

Validação de Diagrama de Classes por meio da Técnica OntoCon

Deisymar Botega Tavares¹, Alcione de Paiva Oliveira¹,
José Luís Braga¹, Jugurta Lisboa Filho¹,

¹ Departamento de Informática – UFV – Av. P. H. Rolfs s/n – 36.570-000 – Viçosa – MG –
Brazil
{dbotega,alcione,zeluis,jugurta}@dpi.ufv.br

Resumo. A modelagem conceitual é uma etapa de fundamental importância no projeto de sistemas uma vez que a partir dela obtém-se toda estruturação dos conceitos abstraídos de um domínio real. Uma modelagem conceitual que represente clara e precisamente a realidade do domínio do problema pode ser conseguida através do uso da análise ontológica. Este artigo apresenta a técnica OntoCon, que utiliza meta-propriedades ontológicas para validação de modelos conceituais. É resultante da combinação de duas técnicas de análise ontológica de modelos conceituais, previamente desenvolvidas.

Palavras-chave: modelagem conceitual, ontologia, padrões de análise.

1 Introdução

As fases iniciais de um processo de desenvolvimento de software são as fases de maior importância de todo o processo, pois é quando se forma a maior parte do entendimento do domínio do problema. Um entendimento equivocado dos conceitos pertencentes ao domínio fatalmente incorrerá em um produto final que não representa fielmente o problema que está sendo modelado e isso pode gerar sérias conseqüências, principalmente de manutenibilidade. A modelagem conceitual faz parte dessas fases iniciais e tem por objetivo elaborar uma representação de qualidade do domínio desejado. Uma das formas de auxiliar o processo de modelagem conceitual é fazer uso de uma análise mais detalhada das meta-propriedades dos conceitos pertencentes a um domínio, a este processo dá-se o nome de análise ontológica [8].

A aplicação das técnicas de modelagem ontológica trás vários resultados considerados importantes a um sistema:

- **Maior Escalabilidade:** o uso da modelagem ontológica na modelagem conceitual gera um modelo mais preparado para o crescimento uma vez que leva o modelador a explicitar os elementos mais estáveis (rígidos) do domínio. Tais elementos são considerados os elementos base do sistema. Desta forma a adição de novos elementos, durante a vida útil do sistema, tenderá a ser feita de forma

mais natural, sem degradar o sistema, pois os novos papéis que surgirem serão facilmente associados a esses elementos base.

- Menor redundância de dados: isso acontece porque com a modelagem ontológica há um cuidado grande em distinguir os elementos que são papéis (*role*) dos elementos que representam os objetos que exercem os papéis, denominados por alguns pesquisadores como tipos naturais [7,3]. Com isso os dados inerentes aos papéis ficam na classe que representa o papel e os dados inerentes aos objetos que exercem os papéis ficam nas classes rígidas. Por exemplo, em um sistema acadêmico o correto é termos uma superclasse Pessoa e as subclasses Estudante, Professor e Funcionário, desta forma, dados como nome e CPF estarão somente na classe Pessoa. Mesmo que uma pessoa esteja exercendo mais de um papel ao mesmo tempo, esses dados não serão replicados. Tal fato aconteceria se as classes Professor, Estudante e Funcionários não fossem especializações de uma única classe.
- Melhora da integração das visões: como cada visão do sistema conterà os elementos básicos criados com o uso da modelagem ontológica então existirá pontos comuns de contato entre essas visões, facilitando a integração das mesmas.
- Aumento da estabilidade: com os elementos básicos criados com o uso da modelagem ontológica, o fato de se acoplar novos módulos ao sistema não provocará uma grande alteração da base já existente.

O objetivo deste trabalho é apresentar a técnica OntoCon (Onto:ontologia e Con:conceitual), que utiliza meta-propriedades ontológicas para validação de modelos conceituais. A técnica é resultante da combinação de duas outras técnicas de análise ontológica de modelos conceituais expressos em Diagramas de Classe UML, previamente desenvolvidas: a técnica VERONTO [8,9] e o Perfil OntoUML definido em [5]. Trata-se na verdade de uma evolução da técnica VERONTO, com a adição dos padrões de análise apresentados pelo Perfil OntoUML.

