ekaw#OC_Member	sigkdd#Organizing_Committee_member	25%
ekaw#Abstract	sigkdd#Abstract	100%
ekaw#PC_Chair	sigkdd#Program_Chair	0%
ekaw#Paper_Author	sigkdd#Author	25%
ekaw#Document	sigkdd#Document	100%
ekaw#Location	sigkdd#Place	0%
ekaw#writtenBy	sigkdd#presentationed_by	25%
ekaw#PC_Member	sigkdd#Program_Committee_member	25%
ekaw#Paper_Author	sigkdd#Author_of_paper	25%

Conference X Ekaw

conference#Information_for_participants	ekaw#Programme_Brochure	0%
conference#Person	ekaw#Person	100%
conference#Tutorial	ekaw#Tutorial	100%
conference#Review	ekaw#Review	100%
conference#has_a_review	ekaw#hasReview	75%
conference#Workshop	ekaw#Workshop	100%
conference#Late_paid_applicant	ekaw#Late-Registered_Participant	0%
conference#Early_paid_applicant	ekaw#Early-Registered_Participant	0%
conference#Organization	ekaw#Organisation	100%
conference#Track-workshop_chair	ekaw#Workshop_Chair	25%
conference#Abstract	ekaw#Abstract	100%
conference#Conference_proceedings	ekaw#Conference_Proceedings	100%
conference#Conference_volume	ekaw#Conference	0%
conference#Rejected_contribution	ekaw#Rejected_Paper	25%
conference#Poster	ekaw#Poster_Paper	25%
conference#Track	ekaw#Track	100%
conference#Topic	ekaw#Research_Topic	25%
conference#Conference_www	ekaw#Web_Site	0%
conference#Invited_speaker	ekaw#Invited_Speaker	100%
conference#contributes	ekaw#authorOf	0%
conference#Accepted_contribution	ekaw#Accepted_Paper	0%
conference#Conference_document	ekaw#Document	50%
conference#Reviewed_contribution	ekaw#Evaluated_Paper	0%
conference#Submitted_contribution	ekaw#Submitted_Paper	25%
conference#Regular_author	ekaw#Paper_Author	0%
conference#Paper	ekaw#Paper	100%
conference#Conference	ekaw#Conference	100%
conference#Invited_talk	ekaw#Invited_Talk	100%
conference#Conference_part	ekaw#Event	25%
conference#Conference_participant	ekaw#Conference_Participant	100%
conference#Presentation	ekaw#Individual_Presentation	25%
conference#Reviewer	ekaw#Possible_Reviewer	25%
conference#Publisher	ekaw#Proceedings_Publisher	25%
conference#Camera_ready_contribution	ekaw#Camera_Ready_Paper	25%
conference#Conference_part	ekaw#Conference_Paper	25%
conference#Regular_contribution	ekaw#Regular_Paper	25%
conference#Presentation	ekaw#Presenter	25%
conference#Chair	ekaw#Session_Chair	25%
conference#Co-chair	ekaw#OC_Chair	25%
conference#has_parts	ekaw#hasPart	25%
conference#belongs_to_a_review_reference	ekaw#references	25%
conference#has_a_publisher	ekaw#publisherOf	25%
conference#has_a_location	ekaw#locationOf	25%
conference#has_a_volume	ekaw#paperInVolume	25%
conference#reviews	ekaw#hasReview	25%
conference#has_authors	ekaw#authorOf	25%
conference#has_a_review	ekaw#hasReviewer	25%

