



Universidade de Brasília

Instituto de Ciências Exatas
Departamento de Ciência da Computação

Ontologia para apoio a modelagem do conhecimento sobre
o domínio de Currículos de Cursos de Graduação

Luiz Henrique dos Santos Araújo

Brasília
2014



Universidade de Brasília

Instituto de Ciências Exatas
Departamento de Ciência da Computação

Ontologia para apoio a modelagem do conhecimento sobre o domínio de Currículos de Cursos de Graduação

Luiz Henrique dos Santos Araújo

Monografia apresentada como requisito parcial
para conclusão do Curso de Computação — Licenciatura

Orientadora
Prof. Dr. Maria de Fátima Ramos Brandão

Brasília
2014

Universidade de Brasília — UnB
Instituto de Ciências Exatas
Departamento de Ciência da Computação
Curso de Computação — Licenciatura

Coordenador: Prof. Dr. Wilson Henrique Veneziano

Banca examinadora composta por:

Prof. Dr. Maria de Fátima Ramos Brandão (Orientadora) — CIC/UnB
Prof. Dr. Benedito Medeiros Neto – CIC/UnB
Prof. Ms. Antonio Sergio Cangiano

CIP — Catalogação Internacional na Publicação

Araújo, Luiz Henrique dos Santos.

Ontologia para apoio a modelagem do conhecimento sobre o domínio de Currículos de Cursos de Graduação / Luiz Henrique dos Santos Araújo. Brasília : UnB, 2014.

82 p. : il. ; 29,5 cm.

Monografia (Graduação) — Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

1. ontologia, 2. modelagem de dados, 3. atividade de elaboração e gestão de Currículos

CDU 004

Endereço: Universidade de Brasília
Campus Universitário Darcy Ribeiro — Asa Norte
CEP 70910-900
Brasília-DF — Brasil



Universidade de Brasília

Instituto de Ciências Exatas
Departamento de Ciência da Computação

Ontologia para apoio a modelagem do conhecimento sobre o domínio de Currículos de Cursos de Graduação

Luiz Henrique dos Santos Araújo

Monografia apresentada como requisito parcial
para conclusão do Curso de Computação — Licenciatura

Prof. Dr. Maria de Fátima Ramos Brandão (Orientadora)
CIC/UnB

Prof. Dr. Benedito Medeiros Neto
CIC/UnB

Prof. Ms. Antonio Sergio Borba Cangiano

Prof. Dr. Wilson Henrique Veneziano
Coordenador do Curso de Computação — Licenciatura

Brasília, 10 de Abril de 2014

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus pais, Luiz Claudio e Matildes, que souberam entender esse momento e me ajudaram a superar todos os obstáculos.

Agradecimentos

Agradeço a toda minha família, meus amigos e meus colegas de curso, e a Professora Maria de Fátima, por todo apoio e incentivo durante essa jornada.

Resumo

De acordo com o Censo de 2011, no Brasil existem 2.365 Instituições de Ensino Superior, entre Faculdades, Universidades, Centros Universitários e Institutos Federais de Educação. Essas instituições são responsáveis por ofertaram 30.420 Cursos de Graduação.

Os Gestores das Instituições de Ensino Superior são responsáveis pela gestão dos Currículos desses cursos de Graduação. A gestão dos Currículos deve ser norteadada pelas Diretrizes Curriculares definidas pelo MEC e Comissões das Áreas bem como por Pareceres e Resoluções do CNE. Assim, os Gestores para realizarem sua tarefa devem conhecer o processo desde a proposição e deliberação das Diretrizes Curriculares, até os elementos que compõe o Currículo e suas possíveis relações.

O trabalho desenvolveu uma ontologia, com o auxílio da Modelagem de Dados, para o apoio a atividade de elaboração e gestão de Currículos de Cursos de Graduação, com o objetivo de melhorar a compreensão desse domínio de conhecimento, proporcionando uma visão ampla de todo o processo que envolve essa missão.

Palavras-Chave: Ontologia, Modelagem de Dados, atividade de elaboração e gestão de Currículos

Abstract

According to Census 2011, in Brazil there are 2,365 higher education institutions, including colleges, universities, university centers and Federal Education. These institutions are responsible for 30,420 Undergraduate tendered.

Managers of Higher Education Institutions are responsible for the management of these courses Undergraduate Curricula. The management of Resumes must be guided by defined MEC Committees and Areas as well as opinions and resolutions of the NEC Curriculum Guidelines. Thus, to accomplish their task managers must know the process since the proposition and resolution of the Curriculum Guidelines, to the elements that make up the curriculum and their possible relationships.

