

Modelagem Organizacional Utilizando Ontologias e Padrões de Análise

Renata I. Cota, Crediné S. Menezes, Ricardo A. Falbo
Mestrado em Informática, Universidade Federal do Espírito Santo
Av. Fernando Ferrari, CEP 29060-900, Vitória - ES – Brasil
{credine,falbo}@inf.ufes.br

Abstract

The development of integrated information systems for corporations leads, generally, to great investments of resources and long stated periods of development, as much when the development is in-house, as in the case of the purchase of an integrated solution of some supplier of Enterprise Resource Planning systems. We consider a new approach based on the customization of a generic conceptual model for corporations to produce an enterprise model, followed by a mapping to an enterprise logical infrastructure. The conceptual model uses ontologies and the logical infrastructure uses analysis patterns. Thus, it is possible, first, to make a formal description of the common concepts using ontology, and then its refinement to analysis patterns, so that, in the case of modeling a specific corporation, these models can be used and extended to deal with specific enterprise's issues.

1. Introdução.

As organizações têm reconhecido a grande importância dos Sistemas de Gestão Empresarial (*Enterprise Resource Planning* – ERP), capazes de integrar todas as aplicações de uma corporação. Tais sistemas favorecem transações mais rápidas, permitem um melhor gerenciamento financeiro, apóiam o compartilhamento de dados e permitem um mapeamento dos processos-chave, regras de decisão e estruturas de informação, tornando mais explícito o conhecimento dos processos táticos dentro da corporação.

Contudo, diversos problemas técnicos e organizacionais podem ser apontados na adoção desses sistemas, tais como [1]: o alto custo e a demanda elevada de tempo, devido à inerente complexidade de uma corporação, e a necessidade de reestruturação da organização, uma vez que, de maneira geral, as corporações precisam se adaptar às práticas de negócios embutidas nos modelos de referência de tais sistemas. Podemos observar, ainda, que na prática corrente não há a construção de um modelo das empresas e sim uma adequação das empresas ao software ERP utilizado.

Pelo fato dos processos de negócios serem muito complexos, a modelagem conceitual é um meio de tratar a complexidade da realidade, ajudando a entender melhor os processos do negócio e a procurar a melhor forma de dar suporte de software necessário. Entretanto, no levantamento de requisitos e definição de um modelo conceitual do sistema, leva-se muito tempo, pois há grande dificuldade de se compartilhar o conhecimento entre os engenheiros de software e os especialistas do negócio. A falta de uma terminologia comum pode levar a interpretações erradas e pode-se ter muita dificuldade para se chegar a uma definição precisa do problema a ser tratado.

É necessário, pois, que sejam estudadas novas abordagens de modelagem conceitual, permitindo que se diminua o tempo que é gasto no levantamento de requisitos e que seja facilitada a análise dos processos de uma corporação.

Neste trabalho é proposta uma abordagem para apoiar a modelagem conceitual utilizando ontologias e padrões de análise. Ontologias são usadas para definir os conceitos comuns e a seguir propõe-se o refinamento dessas ontologias em padrões de análise para apoiar mais diretamente a atividade de especificação de requisitos. A seção 2 discute ontologias e padrões de análise, procurando apontar diferenças, similaridades e aspectos complementares. A seção 3 trata de como a modelagem conceitual pode ser apoiada

pelo uso conjunto de ontologias e padrões de análise. A seção 4 define uma infra-estrutura de apoio à modelagem conceitual de corporações, apresentando uma ontologia de corporações, alguns padrões de análise e uma ferramenta de apoio à modelagem conceitual de corporações usando ontologias e padrões de análise. Na seção 5, são discutidos trabalhos correlatos. Finalmente, a seção 6 apresenta as conclusões desse trabalho.

2. Ontologias e Padrões de Análise.

É crescente o uso de ontologias para estabelecer uma linguagem comum para o compartilhamento e a reutilização do conhecimento sobre domínios de aplicação durante o desenvolvimento de software. Neste contexto, um importante objetivo das ontologias é tornar explícito o significado dos conceitos para melhorar a comunicação.

Uma ontologia define um vocabulário específico usado para descrever uma certa realidade, mais um conjunto de decisões explícitas fixando de forma rigorosa o significado pretendido para o vocabulário. Uma ontologia envolve, então, um vocabulário de representação que captura os conceitos e relações em algum domínio e um conjunto de axiomas, que restringem a sua interpretação [2].

Segundo Uschold et al. [3], ontologia é o termo usado para se referir ao entendimento compartilhado em algum domínio de interesse, o qual pode ser usado como uma infra-estrutura unificada para resolver problemas, evitando a redescoberta de resultados equivalentes. Por exemplo, a definição de uma ontologia para corporações possibilita que conceitos já estabelecidos e que são comuns a corporações diferentes possam ser aplicados no desenvolvimento de sistemas em várias corporações. Isso diminui o tempo que se leva no levantamento de requisitos, pois, para uma corporação específica, é usada uma especialização da ontologia mais geral, na qual os conceitos comuns já estão definidos e podem ser utilizados, prosseguindo no levantamento de conceitos particulares da corporação específica.

Gruninger et al. [4] identificam três principais categorias no espaço de aplicações de ontologias: (i) comunicação, (ii) inferência computacional e (iii) reutilização e organização do conhecimento.

Quanto à aplicação para comunicação, ontologias permitem compartilhar conhecimento e facilitam a comunicação entre pessoas com diferentes visões e pontos de vista, sem se fixar no contexto particular de cada um. Usando ontologias, pode-se construir um modelo normativo do sistema, permitindo identificar explicitamente as conexões entre os diferentes modelos do sistema. São estabelecidas definições sem ambigüidade para os termos usados em um sistema de software, integrando diferentes perspectivas dos usuários. Pessoas de posições diferentes na organização têm visão diferente do que a organização faz, dos objetivos e de como alcançar esses objetivos. Usando ontologias, a integração pode ser alcançada, levando as pessoas a chegarem a um acordo [4].

No que se refere à inferência computacional, ontologias facilitam a captura e representação do conhecimento em níveis mais abstratos. Ontologias oferecem o esqueleto do conhecimento e uma infra-estrutura para integrar bases de conhecimento no nível de conhecimento, independente de uma implementação particular [5].

Finalmente, do ponto de vista da reutilização e organização do conhecimento, ontologias podem ser usadas para estruturar ou organizar bibliotecas ou repositórios e planejar e dominar a informação [4].