Conference X Iasted

conference#Passive_conference_participant	iasted#Listener	0%
conference#Active_conference_participant	iasted#Speaker	0%
conference#Reviewer	iasted#Reviewer	100%
conference#Person	iasted#Person	100%
conference#Regular_author	iasted#Author	25%
conference#Conference_fees	iasted#Fee	25%
conference#Tutorial	iasted#Tutorial	100%
conference#contributes	iasted#write	0%
conference#Review	iasted#Review	100%
conference#Conference_document	iasted#Document	25%
conference#Conference_part	iasted#Conference_activity	0%
conference#Submitted_contribution	iasted#Submission	0%
conference#Camera_ready_contribution	iasted#Final_manuscript	0%
conference#Conference_proceedings	iasted#Publication	0%
conference#is_given_by	iasted#is_given_by	75%
conference#Presentation	iasted#Presentation	100%
conference#Conference_document	iasted#Item	25%
conference#has_authors	iasted#is_writen_by	25%
conference#Publisher	iasted#Publication	50%
conference#Active_conference_participant	iasted#Conference_activity	25%
conference#Registered_applicant	iasted#Registration_deadline	25%
conference#Conference_proceedings	iasted#Book_proceeding	25%
conference#Accepted_contribution	iasted#Accepting_manuscript	25%
conference#Conference	iasted#Conference_hotel	25%
conference#Chair	iasted#Session_chair	25%
conference#Camera_ready_contribution	iasted#Camera_ready_manuscr	25%
conference#Invited_speaker	iasted#Speaker	25%
conference#gives_presentations	iasted#give	25%

Conference X Sigkdd

conference#Abstract	sigkdd#Abstract	100%
conference#Invited_speaker	sigkdd#Invited_Speaker	100%
conference#Regular_author	sigkdd#Author	25%
conference#Review	sigkdd#Review	100%
conference#Program_committee	sigkdd#Program_Committee	100%
conference#Conference_volume	sigkdd#Conference	0%
conference#Conference_fees	sigkdd#Fee	25%
conference#has_an_email	sigkdd#E-mail	25%
conference#Paper	sigkdd#Paper	100%
conference#Organizing_committee	sigkdd#Organizing_Committee	100%
conference#Person	sigkdd#Person	100%
conference#Committee	sigkdd#Committee	100%
conference#is_given_by	sigkdd#presentationed_by	0%
conference#gives_presentations	sigkdd#presentation	0%
conference#Conference_document	sigkdd#Document	50%
conference#Conference	sigkdd#Conference	100%
conference#gives_presentations	sigkdd#presentation	25%
conference#Organization	sigkdd#Organizator	25%
conference#Committee_member	sigkdd#Program_Committee_member	25%
conference#Committee_member	sigkdd#Organizing_Committee_member	25%
conference#Chair	sigkdd#Program_Chair	25%
conference#has_a_name	sigkdd#Name	25%
conference#is_an_ending_date	sigkdd#End_of_conference	25%
conference#is_a_starting_date	sigkdd#Start_of_conference	25%
conference#gives_presentations	sigkdd#presentationed_by	25%
conference#is_submitted_at	sigkdd#submit	25%

ConfOf X Sigkdd

confOf#Person	sigkdd#Person	100%
confOf#Member_PC	sigkdd#Program_Committee_member	25%
confOf#hasEmail	sigkdd#E-mail	0%
confOf#Author	sigkdd#Author	100%
confOf#Conference	sigkdd#Conference	100%
confOf#Chair_PC	sigkdd#Program_Chair	0%
confOf#Paper	sigkdd#Paper	100%
confOf#writtenBy	sigkdd#presentationed_by	25%
confOf#Contribution	sigkdd#Document	25%
confOf#hasEmail	sigkdd#E-mail	25%

ConfOf X Edas

confOf#Trip	edas#Excursion	0%
confOf#Social_event	edas#SocialEvent	100%
confOf#reviewes	edas#isReviewing	0%
confOf#Organization	edas#Organization	100%
confOf#writtenBy	edas#isWrittenBy	75%
confOf#Working_event	edas#AcademicEvent	0%
confOf#Reception	edas#Reception	100%
confOf#hasSurname	edas#hasLastName	25%
confOf#Workshop	edas#Workshop	75%
confOf#Author	edas#Author	100%
confOf#hasFirstName	edas#hasFirstName	100%
confOf#Event	edas#ConferenceEvent	0%
confOf#Topic	edas#Topic	100%
confOf#Country	edas#Country	100%
confOf#Participant	edas#Attendee	0%
confOf#Person	edas#Person	100%
confOf#Member_PC	edas#TPCMember	0%
confOf#Paper	edas#Paper	75%
confOf#writes	edas#hasRelatedPaper	25%
confOf#hasEmail	edas#hasEmail	75%
confOf#Conference	edas#Conference	100%
confOf#Contribution	edas#Document	25%
confOf#Event	edas#ConferenceEvent	25%
confOf#hasCity	edas#hasCity	50%
confOf#Member_PC	edas#Reviewer	25%
confOf#hasStreet	edas#hasStreet	50%
confOf#hasTopic	edas#hasTopic	50%
confOf#hasPostalCode	edas#hasPostalCode	50%
confOf#hasPhone	edas#hasPhone	75%
confOf#University	edas#GovernmentOrganization	25%
confOf#reviewes	edas#isReviewing	25%
confOf#abstract	edas#hasName	25%
confOf#hasCountry	edas#hasCountry	25%
confOf#starts_on	edas#startDate	25%