The work developed an Ontology, with the help of Data Modeling to support the activity of the preparation and management of Undergraduate Curricula , aiming to improve the understanding of this field of knowledge , providing a broad overview of the entire process involving this mission.

Keywords: Ontology, Data Modeling, activity design and management Curriculum

Sumário

1	Introdução	1
1.1	Justificativa e Motivação	1
1.2	Objetivos	3
1.4	Metodologia	3
2	Fundamentos de Modelagem Conceitual e de Ontologias e Metodológicos	4
2.1	Modelos Conceituais	4
2.1.1	Introdução	4
2.1.2	Vocabulário Controlado	4
2.1.3	Taxonomia	5
2.1.4	Tesauros	6
2.1.5	Ontologia	7
2.1.5.1	Definições	7
2.1.5.2	Componentes básicos	8
2.1.5.3	Critérios	9
2.1.5.4	Vantagens	9
2.1.5.5	Classificação	11
2.1.5.6	Metodologia	14
2.1.5.7	Ferramentas	19
2.1.5.8	Linguagens	22
2.2	Modelagem de Dados	24
2.2.1	Modelo Entidade –Relacionamento (MER)	26
2.2.2	Elementos do MER	26
2.2.3	Diagrama DER	27
2.1.4	Ferramenta de Modelagem de Dados	29
2.3	Fundamentos Metodológicos	30
3	O domínio de conhecimento sobre Currículos de Graduação	31
3.1	Cursos de Graduação	31
3.2	Pareceres e Resoluções do Conselho Nacional de Educação	34
3.3	Currículos dos cursos de Graduação	35
4	Método Proposto	37
4.1	Modelo Conceitual	37
4.2	Aplicação da Modelagem de Dados	39
4.3	Etapas do processo de Modelagem de Dados	40
4.4	Construção da Ontologia	44
5	Considerações Finais e Trabalhos Futuros	69

Referências

Lista de figuras

2.1 Taxonomia segundo Lineu. Fonte: (LINEU, 1789)	6
2.2 Tesouro e suas relações. Fonte: (ROSENFELD e MORVILLE, 2002).....	7
2.3 Tabela comparativa de classificações.	14
2.4 Tela inicial do Protégé, Fonte: (Protégé, v. 4.3.0)	21
2.5 Diagrama DER. Fonte: (RODRIGUES)	28
2.6 O "Método do Arco". Fonte: (BORDENAVE e PEREIRA, 1982)	30
3.1 Número de cursos de Graduação. Fonte: (MEC/INEP)	31
3.2 Tela do site do MEC. Fonte: (MEC)	33
4.1 Níveis de Semântica. Fonte: (CORCHO, 2007)	37
4.2 Linguagens. Fonte: (W3C)	39
4.3 Diagrama Entidade-Relacionamento. Fonte: (Ferramenta CASE BrModelo)	44
4.4 Classes e hierarquias na Ferramenta Protége. Fonte: (Protégé)	49
4.5 Diagrama da Hierarquia de classes. Fonte: (Protégé)	50
4.6 Propriedade e sua respectiva propriedade inversa. Fonte: (Protégé)	54
4.7 Propriedades de Valores. Fonte: (Protégé)	55
4.8 Restrições da classe Curso de Graduação (Cursos_Graduacao). Fonte: (Protégé) .	58
4.9 Gráfico da ontologia. (Protégé)	59
4.10 Gráfico da classe Pareceres e Resoluções. (Protégé)	59
4.11 Classe Objetivo Geral. Fonte: (Protégé)	67

Capítulo 1

Introdução

1.1 Motivação e Justificativa

Os Currículos das Instituições de Ensino Superior são organizados segundo as Diretrizes Curriculares definidas pelo MEC e Comissões das Áreas bem como por Pareceres e Resoluções do CNE. Dessa forma, os gestores das Instituições de Educação Superior devem manter os Currículos dos cursos de Graduação atualizados para aprovação pelo CNE e demais órgãos reguladores e certificadores.

Para realização dessa missão, é necessário conhecimento desse processo desde a proposição e deliberação das Diretrizes até os elementos que compõem os Currículos. Assim, o gestor deverá selecionar e analisar as informações para utilizá-las de acordo com a relevância em tarefas específicas.