Segundo Sowa [6], a escolha de categorias ontológicas é o primeiro passo no desenvolvimento de qualquer sistema computacional. Não importa como as chamemos, classes, relações, tipos ou qualquer outro nome adotado por uma subárea específica da computação. A seleção dessas categorias é que determina os limites de uma aplicação específica ou mesmo de uma família de aplicações. Qualquer incompletude, distorção ou restrição embutida em nossa escolha inevitavelmente limitará a generalidade dos artefatos computacionais resultantes.

Ontologias têm grande importância na era das organizações baseadas em conhecimento [7]. Entre as pessoas que adotam uma ontologia, seus termos são usados para perguntar e responder questões, fazer asserções, oferecer lembranças, descrever práticas e discutir investigações pertinentes à conduta do

gerenciamento do conhecimento. Na construção e aplicação de ontologias, é importante deixar claros dois pontos importantes [7]: de um lado está a definição da própria ontologia, os conceitos usados no domínio e suas relações; do outro lado, estão os fatos descritos por ela. Esses fatos não fazem parte da ontologia, mas são por ela estruturados. Assim, uma ontologia deve descrever aspectos gerais, válidos para quaisquer sistemas no mesmo domínio, contendo apenas elementos essenciais. A adição de detalhes em uma ontologia a torna mais específica e, portanto, menos reutilizável. Idealmente, a ontologia deve ser mantida tão simples e ampla quanto possível.

Padrões de software (*software patterns*) também permitem o compartilhamento de uma conceituação, através da definição e da representação explícita de um problema e da solução adotada em determinado contexto. Padrões de software formalizam soluções para problemas recorrentes no desenvolvimento de software, com base na experiência de especialistas, permitindo que estas soluções possam ser reutilizadas em várias outras situações, por outros especialistas. Na engenharia de software, padrões são usados para descrever soluções de sucesso para problemas de software comuns. Estes padrões refletem a estrutura conceitual das soluções e podem ser aplicados várias vezes na análise, projeto e produção de aplicações, em um contexto particular [5]. O uso pelos engenheiros de software de soluções já conhecidas e testadas ajuda a aumentar o nível de abstração, a produtividade e a qualidade dos projetos nas várias fases do desenvolvimento de sistemas.

Fowler [8] define padrão como uma idéia que tem sido útil em um contexto prático particular e será provavelmente útil em outros contextos. É usado o termo “idéia” pelo fato de um padrão poder ser qualquer coisa. “Contexto prático” vem do fato de que os padrões são desenvolvidos a partir de experiências práticas de projetos reais. Os padrões são freqüentemente descobertos e não inventados. Isso é verdade, por exemplo, quanto a certos modelos de análise, que se tornam padrões de análise somente quando é descoberto que eles podem ter uma utilidade comum. Quando um novo projeto é desenvolvido, algumas idéias novas podem surgir e vir a ser padrões no futuro, entretanto, isso depende de que venham a ser usadas novamente e finalmente identificadas como padrões. Assim, padrões são coisas que os desenvolvedores conhecem e descobrem que podem ser úteis em outros contextos. Com padrões de software, é apresentada uma aproximação genérica para resolver um problema, mas eles têm que ser trabalhados e adaptados para casos específicos.

Padrões de software são geralmente pequenos e específicos o suficiente para que a comunidade possa validá-los efetivamente. Pode-se dizer que um padrão é uma combinação de unidades significativas que ocorrem em determinado contexto. O vocabulário oferecido por esses padrões ajuda a tornar claro o pensamento, além de aumentar o nível de abstração, possibilitando a discussão entre especialistas e novatos, sendo uma unidade transferível de conhecimento especializado. Estas soluções já conhecidas e testadas são mais facilmente instanciadas ou especializadas para compor a solução completa para um projeto, aumentando em muito a produtividade e qualidade.

Há diversos tipos de padrões de software, tais como padrões de análise, de projeto e de arquiteturas de software. Sob a perspectiva deste trabalho, a classe dos padrões de análise é a de maior interesse, uma vez que estes capturam os objetos do domínio e seus inter-relacionamentos. Padrões de análise são definidos a partir de modelos conceituais de aplicações, que descrevem modelos de processos de negócios resultantes da fase de análise de requisitos do desenvolvimento de software.

Um padrão de análise é um conjunto de classes e associações que tem algum significado no contexto da aplicação, isto é, um modelo conceitual de uma parte da aplicação [9]. Para reutilizar um padrão de análise em uma aplicação, é preciso reinterpretar cada classe no padrão como uma classe correspondente no novo sistema. A estratégia é a abstração do modelo inicial, a partir do qual novos modelos podem ser desenvolvidos. Por outro lado, um bom modelo de análise de um subsistema de um sistema complexo pode ser abstraído e tornar-se um padrão de análise que pode ser usado em outras aplicações.

Uma aplicação de padrões de software é a utilização de *frameworks*, contendo um certo número de padrões de software implementados dentro deles, podendo conter uma implementação básica ou algumas especificações da interface, ajudando a encapsular descrições e decisões-chave da arquitetura de software,

podendo ser implementados depois por um componente ou até mesmo através de vários componentes, o que facilita o gerenciamento da complexidade através desses componentes reusáveis [10].

Estudando ontologias e padrões de software, é possível observar que ambos podem ser associados de forma a contribuir para a modelagem de sistemas computacionais. Ontologias, em um nível de abstração mais alto, estabelecem uma terminologia comum e não-ambígua para o domínio em questão; padrões de software, já no nível de engenharia de software, embutem soluções de modelagem já testadas. Juntos, ontologias e padrões de análise podem ser usados tanto para descrever o domínio para o qual será desenvolvido um sistema como também para descrever o sistema propriamente dito. Tendo uma ontologia definida para um dado domínio e alguns padrões de análise que utilizam a mesma terminologia, é dado um importante passo à frente na especificação de requisitos do sistema, cabendo aos engenheiros de software capturar situações mais específicas do projeto em que estiverem trabalhando, especializando a ontologia e adaptando os padrões de análise.

3. Utilizando Ontologias e Padrões de Análise na Modelagem Conceitual de Sistemas.

Diferente de ontologias, padrões de análise estão em um nível de abstração mais baixo, descrevendo conceitos e relacionamentos de acordo com a visão da área de engenharia de software. Parte-se da modelagem de sistemas, na área de engenharia de software, para se chegar a esses padrões. Padrões de análise ajudam-nos a pensar sobre software no nível de sistema, oferecendo uma visão mais abrangente do software. Têm-se classes e relacionamentos definidos, que embutem regras do negócio e estes são combinados de acordo com a necessidade da empresa ou projeto de software.