Na próxima seção é apresentada uma breve descrição sobre as meta-propriedades ontológicas e os tipos de propriedades. Na Seção 3 apresenta-se o padrão de análise do Perfil OntoUML. Na Seção 4 é mostrada a técnica OntoCon. Um exemplo de aplicação da técnica OntoCon é apresentado na Seção 5 e por fim na Seção 6 são apresentadas as conclusões do presente trabalho.

2 Meta-Propriedades e Tipos de Propriedades Ontológicas

Todas as três técnicas discutidas neste trabalho se apoiam nas meta-propriedades ontológicas apresentadas em [2,3,4]. As meta-propriedades de *rigidez*, *dependência externa*, *identidade* e *unidade* representam o comportamento de uma propriedade em relação às noções filosófica de *identidade*, *essência*, *unidade* e *dependência* (que engloba todas as noções de dependência como por exemplo dependência externa, dependência existencial, etc). A noção de *identidade* diz respeito à maneira como reconhecemos entidades individuais. *Unidade* está relacionada ao tratamento de problemas de distinção das partes de uma instância do resto do mundo, através de uma relação de unificação que une suas partes. *Essência* refere-se ao conhecimento de

que algumas propriedades mudam no decorrer do tempo e outras não (*rigidez*). Por fim, a noção de *dependência* diz respeito a relações de *dependência* que podem ser intrínsecas e extrínsecas. Maiores detalhes sobre as noções filosóficas são encontradas em [2,3,4].

As meta-propriedades são formalizadas utilizando-se lógica modal e uma propriedade pode ser classificada, segundo a análise ontológica das meta-propriedades em: rígida (+R), anti-rígida (~R), não rígida (-R), semi-rígida (¬R), dependente (+D), não dependente (-D), fornecedora de IC-Condição de *Identidade* (+O, -O caso contrário), portadora de IC-Condição de *Identidade* (+I, -I caso contrário), portadora de UC-Condição de *Unidade* (+U, -U caso contrário), e ~U denota a propriedade que possui anti-*unidade*. Maiores esclarecimentos sobre as metas-propriedades podem ser encontradas em [2,3,4].

As meta-propriedades acima citadas geram algumas restrições naturais na estrutura taxonômica da ontologia. Sejam ϕ e ψ duas propriedades quaisquer e seja a notação ϕ^M a indicação de que a propriedade ϕ possui a meta-propriedade M, temos então as seguintes restrições: $\neg(\psi^{+R} \rightarrow \phi^{-R})$: ϕ^{-R} não pode subjugar ψ^{+R} ; $\neg(\psi^{-I} \rightarrow \phi^{+I})$: ϕ^{+I} não pode subjugar ψ^{-I} ; $\neg(\psi^{-D} \rightarrow \phi^{+D})$: ϕ^{+D} não pode subjugar ψ^{-D} ; $\neg(\psi^{-U} \rightarrow \phi^{+U})$: ϕ^{+U} não pode subjugar ψ^{-U} e $\neg(\psi^{+U} \rightarrow \phi^{-U})$: ϕ^{-U} não pode subjugar ψ^{+U} .

A combinação das meta-propriedades geram tipos de propriedades [2,3,4], que estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Associação dos Tipos de Propriedades com as meta-propriedades [2,3,4].