O termo “ontologia” é definido na filosofia como o estudo do ser ou existência. Nessa área da ciência, pode-se falar de uma ontologia como uma teoria sobre a natureza da existência, a ontologia de Aristóteles oferece categorias primitivas, tais como substância e qualidade, supondo que elas davam conta de tudo que é (ARISTÓTELES, 1969).

Na Computação e na Ciência da Informação o termo ontologia é utilizado para denotar um artefato que é projetado para permitir a modelagem de conhecimento sobre algum domínio, real ou imaginário (GUARINO, 1995). A expressão tem sido adotada por pesquisadores de Inteligência Artificial (IA) que reconhecem sua aplicação na lógica matemática e em ontologias computacionais para apoio ao raciocínio automatizado (MCCARTHY, 1980). Na década de 1980, utilizou-se o termo ontologia também em referência a teoria de modelamento do mundo, como um componente de sistemas do conhecimento (HAYES, 1985).

Alguns pesquisadores, inspirados na ontologia filosófica, vêem a ontologia computacional como uma espécie de filosofia aplicada (SOWA, 1984). No início dos anos 90, num esforço para criar padrões de interoperabilidade, a tecnologia das ontologias é vista como uma camada em sistemas de conhecimento (IEEE, 1991).

Entretanto, de acordo com Santos (2006), “uma das principais motivações na construção de uma ontologia é a possibilidade de compartilhamento do conhecimento”. Outros autores destacam o uso da ontologia para ajudar pessoas a compreender certa área de conhecimento sem necessidade de se reportar a um especialista. A ontologia pode auxiliar no estudo e aprendizado sobre o domínio apropriando um conhecimento geral e de consenso (DUARTE e FALBO, 2000).

Para Marietto (2002) apud Araujo (2006) a ontologia possibilita o compartilhamento de termos de um dado domínio, a troca de informações e o reuso do conhecimento.

Assim, uma ontologia pode ser útil para auxiliar na compreensão do domínio de conhecimentos na elaboração e gestão de Currículos de Cursos de Graduação.

Nesse contexto, o trabalho propõe investigar o domínio da tarefa de elaboração e gestão de Currículos de Cursos de Graduação e propor uma ontologia que sirva de auxílio para o gestor na tomada de decisões.

1.2 Objetivos

Este trabalho tem por objetivo geral propor uma ontologia para o apoio à gestão acadêmica de cursos de Graduação.

Como objetivos específicos, o trabalho propõe:

- Identificar os processos envolvidos na elaboração e gestão dos Currículos;
- Identificar os atores envolvidos na elaboração e gestão dos Currículos;
- Identificar relações entre os processos e atores, assim como seus atributos e restrições;
- Propor uma ontologia que represente o modelo de processos de gestão de Currículos de cursos de Graduação.

1.3 Metodologia

O trabalho adotou método de pesquisa exploratória e bibliográfica sobre os temas: Instituições e Cursos de Educação Superior no Brasil; Diretrizes curriculares para cursos de Graduação; Conselho Nacional de Educação, CNE; Modelagem de dados e ontologia.

O trabalho propõe a metodologia da Problematização, com a aplicação do Arco de Charles Maguerez (BORDENAVE e PEREIRA, 1982) como estratégia de intervenção organizacional. A Metodologia da Problematização é dividida em etapas, assim o pesquisador parte da observação da realidade, levanta os pontos-chave e elabora a teorização, formula a hipótese de solução e por fim aplica à realidade. A aplicação a realidade foi realizada com a instanciamento da ontologia com um caso real.

Esta monografia está estruturada em 5 capítulos. O capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica. O capítulo 3 apresenta o domínio de conhecimento sobre Currículos de Graduação. O capítulo 4 apresenta o Método Proposto nesse trabalho. O capítulo 5 apresenta a conclusão e comenta sobre a proposição de trabalhos futuros.

Capítulo 2

Fundamentos de Modelagem Conceitual e Ontologias

2.1 Modelos Conceituais

2.1.1 Introdução

Conceito, segundo Dahlberg, é a reunião e compilação de enunciados verdadeiros a respeito de determinado objeto, fixada por um símbolo lingüístico. O objeto se trata de tudo aquilo que nos circunda e é designado pelo homem (DAHLBERG, 1978).

Já modelo é definido como uma representação simplificada e abstrata de um fenômeno ou uma situação concreta, e que serve de referência para a observação, estudo ou análise (FERREIRA, 2004). O modelo é utilizado na organização do conhecimento a partir das relações entre os conceitos de um domínio.