Tendo em vista as estreitas relações entre essas duas áreas de estudo, é possível buscar obter os benefícios do uso de ontologias e padrões de análise na modelagem conceitual.

Deve-se observar que tanto ontologias quanto padrões de análise pretendem compartilhar conhecimento e conseguir reutilização, embora uma ontologia seja mais genérica e um padrão de análise concentre-se somente em problemas de engenharia de software. Ou seja, uma ontologia captura a estrutura conceitual intrínseca ao domínio tratado, enquanto padrões de análise capturam a estrutura conceitual intrínseca a um campo específico, o campo das soluções para problemas comuns em engenharia de software. Uma ontologia, permitindo um entendimento completo do domínio que ela representa e oferecendo uma terminologia comum ao domínio, sem ambigüidades, facilita a comunicação entre especialistas do domínio e engenheiros de software, especialmente na fase de análise de requisitos. Um padrão de análise, especificamente, visa tornar mais rápida esta mesma fase, pois já apresenta modelos definidos para determinados contextos, que já foram testados e adotados em outros projetos, facilitando o trabalho do engenheiro de software que, de posse de um padrão, precisa observar no sistema específico o que é necessário acrescentar a esse padrão ou como combinar esse padrão com outros para obter um modelo completo do domínio.

Ambos, ontologia e padrões de análise especificam o conhecimento sobre um domínio, embora enfatizem aspectos diferentes. Uma ontologia enfatiza conceitos, relações e restrições, enquanto um padrão de análise enfatiza como modelar uma porção de conhecimento, através de uma solução de modelagem já usada em outros projetos com sucesso. Podem enfatizar aspectos diferentes, mas ambos focalizam armaduras e esqueletos [5], através de modelos usados para representar o conhecimento ou da formalização da terminologia, como nas ontologias.

Pode-se acrescentar que cada campo sempre requer alguma adaptação para se encaixar em um contexto particular. Por exemplo, uma ontologia para corporações define um bom conhecimento sobre o domínio de corporações em geral, porém, ao se deparar com um sub-domínio, um tipo particular de corporação, torna-se necessário especializar essa ontologia, acrescentando novos termos e relações que dizem respeito àquele sub-domínio. O mesmo ocorre com um padrão de análise. Um padrão que representa, por exemplo, negociações contratuais, precisa ser adaptado para um caso de negociação contratual mais específico.

Usar ontologias e padrões de análise para a modelagem conceitual de sistemas abre espaço para uma visão mais abrangente do domínio tratado, levando a um melhor entendimento desse domínio. Isso pode diminuir o tempo gasto na especificação de requisitos, pois os engenheiros de software já têm uma fonte preliminar para

aprender sobre o domínio que estabelece uma terminologia comum aos especialistas do negócio. Padrões de análise oferecem uma visão de porções do domínio, com conceitos e relacionamentos combinados e arrançados de modo a atender a área de desenvolvimento de software. Usando ontologias e padrões de análise, é possível avançar no sentido de facilitar a especificação de um sistema, mesmo que ambos, ontologias e padrões de análise, precisem ser especializados.

Podemos agrupar uma coleção de padrões de análise conhecidos para formar uma infra-estrutura lógica para a especificação de sistemas. Assim, podemos começar o trabalho de especificação de requisitos pela particularização de uma ontologia e, partindo-se desta, por um processo de escolha de padrões mais adequados, chegar à especificação do sistema.

A construção desta infra-estrutura pode requerer uma atitude inversa com respeito à definição de padrões de análise. Na abordagem usual, os engenheiros de software propõem padrões de análise a partir da própria experiência e da observação de soluções já adotadas que se repetem em vários projetos. O processo agora pode requerer um caminho complementar, partindo de uma ontologia e da observação de padrões de análise correlacionados existentes. Quando os padrões encontrados não são suficientes para um refinamento completo da ontologia, é necessário adaptar esses padrões de análise ou propor novos modelos capazes de viabilizar o mapeamento do nível de ontologia para o nível de padrão de análise. Os novos modelos propostos podem ser um ponto de partida para a definição de futuros padrões de análise. Se comprovada a sua utilidade através do uso, novos padrões podem ser estabelecidos.

4. Modelagem de Corporações.

O desenvolvimento de sistemas de informação integrados para corporações leva, geralmente, a grandes investimentos e longos prazos, tanto no caso da própria corporação desenvolver os seus próprios sistemas, quanto no caso de optar por comprar uma solução integrada de algum fornecedor de software – Sistemas de Gestão Integrada (ERP – *Enterprise Resource Planning*).

Cada corporação tem um tipo de negócio e características próprias, sendo um domínio grande e complexo. Assim, no caso de organizações que optam por desenvolver seus próprios sistemas, observa-se uma grande necessidade de criar novas abordagens de modelagem, que facilitem, principalmente, a fase de levantamento e especificação de requisitos de um sistema, que é uma fase bastante demorada no projeto de um sistema, na qual são envolvidos, também, altos custos, devido à necessidade de contratar especialistas nesse tipo de projeto e envolver usuários especialistas no domínio, que são deslocados das suas atividades normais na corporação.

No caso da compra de um sistema ERP, em geral, torna-se necessário fazer uma reestruturação dos processos de negócios da corporação para que esta possa se adequar ao sistema do fornecedor específico. Empresas fornecedoras de sistemas ERP calculam que os clientes gastam de três a sete vezes o valor da licença do software na implantação do sistema e serviços associados [1]. Pode ser preciso fazer adaptações no nível organizacional, de sistema e de software, levando a comprometimentos difíceis e complexos. Há uma diferença entre os requisitos de informação da corporação e a solução proposta pelo sistema ERP de determinado fornecedor. Os profissionais que trabalham implantando sistemas ERP têm conhecimento das opções, parâmetros e capacidades do pacote ERP que é comercializado. Isto não garante que esse conhecimento seja suficiente para entender os requisitos sob a perspectiva da corporação. Leva-se muito mais tempo no levantamento dos requisitos da corporação do que realmente implantando a solução ERP. A solução implantada, na maioria das vezes, atende as capacidades e opções do sistema ERP do fornecedor, mais do que os requisitos de informação da corporação. Muitas vezes, as ferramentas de modelagem usadas pelos sistemas ERP são apenas para solucionar opções e ativar parâmetros. É necessário um estudo no sentido de suporte a ferramentas de modelagem ERP, permitindo uma integração dos requisitos da corporação com os modelos de referência oferecidos [1]. Pelo fato dos processos de negócios serem muito complexos, o uso de modelos ajuda a reduzir a complexidade da realidade, entender melhor os processos do negócio e procurar dar o suporte de software que é necessário. Assim, mesmo no caso de sistemas ERP, é importante que surjam novas abordagens de modelagem de corporações, permitindo que se diminua o tempo que se leva no levantamento dos requisitos e seja facilitada a análise dos processos da corporação. Isso permite diminuir os custos de implantação de um sistema ERP e obter uma melhor adequação do sistema à corporação.