Tipos de Propriedade	Meta-Propriedades	Descrição
Tipo	+O +I +R	Corresponde aos denominados tipos naturais. Possuem identidade inerentemente e são rígidos. Exemplos: Pessoa e Cachorro.
Quase-Tipo	-O +I +R	Diferem do Tipo por não possuírem identidade própria, e sim por herdá-la de algum tipo. Usados para agrupar elementos. Exemplos: Mamífero e Pessoa Masculina.
Papel Material	-O +I ~R +D	Corresponde aos papéis: elementos que não possuem identidade própria e cuja existência depende de relações.
Categoria	-O -I +R	Agrega propriedades essenciais que são comuns a diferentes tipos [6]. Tem a função de agrupar e organizar os outros elementos.
Papel Formal	-O -I ~R +D	Representam papéis de nível topo que não carregam identidade, agrupando e organizando taxonomias de papéis. Exemplo: executor de uma ação.
Sortal com Fase	-O +I ~R -D	Corresponde à partições de um tipo que denotam etapas da existência de algo. Exemplos: criança,

		adolescente, adulto ou lagarta e borboleta.
--	--	---

Todos os tipos de propriedades que carregam identidades (tipo, quase-tipo, papel material e sortal com fase), são denominados de sortais (sortais), que agrupa os elementos que são identificáveis e passíveis de serem contados.

3 Padrões de Análise do Perfil OntoUML

Um dos problemas recorrentes na modelagem conceitual é a modelagem de papéis. A Figura 1 mostra um exemplo em que o papel Cliente é um supertipo de Pessoa e Organização.

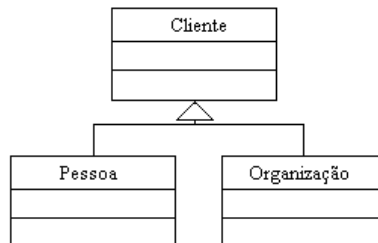


Fig. 1. Problemas de modelagem de papéis. Fonte: [5].

Esta modelagem, segundo [5] viola a condição que estabelece que classes rígidas não podem ser subclasses de uma classe anti-rígida. Tem-se um modelo com problemas semânticos, uma vez que nem toda pessoa ou organização é cliente o tempo todo, e nem todo cliente permanecerá na condição de cliente o tempo todo. Para resolver este problema [5] propõe um Padrão de Análise [1], como sendo uma solução ontologicamente correta. A Figura 2a apresenta o diagrama que representa este Padrão de Análise.

A Figura 2b mostra que com a aplicação do Padrão de Análise, foram criadas duas subclasses da classe Cliente (ClientePrivado e ClienteCorporativo), cada uma com condição de identidade herdada das classes Pessoa e Organização, respectivamente. Com tais mudanças, corrigiu-se o erro original e permitiu-se que o modelo ficasse mais compatível com o domínio, uma vez que se podem ter variados tipos de cliente.

Existe certa equivalência com algumas diferenças conceituais entre as propriedades definidas em [2] com os estereótipos definidos em [5]. É importante destacar que o estereótipo rolemixin definido em [5] corresponde à propriedade papel formal em [2].

O Padrão de Análise proposto em [5] pode ser usado em outra situação além da apresentada anteriormente. Quando uma classe <<role>> for subtipo de duas superclasses <<type>>, caracterizando uma herança múltipla, tem-se um problema. Uma classe <<role>> tem que ter um supertipo <<type>> do qual irá herdar a identidade. Quando um <<role>> tem dois supertipos <<type>>, de qual supertipo irá herdar sua identidade? Se aplicarmos o Padrão de Análise proposto em [5] este

problema será resolvido, pois cada <<role>> criado (veja Fig. 2) terá apenas um supertipo <<type>>.

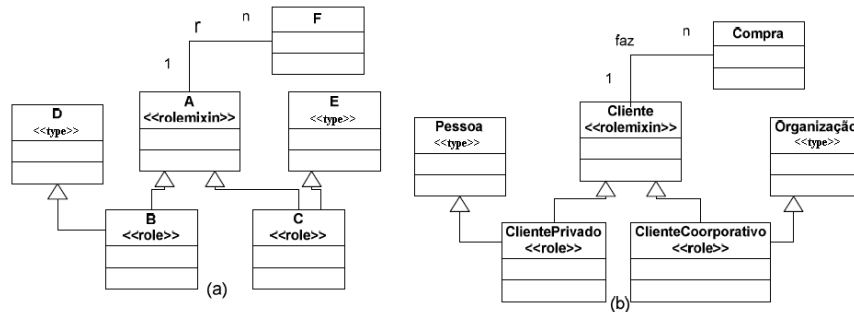


Fig. 2. (a) Um Padrão de Análise para modelagem de papéis com múltiplos tipos disjuntivo [5]. (b) Exemplo de uso do padrão adaptado de [5].