O autor Le Moigne (1977) através da Teoria do Sistema Geral, conhecida também com Teoria da Modelização, afirma que conhecer é modelizar, ou seja, o processo de conhecer equivale à construção de modelos do mundo/domínio a ser construído que permitem descrever e fornecer explicações sobre os fenômenos que observamos.

Nas seções seguintes serão explicitados alguns modelos conceituais, destacando suas características e também suas possíveis vantagens e desvantagens. Os modelos conceituais explicitados serão: vocabulário controlado, taxonomia, tesouro e ontologia.

2.1.2 Vocabulário controlado

Os vocabulários controlados são considerados os mais pobres quanto à representação semântica. Um vocabulário controlado é basicamente uma lista de termos que podem ser desde palavras ou frases até anotações as quais foram enumeradas explicitamente. Um requisito importante é o fato de que todos os termos em um vocabulário controlado devem ter uma desambiguação, deve conter definições não redundantes. O vocabulário controlado é considerado o mais simples de todos os

métodos de representação de metadados e tem sido amplamente utilizado para a organização e classificação (KOBASHI, 2008).

O vocabulário controlado é considerado uma linguagem artificial e é constituída por termos que seguem uma organização de estrutura relacional (KOBASHI, 2008). Com o intuito de estabelecer uma maior precisão e eficácia na comunicação entre os usuários e o sistema de informações implementa-se então o vocabulário, a padronização é o elemento primordial de tal representação, com essa padronização a entrada e também a saída de dados é feita mais facilmente.

Para atingir uma das funções do vocabulário controlado, que é a utilização de descritores (conjunto controlado e finito de termos) para realizar a representação da informação e do conhecimento, a idéia de padronização é indispensável. Tal padronização é uma forma de controlar as representações almejadas, e permite então que a obtenção das informações seja retornada de forma correta, levando em consideração o forma léxica das informações tratadas.

O vocabulário controlado tem por objetivo evitar que os usuários definam seus próprios termos, podendo estes serem ambíguos, sem sentido, ou com erros ortográficos. Esse controle é feito através de uma lista oferecida ao usuário, na qual ele pode escolher termos apresentados e relacionar aos itens que ele está catalogando evitando assim possíveis inconsistências (KOBASHI, 2008).

2.1.3 Taxonomia

A taxonomia foi utilizada primeiramente por Lineu (1789) para a classificação de seres vivos, por introduzir uma idéia de hierarquia. Ela trabalha basicamente com a idéia de árvore, aonde as classificações são estabelecidas seguindo uma hierarquia de pai para filho, ou simplesmente de super classe para subclasse. Essa classificação é determinada dentro de um assunto ou de um determinado campo de conhecimentos.

A hierarquia da taxonomia estabelece a relação de pai-filho, essa relação é retratada pelas relações de “é super classe de” ou “é subclasse de”, essa interpretação pode ser analisada tanto pelo usuário quanto pela máquina, basta que as classes sejam estudadas considerando as demais ao seu redor. Abaixo se pode observar um exemplo de taxonomia elaborada para a classificação de seres vivos:

Taxonomia segundo Lineu

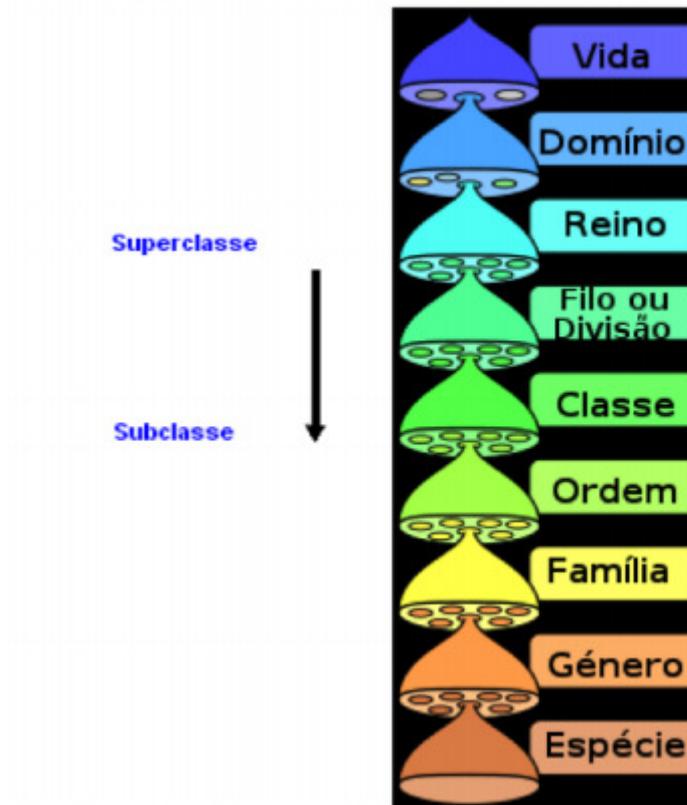


Figura 2.1: Taxonomia segundo Lineu. Fonte: (LINEU, 1789)