O mais grave na adoção de um sistema ERP é a não produção de um modelo da empresa independente da sua materialização num software específico, ou seja, como cada sistema ERP tem seu próprio modelo de referência, a visão do que seja a empresa fica daí para frente dependente deste modelo. Buscamos, portanto a definição de um modelo de referência para sistemas ERP que seja independente de um software particular. A princípio, sugerimos que isso possa ser obtido pela escolha de uma coleção adequada de padrões de análise. Além disso, entendemos que a melhor maneira de modelar uma empresa não seja partindo de uma visão computacional e sim de uma concepção genérica de empresas, a partir da qual, por identificação de particularidades, poderemos obter um modelo da empresa. Partindo do modelo conceitual da empresa, poderemos tomar novas decisões e chegar a um modelo computacional baseado no modelo de referência.

Esta seção apresenta uma abordagem de modelagem de corporações, que procura, primeiro, formalizar conceitos comuns a corporações através de uma ontologia e, após, o refinamento dessa ontologia em padrões de análise, para que, no caso de modelagem de uma corporação específica, esses modelos possam ser aproveitados e estendidos para tratar aspectos específicos de uma determinada corporação.

Para a construção da ontologia de corporações, optou-se por utilizar conceitos de ontologias existentes na literatura, agrupando-os em uma ontologia mais abrangente, capaz de modelar corporações de vários tipos. Tendo uma ontologia como base, corporações passam a ter uma linguagem na qual o seu conhecimento pode ser expresso, facilitando a comunicação entre as unidades organizacionais, que precisam ter um alto nível de integração e, principalmente, facilitando a comunicação entre os engenheiros de software e especialistas do negócio na elaboração de uma especificação de requisitos.

Da mesma forma, os padrões de análise foram buscados na literatura, principalmente em [8]. Entretanto, como não foram encontrados padrões de análise capazes de contemplar toda a Ontologia de Corporações, para algumas de suas partes foi feita uma derivação da ontologia para modelos de classes, criando-se, assim, alguns modelos de objetos, que podem vir a ser padrões de análise após a comprovação do seu uso em alguns projetos.

4.1. Uma Ontologia de Corporações.

A Ontologia de Corporações proposta neste trabalho foi construída a partir das ontologias do projeto TOVE [11] e *Enterprise Ontology* [12], escolhidas por serem oriundas de grandes projetos que procuram descrever de forma bastante abrangente corporações em geral. A partir dessas duas ontologias, foi produzida uma nova ontologia, reunindo os conceitos comuns e também alguns dos conceitos específicos de cada uma delas, de forma a obter um modelo amplo, para atender a qualquer tipo de corporação. A escolha desses conceitos foi baseada nas seguintes questões de competência:

1. Quais os objetivos de uma organização?
2. Que metas compõem um objetivo?
3. Quais são as metas de um determinado projeto?
4. Qual é o plano definido para um determinado projeto da organização?
5. Que unidade da organização é responsável pelo estabelecimento de um determinado plano?
6. Quais são as atividades que compõem determinado plano?
7. Qual a ordem de precedência entre as atividades de um plano?
8. Como atividades podem ser combinadas para formar uma nova atividade?
9. Que recursos uma atividade pode utilizar?
10. Qual a natureza de um recurso?
11. Com quais atividades um determinado recurso está comprometido em um dado momento?
12. Que bens uma atividade produz/consome? Em que quantidade?
13. Qual a natureza de um bem?
14. Quais são as negociações contratuais existentes envolvendo um determinado bem?
15. Quais são as partes envolvidas em um contrato?
16. Qual é a estrutura da corporação? Como ela é decomposta em unidades?
17. Quais são os membros de uma particular unidade da organização?
18. Que recurso humano gerencia uma determinada unidade da organização?
19. Que cargos existem na corporação?

20. Que cargo ocupa um determinado recurso humano?
21. Que atividades deve um cargo particular executar?
22. Quais as competências necessárias para ocupar um determinado cargo?
23. Qual a capacitação de um determinado recurso humano, isto é, quais são as suas competências?

A representação gráfica da ontologia proposta foi realizada em LINGO (LINguagem Gráfica para descrever Ontologias) [13]. A escolha teve como critério central a adoção de uma linguagem gráfica com semântica precisa e o mais isenta possível de compromissos ontológicos. A figura 1 mostra as notações de LINGO utilizadas neste trabalho, bem como a sua semântica, apresentada através de axiomas. Em LINGO a anotação de cardinalidade é precisamente o contrário da UML, como descreve o axioma de cardinalidade da figura 1. Além disso, cardinalidades $0,n$ não são mostradas em LINGO, tendo em vista que não impõem nenhuma restrição e, portanto, não requerem axiomas.

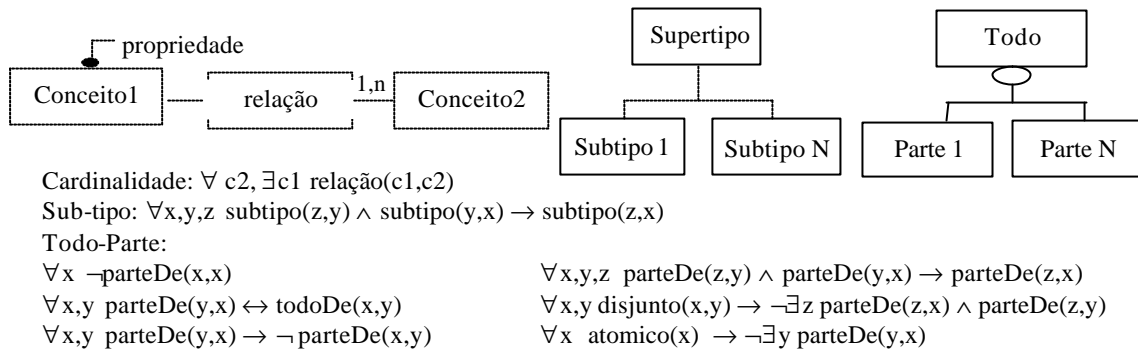


Figura 1 – Parte da Notação de LINGO e seus respectivos Axiomas.