4 OntoCon - Proposta de Combinação do Perfil para Modelos Conceituais UML e da Técnica VERONTO

Com base no estudo comparativo feito entre a técnica VERONTO e o Perfil OntoUML apresenta-se neste trabalho a técnica OntoCon, que combina características de ambas com o objetivo de estruturar uma técnica que auxilie ainda mais no processo de validação de diagramas de classe UML, tendo como base a modelagem ontológica.

Como parte da técnica OntoCon, a Tabela 2 mostra os estereótipos definidos para a OntoCon e seu relacionamento com os tipos de propriedades definidas em [2]. Além disso, a Tabela 2 mostra o mapeamento destes estereótipos nos construtores para modelagem conceitual em diagramas de classe UML.

Tabela 2. Relação entre as Propriedades definidas por [2] e os estereótipos definidos para a OntoCon. Mapeamento dos estereótipos a construtores UML, baseado em [8] e [5].

Classificação da Propriedade	Estereótipo	Meta-Propriedades	Construtor UML
Tipo	<<type>>	+O +I +R -D	Classe abstrata ou classe concreta. Sempre será classe abstrata quando forma o todo das partições de estereótipos que sejam <<phase>>.
Quase-Tipo	<<quasi-type>>	-O +I +R -D	Classe abstrata ou classe concreta
Papel Material	<<role>>	-O +I ~R +D	Classe abstrata ou classe concreta
Sortal com Fase	<<phase>>	-O +I ~R -D	Classe abstrata ou classe concreta
Categoria	<<category>>	-O -I +R -D	Interface ou classe abstrata
Papel Formal	<<rolemixin>>	-O -I ~R +D	Interface ou classe abstrata

A propriedade Mixin e o estereótipo <<mixin>> não foram comparados neste trabalho por se tratar de uma classificação pouco usada em modelagem conceitual, sendo seu uso desencorajado em [2].

Quando a Técnica VERONTO coloca que as propriedades ditas *sortals*, por possuírem identidade (+I) devem ser mapeadas como classe concreta restringe, um pouco, a modelagem conceitual. O mapeamento definido para a técnica OntoCon é mais flexível quando permite que um fenômeno do domínio, classificado como <<type>>, <<quasi-type>>, <<role>> ou <<phase>>, pode vir a ser uma Classe Concreta ou Abstrata. Tais considerações podem ser feitas uma vez que, em [5], todo objeto em um modelo conceitual tem que ser uma instância de <<type>> direta ou indiretamente. O fato do objeto poder ser uma instância indireta de <<type>> permite afirmar que todos os estereótipos *sortals*, ou seja, que possuem uma identidade (+I) podem ser mapeados como classe abstrata. Porém, quando deseja-se garantir que o objeto seja realmente instanciado, a hierarquia de classes abstratas deve terminar em uma classe concreta. Já os estereótipos <<rolemixin>> e <<category>> não podem ser mapeados como classes concretas uma vez que são conceitos abstratos.

Como parte do mapeamento dos estereótipos em construtores de diagramas de classe UML foi acrescentado à OntoCon o construtor Interface para as propriedades não-sortais.

Na Tabela 3 são apresentadas as restrições hierárquicas herdadas da técnica VERONTO e do Perfil OntoUML.