2.1.4 Tesouros

O tesouro é uma rede de termos de vocabulários controlados onde se observa uma relação conceitual entre os termos (ROSENFELD e MORVILLE, 2002). O tesouro é basicamente uma extensão da taxonomia, na qual além de estabelecer relação de superclasse e subclasse é possível também que outras condições e relações sejam estabelecidas sobre os termos. Existem quatro tipos diferentes de relacionamentos que são utilizados nos tesouros, e são eles (ANSI/NISO, 2003):

1. Equivalência: Uma relação de equivalência diz que um termo x tem o mesmo ou quase o mesmo significado como um termo y.
2. Homográfico: Dois termos, x e y, são chamados homográficos se o termo x é soletrado do mesmo modo que o termo y, mas tem um significado diferente.
3. Hierárquica: Esta relação é baseada nos graus ou níveis dos relacionamentos de "é subclasse de" e "é superclasse de". O primeiro representa uma classe ou um todo, e o último refere-se a seus membros ou partes.

4. Associativa: Esta relação é usada para ligar os termos que estão intimamente relacionados no significado semântico, mas não hierarquicamente. Um exemplo de uma relação associativa pode ser tão simples como "está relacionado com" como no termo x " está relacionado com" termo y.

Tesouro e suas relações semânticas (Rosenfeld e Morville)



Figura 2.2: Tesouro e suas relações semânticas. Fonte: (ROSENFELD e MORVILLE, 2002)

2.1.5 Ontologia

2.1.5.1 Definições

Neches, Fikes, Finin, Gruber, Senator e Swartout (1991) definiram uma ontologia como sendo os termos básicos e as relações de um vocabulário de uma determinada área, tal como também as regras para combinar e relacionar termos para definir extensões para o vocabulário. Essa definição descreve como são desenvolvidas e relacionados os termos básicos bem como as regras para se combinarem.

Gruber (1993) define ontologia como sendo uma especificação explícita de uma conceitualização. Assim, a ontologia de um programa pode ser descrita definindo um conjunto de termos representativos. Nessa ontologia, definições associam nomes de entidades no universo do discurso (por exemplo, classes, relações, funções, ou outros objetos) com textos legíveis, descrevendo o que os nomes significam, e geram axiomas formais que restringem a interpretação e proporcionam uma boa utilização destes termos.

Borst (1997) apud Almeida and Bax (2003) leva em consideração em sua definição que ontologia é uma especificação formal e explícita de uma conceitualização compartilhada. Nessa definição, formal significa legível para computadores; especificação explícita diz respeito a conceitos, propriedades, relações, funções, restrições e axiomas, explicitamente definidos; compartilhado quer dizer conhecimento consensual; e conceitualização diz respeito a um modelo abstrato de algum fenômeno do mundo real.

Guarino (1998) ao definir uma ontologia, refere-se a um artefato de engenharia, constituída por um vocabulário específico usado para descrever uma determinada realidade e um conjunto de pressupostos explícitos quanto ao significado pretendido das palavras do vocabulário. Esse conjunto de pressupostos tem geralmente a forma de uma teoria da lógica de primeira ordem, onde as palavras ou nomes aparecem como predicados unários, chamados de conceitos, ou predicados binários, chamados de relações.

Noy e McGuinness (2001) afirmam que uma ontologia é uma formal e explícita descrição de conceitos num domínio de discurso, onde propriedades de cada conceito descrevem as características, os atributos dos conceitos e as condicionantes dos atributos.

As definições citadas são encontradas na literatura, e se complementam. As ontologias possibilitam a representação do domínio e do conhecimento que se entende do domínio possibilitando o compartilhamento da informação e a possível reutilização posterior.

2.1.5.2 Componentes básicos

As ontologias possuem uma estrutura básica. Existem cinco componentes básicos: classes, relações, funções, axiomas e instâncias (GRUBER, 1993).