A figura 2 apresenta o modelo LINGO resultante para a Ontologia de Corporações. Maiores detalhes sobre esse modelo, tal como seu correspondente dicionário de termos, podem ser encontrados em [14]. Na modelagem de corporações, é necessário definir as atividades executadas dentro de uma corporação e as restrições para seus planos, tal como as dependências entre suas atividades. Os planos caracterizam o conjunto de metas e objetivos a serem alcançados. Planos devem ser construídos por meio da combinação de atividades. A complexidade do planejamento e da programação de projetos é determinada pelo grau em que as atividades competem por recursos. Toda atividade requer que recursos estejam disponíveis no momento da sua execução. Além disso, atividades consomem e produzem bens. Assim, a elaboração de planos depende da habilidade de raciocinar sobre a disponibilidade de recursos e bens. As organizações são subdivididas em unidades organizacionais, onde são lotados recursos humanos. É importante conhecer a capacitação dos membros da organização, definindo suas competências e os cargos por eles ocupados. É necessário saber, ainda, que atividades podem ser executadas por determinado cargo. Grupos estabelecem contratos, nos quais há transações valoradas com bens.

Além dos axiomas impostos pela notação de LINGO (axiomas epistemológicos [13]), outros axiomas precisam ser descritos para a ontologia de corporações. A formalização pode ser feita usando uma linguagem de primeira ordem [13]. A seguir, são apresentados alguns deles.

- Um *recurso humano* só pode ser utilizado em uma *atividade* se ele ocupa um *cargo* que é responsável pela execução desta *atividade*.
 $\forall(\text{rh},\text{a}) \text{ utilização}(\text{a},\text{rh}) \rightarrow \exists \text{c ocupação}(\text{rh},\text{c}) \wedge \text{ execução}(\text{c},\text{a})$
- Um *recurso humano* só pode gerenciar uma *unidade organizacional* se estiver lotado nesta *unidade organizacional*.
 $\forall(\text{rh}, \text{uo}) \text{ gerência}(\text{rh},\text{uo}) \rightarrow \text{ lotação}(\text{rh},\text{uo})$
- Se uma *atividade* $a1$ depende de uma *atividade* $a2$ que por sua vez depende de $a3$, então $a1$ depende de $a3$ (transitividade).
 $\forall(\text{a1}, \text{a2}, \text{a3}) \text{ dependência}(\text{a1},\text{a2}) \wedge \text{ dependência}(\text{a2},\text{a3}) \rightarrow \text{ dependência}(\text{a1},\text{a3})$

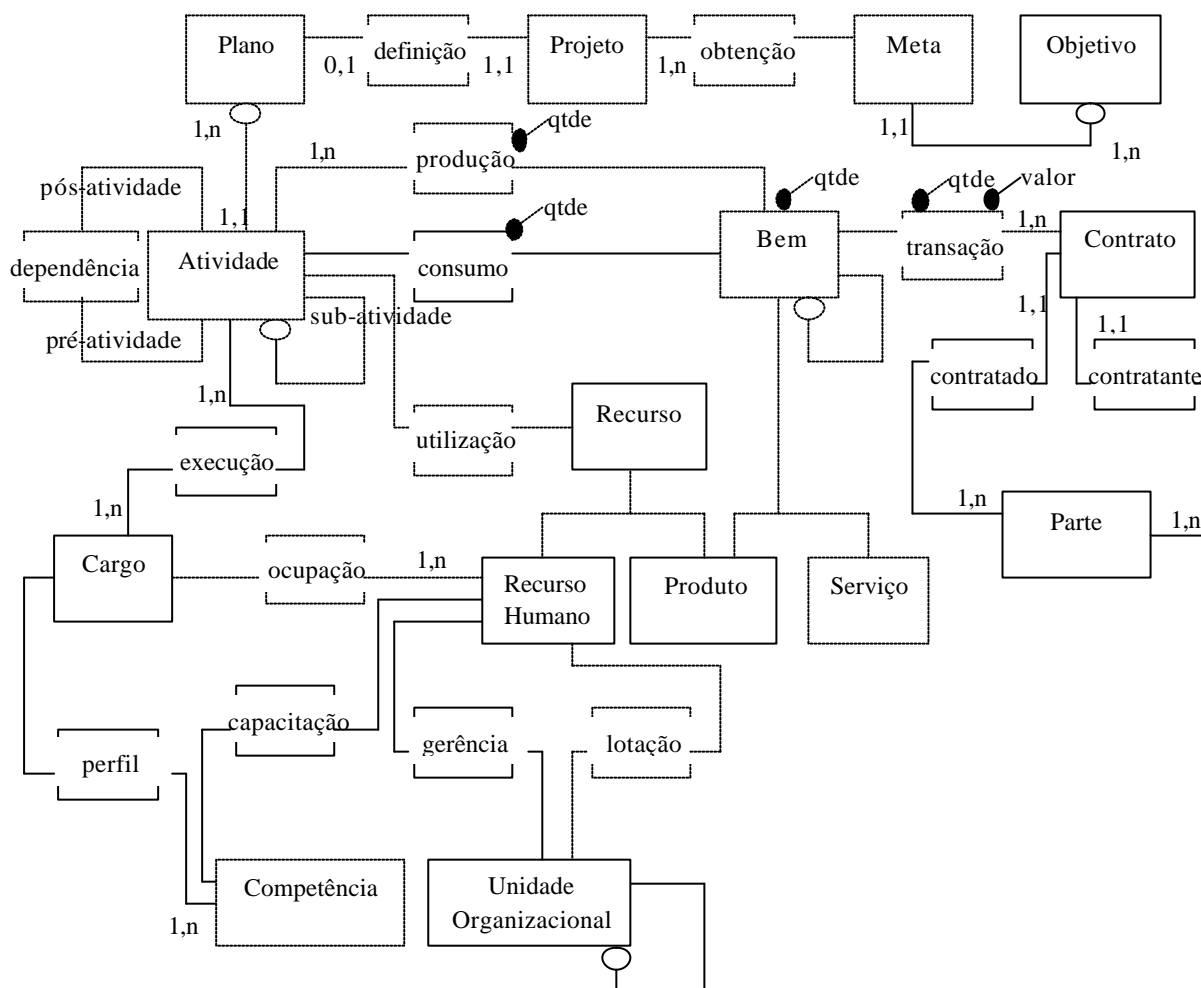


Figura 2 – Ontologia de Corporações escrita em LINGO.