Os supertipos permitidos a elementos classificados como *Tipo* [2] e como estereótipo <<kind>> [5] tem um ponto de controvérsia. Na VERONTO a propriedade Quase-Tipo pode ser supertipo de *Tipo*. No Perfil OntoUML, classes estereotipadas como <<subkind>> não podem ser supertipo de <<kind>>. Entende-se que existe uma diferença de visão entre as linhas de pesquisa de [2] adotada na técnica VERONTO e [5] adotada no Perfil OntoUML. O termo *Quase-tipo* deve ser atribuído a elementos que sejam quase-tipo, não obrigatoriamente tendo que ser apenas subtipo de outro tipo. Muitas vezes pode-se ter um elemento classificado como *Quase-Tipo* sendo supertipo de um elemento classificado como *Tipo*. Um exemplo seria uma hierarquia onde tem-se a classe Animal classificada como *Tipo*, sendo supertipo das classes Invertebrado e Vertebrado, ambas classificadas como *Quase-Tipo*. Acrescentando a esta hierarquia a classe Pessoa, um *Tipo*, esta será um subtipo da classe Vertebrado, ou seja, uma especialização de um *Quase-Tipo*. Segundo a restrição do Perfil OntoUML tal hierarquia não é permitida, isto porque o termo *Subkind* utilizado no Perfil OntoUML é interpretado como subtipo e não como quase tipo, sendo incoerente então ter <<subkind>> como generalização de <<Kind>>.

Tabela 3. Restrições taxonômicas da técnica OntoCon, herdadas da técnica VERONTO [8] e do Perfil OntoUML [5].

Estereótipo	Restrições Hierárquicas
<<type>>	- Supertipos possíveis: <<type>>, <<quasi-type>> e <<category>> - Subtipos possíveis: <<type>>, <<quasi-type>>, <<role>>, <<phase>>.
<<quasi-type>>	- Supertipos possíveis: <<type>>, <<quasi-type>> e <<category>>. - Subtipos possíveis: <<type>>, <<quasi-type>>, <<role>> e <<phase>>.

	- Tem que ser subclasse de uma classe <<type>>, para herdar a IC.
<<role>>	- Supertipos possíveis: <<type>>, <<quasi-type>>, <<phase>>, <<role>>, <<rolemixin>>, <<category>>. - Subtipos possíveis: <<role>>. - Tem que ser subclasse de, no mínimo, um <<type>>, para herdar a IC. - Por corresponder a um papel da superclasse em uma associação tem-se: seja X uma classe estereotipada como <<role>> e r seja uma associação representando condições de restrições de X. Então, $ X.r \geq 1$.
<<phase>>	- Supertipos possíveis: <<type>>, <<quasi-type>>, <<phase>>, <<categoria>>. - Subtipos possíveis: <<phase>>, <<role>>. - Tem que ser subclasse de uma classe <<type>>, para herdar a IC. - As fases {P1 ... Pn} que formam a partição de um tipo K são definidas em UML como um conjunto disjunto e completamente generalizado.
<<category>>	- Supertipos possíveis: <<category>>. - Subtipos possíveis: todos.
<<rolemixin>>	- Supertipos possíveis: <<category>> e <<rolemixin>>. - Subtipos possíveis: <<rolemixin>>, <<role>>. - Corresponde a um papel de uma classe em uma associação. Logo, seja X uma classe estereotipada como <<roleMixinn>> e r seja uma associação representando condições de restrições de X, então, $ X.r \geq 1$.

Incorpora-se também à técnica OntoCon o Padrão de Análise definido no Perfil OntoUML, conforme descrito na seção 3. A incorporação deste recurso se deve à sua utilidade na validação semântica de diagramas de classe.

5 Exemplo de Uso da Técnica OntoCon

Para compreender melhor algumas das contribuições da técnica OntoCon, mostra-se nesta seção uma aplicação real da mesma utilizando o diagrama de classes da Figura 3a. Aplicando-se a técnica OntoCon, cada classe foi analisada e recebeu um estereótipo conforme mostrado na Figura 3b, seguindo dados da Tabela 2.