ConfOf X Ekaw

confOf#Tutorial	ekaw#Tutorial	100%
confOf#Poster	ekaw#Poster_Paper	25%
confOf#Social_event	ekaw#Social_Event	100%
confOf#Person	ekaw#Person	100%
confOf#Working_event	ekaw#Scientific_Event	0%
confOf#Conference	ekaw#Conference	100%
confOf#Author	ekaw#Paper_Author	50%
confOf#Banquet	ekaw#Conference_Banquet	25%
confOf#Workshop	ekaw#Workshop	100%
confOf#Topic	ekaw#Research_Topic	0%
confOf#Contribution	ekaw#Paper	0%
confOf#Participant	ekaw#Conference_Participant	25%
confOf#Chair_PC	ekaw#PC_Chair	100%
confOf#Organization	ekaw#Organisation	100%
confOf#Student	ekaw#Student	100%
confOf#University	ekaw#University	100%
confOf#Trip	ekaw#Conference_Trip	25%
confOf#Member_PC	ekaw#PC_Member	100%
confOf#Scholar	ekaw#Student	0%
confOf#Event	ekaw#Event	100%
confOf#Contribution	ekaw#Document	25%
confOf#writtenBy	ekaw#writtenBy	75%
confOf#Paper	ekaw#Paper	100%
confOf#Working_event	ekaw#Event	25%
confOf#Camera_Ready_event	ekaw#Camera_Ready_Paper	25%
confOf#Regular	ekaw#Regular_Paper	25%
confOf#Contribution	ekaw#Contributed_Talk	25%
confOf#Member	ekaw#OC_Member	25%
confOf#reviewes	ekaw#hasReviewer	25%
confOf#location	ekaw#locationOf	25%

Edas X Ekaw

edas#ConferenceDinner	ekaw#Conference_Banquet	0%
edas#AcademicEvent	ekaw#Scientific_Event	0%
edas#AcceptedPaper	ekaw#Accepted_Paper	100%
edas#isReviewedBy	ekaw#hasReviewer	0%
edas#Place	ekaw#Location	25%
edas#AcademiaOrganization	ekaw#Academic_Institution	0%
edas#SocialEvent	ekaw#Social_Event	100%
edas#isReviewing	ekaw#reviewerOfPaper	0%
edas#Organization	ekaw#Organisation	100%
edas#Author	ekaw#Paper_Author	50%
edas#isLocationOf	ekaw#locationOf	50%
edas#Topic	ekaw#Research_Topic	0%
edas#Document	ekaw#Document	100%
edas#RejectedPaper	ekaw#Rejected_Paper	100%
edas#ConferenceEvent	ekaw#Event	50%
edas#SessionChair	ekaw#Session_Chair	100%
edas#Person	ekaw#Person	100%
edas#Programme	ekaw#Programme_Brochure	25%
edas#Review	ekaw#Review	100%
edas#Workshop	ekaw#Workshop	100%
edas#Paper	ekaw#Paper	100%
edas#Attendee	ekaw#Conference_Participant	0%
edas#hasLocation	ekaw#heldIn	0%
edas#Presenter	ekaw#Presenter	100%
edas#isWrittenBy	ekaw#writtenBy	50%
edas#Conference	ekaw#Conference	100%
edas#ConferenceSession	ekaw#Conference_Session	100%
edas#TPCMember	ekaw#PC_Member	75%
edas#Reviewer	ekaw#Possible_Reviewer	25%
edas#IndustryOrganization	ekaw#Industrial_Paper	25%
edas#PublishedPaper	ekaw#Proceedings_Publisher	25%
edas#relatedToEvent	ekaw#hasEvent	25%
edas#hasLocation	ekaw#locationOf	25%
edas#forEvent	ekaw#partOfEvent	25%
edas#isReviewedBy	ekaw#hasReview	25%
edas#isReviewing	ekaw#hasReviewer	25%