4.2. Padrões de Análise para a Modelagem de Corporações.

Visando estabelecer um catálogo de padrões úteis para a modelagem de corporações que se comprometam com a ontologia apresentada anteriormente, alguns padrões de análise foram selecionados na literatura e posteriormente adaptados para ficarem em conformidade com a ontologia, principalmente para adequação ao vocabulário da ontologia. Entretanto, não foram encontrados padrões de análise capazes de contemplar toda a Ontologia de Corporações. Assim, para algumas de suas partes, foi feita uma derivação da ontologia para modelos de classes, criando-se alguns modelos de objetos.

Com base na seleção e adaptação de alguns padrões propostos por Fowler [8], chegou-se ao seguinte conjunto de padrões de análise para a modelagem de corporações:

- **Parte**: dado que pessoas, organizações e unidades organizacionais têm algumas responsabilidades comuns, este padrão cria um supertipo Parte, reunindo propriedades comuns a ambas. Este padrão é baseado no padrão *Party* [8].
- **Hierarquia Organizacional**: tem a finalidade de representar estruturas hierárquicas organizacionais simples. É baseado no padrão *Organizacional Hierarquies* [8].
- **Estrutura Organizacional**: serve para tratar estruturas organizacionais mais complexas, nas quais uma unidade organizacional está subordinada a diversas unidades organizacionais. É baseado no padrão *Organization Structure* [8].
- **Contrato**: usado para descrever vários tipos de negócio. Baseia-se no padrão *Contract* [8].

Além dos padrões adaptados, alguns modelos de objetos foram propostos para contemplar partes da ontologia ainda não tratadas, a saber:

- **Planejamento:** estabelece as atividades que compõem um plano para um projeto e as restrições entre suas atividades (precedência e decomposição).
- **Alocação de Recursos:** trata da alocação de recursos e bens a serem utilizados na realização de uma atividade.
- **Lotação:** trata da lotação de recursos humanos em unidades organizacionais.
- **Cargos e Salários:** trata da ocupação de cargos por recursos humanos.
- **Capacitação Profissional:** trata das competências necessárias para se ocupar um cargo, bem como da capacitação de recursos humanos.

Por limitações de espaço, não é possível apresentar todos os padrões de análise adaptados e os modelos propostos, que podem ser encontrados em [14]. A seguir, são discutidos apenas o padrão de análise **Contrato** e o modelo **Lotação**.

O Padrão Contrato

É baseado no padrão *Contract* proposto em [8], apresentado na figura 3, transcrito para a UML, tendo em vista que Fowler utiliza uma notação própria. O padrão *Contract* descreve o tipo de negócio financeiro mais simples, que envolve comprar um instrumento de uma outra parte. Este instrumento pode ser um estoque, uma mercadoria, uma troca de títulos ou valores estrangeiros ou algum outro item de comércio comum. O padrão *Contract* representa um **Contrato**, que é algum tipo de negócio entre **Partes** (contratante e contratada), envolvendo alguma quantidade de um **Instrumento**.

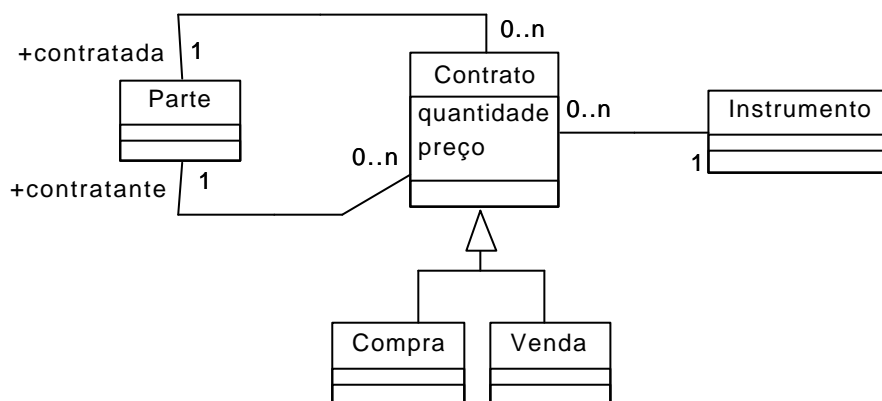


Figura 3 – O padrão *Contract* proposto em [8].

Tomando por base o modelo da ontologia apresentado na figura 2, é possível notar que o padrão *Contract* não está em conformidade com a ontologia. Sendo assim, foram feitas algumas adaptações, chegando-se ao modelo apresentado na figura 4. Para que fosse adotada a mesma terminologia usada na Ontologia de Corporações, foi feita uma adaptação no padrão da figura 3, utilizando o termo **Bem** ao invés de **Instrumento**. De fato, instrumento pode ser visto como o papel que um bem desempenha em uma transação contratual. Partindo do princípio que um contrato pode ser feito para vários bens diferentes, envolvendo suas respectivas quantidades e valores, como descrito na ontologia, foi feita outra adaptação no padrão da figura 3, acrescentando a classe **Transação** com os atributos **quantidade** e **valor**.

Assim, o padrão Contrato resultante representa um **Contrato** que é feito entre **Partes** (contratante e contratada), envolvendo uma ou várias **Transações**, além da data em que foi feita a negociação. Cada **Transação** envolve alguma quantidade de um **Bem** (que pode ser um **Produto** ou um **Serviço**) e um valor acordado entre as partes. Considera-se aqui que um Contrato abrange vários tipos de negócio, como por exemplo: Compra e Venda, Aluguel, Prestação de Serviços e Empréstimo. A hierarquia de **Parte** representa, na realidade, o padrão Parte proposto.