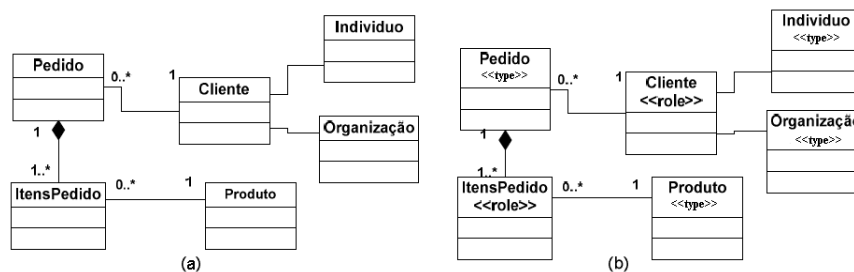


Fig. 3. (a) Diagrama de Classe original. (b) Diagrama de Classe com estereótipos definidos seguindo Técnica OntoCon.

Segundo a técnica OntoCon (tabela 3) as classes Cliente e Itens Pedido são representantes do estereótipo <<role>> e têm que possuir uma superclasse <<type>>. Essa superclasse pode ser extraída do próprio diagrama: Produto deve ser supertipo de Itens Pedido; Indivíduo e Organização devem ser supertipos de Cliente. Observe tais alterações na Figura 4a. Segundo restrição relativa a classes estereotipadas como <<role>>, a cardinalidade da associação entre Cliente e Pedido tem que ser maior ou igual a um. Logo, a cardinalidade que indica que um cliente pode ter zero ou mais (0..*) pedidos deve ser alterada para um ou mais (1..*) pedidos, indicando que para ser cliente deve-se ter feito no mínimo um pedido, veja Figura 4a.

O diagrama parcialmente validado (Figura 4a) permite também aplicar uma extensão do Padrão de Análise de [5] proposta na técnica OntoCon. Observa-se que a classe Cliente possui dois supertipos <<type>> (herança múltipla) impossibilitando saber de qual deles irá herdar a condição de identidade. Quando aplica-se o Padrão de Análise as classes ClientePesFísica e ClientePesJurídica são criadas e cada uma irá herdar a devida condição de identidade oriundas respectivamente da classe Indivíduo e Organização. A Figura 4b retrata o resultado da aplicação do Padrão de Análise.

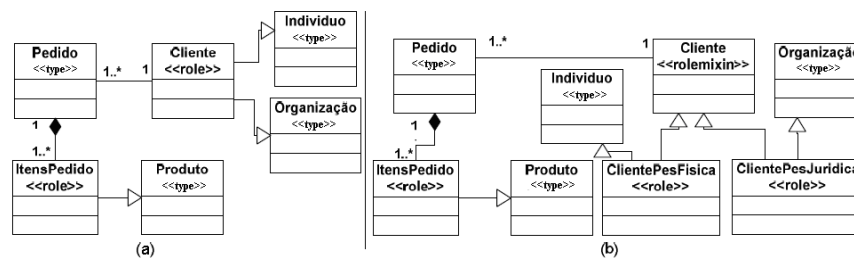


Fig. 4. (a)Diagrama de Classe parcialmente validado pela técnica OntoCon. (b)Diagrama de Classe validado pela técnica OntoCon após aplicação do Padrão de Análise.

O uso da técnica OntoCon na validação do exemplo aqui analisado, trouxe as seguintes vantagens em relação ao uso em separado das técnicas VERONTO e do Perfil OntoUML: (i) evitou-se que as classes fossem analisadas duas vezes para descobrir meta-propriedades que permitam sua classificação, (ii) os relacionamentos de herança foram analisados apenas uma vez, (iii) permitiu a correção do erro relativo à cardinalidade que só seria detectado se fosse aplicado o Perfil OntoUML.

6 Conclusões

A técnica OntoCon permite combinar recursos semelhantes, diferentes e complementares aos propostos nas técnicas VERONTO e Perfil OntoUML, todos relevantes para validar semanticamente um diagrama de classes UML.

É importante destacar que alguns problemas detectados na técnica VERONTO e no Perfil OntoUML são superados com a técnica OntoCon. Na VERONTO, o mapeamento dos tipos: *tipo*, *quase-tipo*, *papel material* e *sortal de fase* é restritivo, uma vez que são mapeadas somente para classe concreta. Na OntoCon, o

mapeamento dos estereótipos relativos a esses mesmos tipos é mais abrangente, sendo possível mapeamento para classe abstrata e classe concreta. Na VERONTO, o mapeamento dos tipos *categoria* e *papel formal* é restritivo, uma vez que se referem somente a classe abstrata. Na OntoCon, os estereótipos relativos a categoria e papel formal podem ser mapeados para interface e para classe abstrata.