Edas X Iasted

edas#Place	iasted#Place	100%
edas#SessionChair	iasted#Session_chair	100%
edas#Author	iasted#Author	100%
edas#Document	iasted#Document	100%
edas#Country	iasted#State	0%
edas#WelcomeTalk	iasted#Welcome_address	0%
edas#Sponsorship	iasted#Sponsorship	75%
edas#Reviewer	iasted#Reviewer	100%
edas#Attendee	iasted#Delegate	0%
edas#ConferenceDinner	iasted#Dinner_banquet	0%
edas#SocialEvent	iasted#Social_program	0%
edas#CoffeeBreak	iasted#Coffee_break	100%
edas#Review	iasted#Review	100%
edas#Reception	iasted#Coctail_reception	50%
edas#ConferenceEvent	iasted#Conference_activity	0%
edas#SlideSet	iasted#Transparency	0%
edas#Paper	iasted#Submission	0%
edas#ConferenceVenuePlace	iasted#Conference_building	0%
edas#DiningPlace	iasted#Conference_restaurant	0%
edas#isWrittenBy	iasted#is_writen_by	50%
edas#Person	iasted#Person	100%
edas#Paper	iasted#Item	25%
edas#Presenter	iasted#Hotel_presenter	50%
edas#PaperPresentation	iasted#Presentation	50%
edas#ComputerNetworksTopic	iasted#Computer	25%
edas#ConferenceSession	iasted#Session	25%
edas#PersonalPublicationHistory	iasted#Publication	25%
edas#AcceptedPaper	iasted#Accepting_manuscript	25%
edas#ReviewForm	iasted#Form	25%
edas#CallForManuscripts	iasted#Final_manuscript	25%
edas#ActivePaper	iasted#Activity	25%
edas#hasCostAmount	iasted#has_amount_of	25%

Edas X Sidkdd

REFERENCE		
edas#Place	sigkdd#Place	100%
edas#hasCostAmount	sigkdd#Price	0%
edas#Person	sigkdd#Person	100%
edas#hasName	sigkdd#Name_of_conference	50%
edas#ConferenceVenuePlace	sigkdd#Conference_hall	25%
edas#Author	sigkdd#Author	100%
edas#AccommodationPlace	sigkdd#Hotel	0%
edas#startDate	sigkdd#Start_of_conference	0%
edas#ConferenceChair	sigkdd#General_Chair	25%
edas#Conference	sigkdd#Conference	100%
edas#endDate	sigkdd#End_of_conference	0%
edas#Review	sigkdd#Review	100%
edas#Document	sigkdd#Document	100%
edas#Paper	sigkdd#Paper	100%
edas#Attendee	sigkdd#Listener	25%
edas#hasRelatedDocument	sigkdd#presentation	25%
edas#hasEmail	sigkdd#E-mail	25%
edas#Organization	sigkdd#Organizator	25%
edas#Programme	sigkdd#Program_Chair	25%
edas#hasRelatedPaper	sigkdd#submit	25%
edas#hasLastName	sigkdd#Name	25%
edas#endDate	sigkdd#Date	25%
edas#paperDueOn	sigkdd#Start_of_conference	25%
edas#manuscriptDueOn	sigkdd#End_of_conference	25%

Ekaw X Iasted

REFERENCE		
ekaw#Location	iasted#Place	0%
ekaw#Document	iasted#Document	100%
ekaw#Event	iasted#Activity	25%
ekaw#Person	iasted#Person	100%
ekaw#Paper_Author	iasted#Author	25%
ekaw#Session	iasted#Session	100%
ekaw#Review	iasted#Review	100%
ekaw#Conference_Banquet	iasted#Dinner_banquet	0%
ekaw#Tutorial	iasted#Tutorial	100%
ekaw#Session_Chair	iasted#Session_chair	75%
ekaw#Individual_Presentation	iasted#Presentation	25%
ekaw#heldIn	iasted#is_held_in	25%
ekaw#Presenter	iasted#Hotel_presenter	25%
ekaw#University	iasted#Presenter_university	25%
ekaw#Possible_Reviewer	iasted#Reviewer	25%