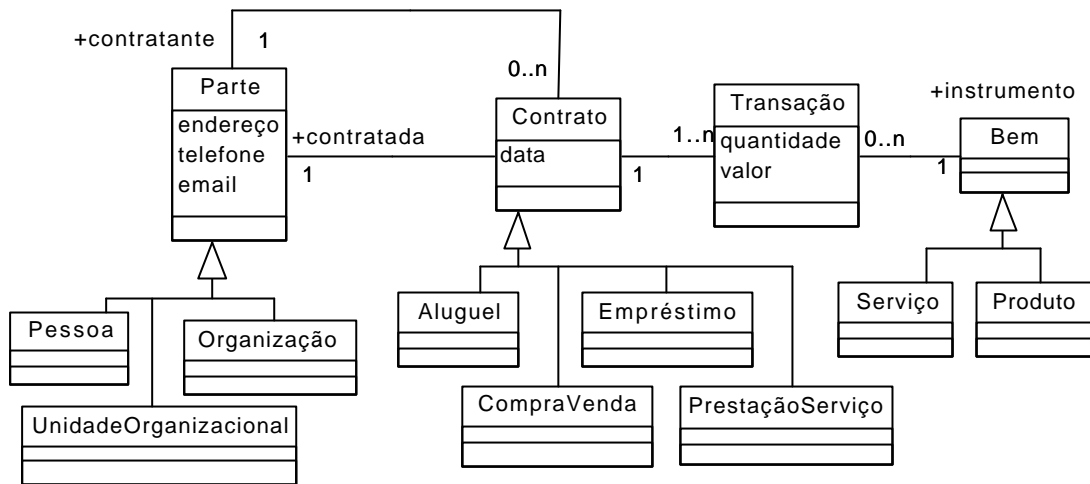


Figura 4 – O padrão Contrato.

O Modelo Lotação

O modelo Lotação, mostrado na figura 5, permite estabelecer as relações de lotação e gerência entre recursos humanos e unidades organizacionais, registrando os respectivos históricos. Em uma corporação, recursos humanos são lotados em unidades organizacionais, onde exercem suas funções. Uma unidade organizacional em funcionamento poderá lotar vários recursos humanos. Durante o tempo em que permanecer na corporação, um recurso humano pode mudar de lotação, sendo, portanto, necessário registrar o período em que esteve em cada unidade organizacional. Cada unidade organizacional é gerenciada por um recurso humano. Pode ocorrer do gerente de uma unidade organizacional mudar e, para isso, são registrados os períodos em que cada unidade organizacional foi gerenciada por um recurso humano. Contudo, em um dado momento, uma unidade organizacional é gerenciada por somente um gerente. Regras para designação de gerentes podem ser estabelecidas através da operação **gerenteValido()** da classe **Gerencia**, tal como: um recurso humano só pode gerenciar uma unidade organizacional se estiver lotado nesta unidade organizacional ou em uma de suas subordinadas (sub-unidade).

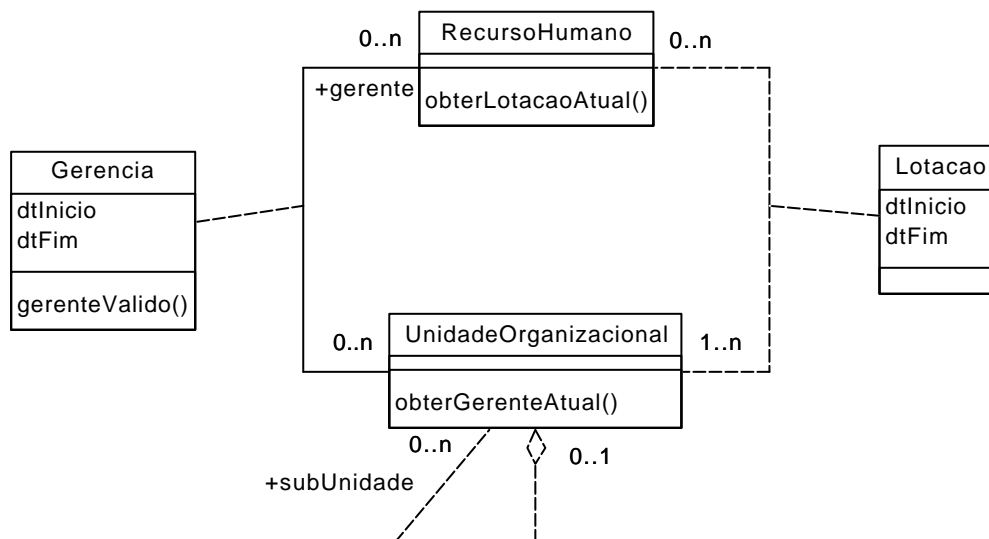


Figura 5 – O modelo Lotação.

Em **Lotacao** está o histórico de todas as unidades organizacionais em que o recurso humano esteve lotado durante um período de tempo, sendo que a lotação atual se caracteriza pelo fato de não ter uma data fim de lotação definida. Em **Gerencia** está o histórico de todos os gerentes de uma unidade organizacional, sendo que, para saber qual o gerente atual, tem-se a gerência com data fim ainda não definida.

4.3. Ontologias e Padrões de Análise na Modelagem de Corporações.

O uso conjunto de ontologias e padrões de análise pode abrir espaço para uma nova estratégia para a definição de padrões de análise. Conforme anteriormente mencionado, padrões de análise são descobertos, com base em experiências passadas e soluções de sucesso para problemas comuns na especificação de requisitos. Contudo, adotando a estratégia de se definir modelos de objetos com base em uma ontologia e a partir da aplicação sucessiva desses modelos no desenvolvimento de sistemas para um determinado domínio de aplicação, pode se chegar também a padrões. Este foi precisamente o caso do modelo **Planejamento**, que já foi utilizado com sucesso em diversos sistemas e já pode ser considerado um padrão. Acreditamos que os demais modelos, tal como o modelo Lotação apresentado anteriormente, também possam vir a ser considerados padrões de análise no futuro.

Finalmente, vale ressaltar que duas estratégias diferentes podem ser adotadas no uso conjunto de ontologias e padrões de análise na modelagem de corporações. Primeiro, pode-se utilizar diretamente a ontologia de corporações e os padrões de análise correspondentes para desenvolver sistemas de gestão empresarial para uma organização específica. Segundo, ambos modelos (ontologias e padrões de análise) podem ser especializados para um sub-domínio, por exemplo, organizações hospitalares, fazendo-se algumas adaptações. Esses modelos especializados, por sua vez, podem ser utilizados no desenvolvimento de um sistema para um hospital específico.