As restrições de relacionamento entre classes e subclasses, referentes à metapropriedade *dependência externa*, não são ressaltadas de forma clara na VERONTO. Já na OntoCon, todas as relações de supertipos e subtipos são tratadas respeitando a restrição de relacionamento da meta-propriedade *dependência externa*. O Perfil OntoUML não trata explicitamente nenhum dos subtipos possíveis de cada estereótipo e a VERONTO não trata de forma explícita todos os subtipos para cada tipo de propriedade. A OntoCon trata todos os subtipos possíveis a cada estereótipo, o que proporciona uma validação mais fácil de diagramas de classes UML. Tanto a VERONTO quanto o Perfil OntoUML não citam de forma explícita todos os possíveis supertipos para cada uma das propriedades e/ou estereótipos. A OntoCon cita explicitamente todos os possíveis supertipos para cada um dos estereótipos existentes, proporcionando uma maior segurança no uso da técnica. A opção de explicitar claramente os subtipos e supertipos permitidos a cada estereótipo foi adotada na OntoCon com o objetivo de facilitar o trabalho do modelador, mas sabemos que tanto no Perfil OntoUML quanto na VERONTO, os subtipos e supertipos podem ser derivados logicamente.

Resultados da aplicação da técnica VERONTO e do Perfil OntoUML mostram que os modelos conceituais validados tornaram-se mais próximos da realidade que tinham por objetivo modelar, gerando modelos mais estáveis. A junção das duas técnicas é positiva uma vez que além de eliminar redundâncias que iriam ocorrer caso as técnicas fossem aplicadas em separado, agrega novos itens de validação.

A análise dos conceitos do domínio de forma a classificá-los segundo os perfis existentes na técnica OntoCon exige desdobramentos, como por exemplo a criação de um procedimento que, utilizando a OntoCon, guie o modelador: (i) na análise dos elementos do domínio que irão representar as classes do diagrama de classes e (ii) na correta identificação dos relacionamentos entre essas classes.

7 Reconhecimentos

Este trabalho foi parcialmente financiado pela FAPEMIG e pelo CNPq.

Referências

1. Fowler M.. Analysis Patterns: Reusable Object Patterns, Addison-Wesley (1997)
2. Guarino, N.; Welty, C. 2000a. A formal ontology of properties. In R. Dieng, Ed., Proceedings of 12th Int. Conf. On Knowledge Engineering and Knowledge Management, Springer Verlag (2000)

3. Guarino, N.; Welty, C. 2000b. Towards a methodology for ontology based model engineering. In Proceedings of the ECOOP-2000 Workshop on Model Engineering. (2000)
4. Guarino, N.; Welty, C. 2001. Identity and Subsumption. LADSEB-CNR Internal Report 01/2001.
5. Guizzardi, G., Ontological Foundations for Structural Conceptual Models. Universal Press, The Netherlands (2005)
6. Guizzardi, G. Wagner, G.;Sinderen, M. 2004. A Formal Theory of Conceptual Modeling Universals. Proceedings of the International Workshop on Philosophy and Informatics (WSPI 2004).
7. Steimann, F.: On the representation of roles in object-oriented and conceptual modeling. *Data & Knowledge Engineering* 35:1 83–106 (2000)
8. Villela, M. L. B. Validação de Diagramas de Classe por meio de Propriedades Ontológicas. Belo Horizonte : Universidade Federal de Minas Gerais. Dissertação, Mestrado em Ciência da Computação). (2004)
9. Villela, M. L. B.; Oliveira, A. P.; Braga, J. L. Modelagem Ontológica no Apoio à Modelagem Conceitual. XVIII Simpósio Brasileiro de Eng. de Software. Brasília, DF, Brasil (2004)