5. Trabalhos Correlatos.

Conforme mencionado ao longo deste trabalho, há diversas iniciativas usando ontologias [11] [12] e padrões de análise [8] para apoiar a modelagem de corporações, mas de forma isolada. Não foram encontrados na literatura estudos de uso conjunto de ontologias e padrões de análise para este propósito. Contudo, há alguns trabalhos que tratam ontologias e padrões de análise ou modelos de objetos como abordagens complementares.

Devedzic [5] aponta a sobreposição entre os conceitos de ontologias e padrões de software e sua complementaridade. Para ele, ambos têm como propósito o compartilhamento e o reuso de conhecimento, ainda que ontologias sejam bem gerais, enquanto padrões de software concentram-se apenas em problemas de engenharia de software. Sua proposta, contudo, está centrada no uso de padrões de software como fonte de conhecimento durante o processo de desenvolvimento de ontologias. Segundo ele, padrões de software podem ser usados durante os primeiros estágios desse processo, como idéias iniciais. Nossa posição se distancia desta, na medida em que entendemos padrões de análise como constituintes de um modelo computacional de empresas, enquanto que a modelagem via ontologias se apóia em uma visão de empresas independente de qualquer modelo computacional. Entendemos que o trabalho de especificação de requisitos pode ser tratado como um esforço de, primeiro, particularizar uma ontologia genérica e depois mapear essa ontologia particular para um modelo de referência baseado em padrões de análise.

Guizzardi et al. [15] apresentam uma abordagem ontológica para a engenharia de domínio que guarda certa relação com o presente trabalho, uma vez que os autores propõem uma abordagem para derivar *frameworks* de objetos a partir de ontologias. De fato, esta abordagem pode ser utilizada para derivar *frameworks*, quando não forem encontrados padrões de análise capazes de contemplar todo o modelo de uma ontologia.

6. Conclusões.

Observa-se que o uso de ontologias e padrões de análise contribui muito para o compartilhamento e a reutilização. A contribuição pode ser ainda maior, caso sejam associados, pois, além de facilitar o entendimento do domínio permitindo que os engenheiros de software e especialistas do negócio conversem

usando “a mesma língua”, é possível reduzir o tempo gasto em levantamento de requisitos e acelerar o processo de análise. Contudo, é necessário aplicar a abordagem proposta para corroborar essa hipótese. Isto está sendo feito no contexto de um ambiente de desenvolvimento de software e os resultados obtidos até então apontam nessa direção.

Uma vez concluída a aplicação da proposta em casos reais, outros trabalhos devem vir a ser realizados no sentido de um aprofundamento das pesquisas nesta abordagem. No momento já é possível vislumbrar a exploração de três frentes de trabalho. A primeira delas visa um estudo mais aprofundado de padrões de análise, definição de elementos de articulação entre eles, com vistas à produção de um modelo de referência para Sistema ERP, independentes de uma particular implementação. Como consequência direta, espera-se obter uma especificação rigorosa para a classe de software denominada Sistemas ERP. Uma segunda frente é a de definição de uma metodologia para especificação de requisitos funcionais de Sistemas de Informação Gerencial baseada em especialização de ontologias e refinamento para modelos de referência. Metodologias, para que sejam implantadas, dependem fortemente de ferramentas de suporte. Assim, a terceira frente de trabalho consiste na definição e desenvolvimento de uma ferramenta baseada no conhecimento para facilitar o emprego da metodologia. É central nesta ferramenta que se possa capturar decisões de modelagem para reutilização em novos projetos, em uma abordagem de gerência de conhecimento.

7. Agradecimentos.

Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio financeiro a este trabalho.

8. Referências.

- [1] A.W. Sheer, F. Habermann, “Making ERP a Success Using Business Models to Achieve Positive Results”. Communications of the ACM, April 2000.
- [2] N. Guarino, “Formal Ontology and Information Systems”. In: Proceedings of the First Int. Conference on Formal Ontology in Information Systems, Trento, Italy, June 1998.
- [3] M. Uschold, M. Gruninger, “Ontologies: Principles, Methods and Applications”. The Knowledge Engineering Review, Vol. 11:2, pp 93-136, 1996.
- [4] M. Gruninger, J. Lee, “Ontology: Applications and Design”. Communications of the ACM, vol. 45, no. 2, February 2002.
- [5] V. Devedzic, “Ontologies: Borrowing from Software Patterns”. Intelligence, Fall 1999.
- [6] J.F. Sowa, *Knowledge Representation – Logical, Philosophical and Computational Foundations*, Brooks/Cole, USA, 2000.
- [7] C. H. Holsapple, K. D. Joshi, “A Collaborative Approach to Ontology Design”. Communications of the ACM, vol. 45, no. 2, February 2002.
- [8] M. Fowler, *Analysis Patterns: Reusable Objects Models*. Addison-Wesley Professional Computing Series, 1997.
- [9] E.B. Fernandez, “Building Systems Using Analysis Patterns”. Communications of the ACM, 1998.
- [10] G. Larsen, “Designing Component-based Frameworks using Patterns in the UML”. Communications of the ACM, vol. 42, October 1999.
- [11] M. Fox, M. Barbuceanu, M. Gruninger, “An Organization Ontology for Enterprise Modeling. Preliminary Concepts for Linking Structure and Behavior”. In: Proceedings of the Fourth Workshop on Enabling Technologies - Infrastructures for Collaborative Enterprises, West Virginia University, 1995.
- [12] M. Uschold, M. King, M. Stuart, Y. Zorgios, *The Enterprise Ontology*. AIAI, University of Edinburgh, 1996.
- [13] R. A. Falbo, *Integração de Conhecimento em um Ambiente de Desenvolvimento de Software*. COPPE/UFRJ, D.Sc., Engenharia de Sistemas e Computação, Rio de Janeiro, 1998.
- [14] R. I. Cota, *Um Estudo sobre o Uso de Ontologias e Padrões de Análise na Modelagem de Sistemas de Gestão Empresarial*, Dissertação de Mestrado em Informática, Universidade Federal do Espírito Santo, 2003.
- [15] G. Guizzardi, R.A. Falbo, J.G., Pereira Filho, “Using Objects and Patterns to Implement Domain Ontologies”, Journal of the Brazilian Computer Society, vol. 1, no. 8, July 2002.