Os conceitos representam elementos de um domínio sobre o qual alguma coisa é dita. Incluem os objetos do domínio, a descrição de uma tarefa, de uma função, ação, estratégia, entre outros. As relações representam os tipos de interações entre os conceitos do domínio. São definidas formalmente como qualquer subconjunto de um produto de n conjuntos. As funções são relações especiais onde o n -ésimo elemento da relação é único para os $n-1$ elementos precedentes. Os axiomas são usados para modelar

sentenças que são sempre verdadeiras e as instâncias são usadas para representar elementos da ontologia (PÉREZ, 1999).

2.1.5.3 Critérios

As ontologias, independente do domínio em consideração, devem observar a existência de alguns critérios fundamentais. Esse conjunto de critérios deve ser seguido de modo a atender o objetivo de possibilitar o compartilhamento dos conhecimentos e a interoperabilidade entre programas. Os critérios abordados são os seguintes: Clareza, coerência, extensibilidade, codificação mínima e compromisso ontológico mínimo (GRUBER, 1995).

Para obter a clareza, a ontologia deve, efetivamente, comunicar o significado pretendido na definição dos termos. Deve ser independente do contexto social e declarada, sempre que possível, em axiomas lógicos.

A ontologia deve ser coerente, isto é, as inferências devem ser consistentes com as definições. Coerência também deve ser aplicada para os conceitos que são definidos informalmente, como aqueles descritos em documentos de linguagem natural.

A ontologia deve ser projetada para antecipar o uso de um vocabulário compartilhado. Em outras palavras, uma ontologia deve ser capaz de definir novos termos para usos especiais baseado em um vocabulário já existente, de um modo que não requeira a revisão de definições existentes. Assim atingindo a extensibilidade.

A conceitualização deve ser especificada no nível do conhecimento, sem depender de uma codificação particular. Uma tendência de codificação resulta quando escolhas de representação são feitas exclusivamente para a conveniência de notação ou implementação. Assim é preservada a codificação mínima.

A ontologia deve exigir o mínimo compromisso ontológico, suficiente para atender o compartilhamento do conhecimento. Uma ontologia deve fazer poucas afirmações possíveis sobre o mundo que está sendo modelado, permitindo que as partes comprometidas com a ontologia fiquem livres para especializar e instanciar a ontologia, caso necessário.

2.1.5.4 Vantagens

Para Gruber (1993) o desenvolvimento de uma ontologia tem as vantagens de ajudar as pessoas a chegarem a um consenso sobre determinadas áreas do conhecimento, entenderem sobre alguma área do conhecimento, possibilitar que uma máquina utilize conhecimento em alguma aplicação e possibilitar o compartilhamento de conhecimento entre máquinas.

Já Duarte and Falbo (2000) apontam mais vantagens, ajudar outras pessoas a compreenderem certa área de conhecimento sem a necessidade de se reportarem a um especialista pela apropriação de conhecimento geral e de consenso. As pessoas envolvidas no processo se vêem diante do desafio de explicar seu entendimento sobre o domínio em questão, o que as fazem refletir e melhorar sua compreensão sobre esse domínio. Dessa forma as pessoas atingem um consenso no seu entendimento sobre determinada área de conhecimento. Diferentes especialistas têm entendimentos diferenciados sobre os conceitos envolvidos, o que leva a problemas na comunicação. Essas diferenças são explicitadas e um consenso é construído sobre o significado e a importância dessas representações.

Noy e McGuinness (2001) também propuseram vantagens relevantes na utilização de ontologias como compartilhar uma compreensão comum da estrutura de informação entre pessoas ou softwares, possibilitar a reutilização de conhecimento de domínio, elaborar suposições de domínio explícitas, separar o domínio de conhecimento do conhecimento operacional e analisar conhecimento de domínio.

Marietto (2002) apud Araujo (2006) apontam benefícios relevantes tais como propiciar ao desenvolvedor uma compreensão mais apurada do domínio abordado, possibilitar o compartilhamento de conhecimento, levando em consideração o compartilhamento de termos de um dados domínio, possibilitar a troca de informações, oferecer suporte à interoperabilidade entre sistemas computacionais, considerando o relacionamento de diferentes paradigmas, linguagens e métodos, auxiliar no reuso do conhecimento, em processos de especificação de requisitos, no processo de verificação de um sistema computacional, porque ontologias explicitam a especificação de tais sistemas, servindo como base de comparação entre o modelo conceitual e o modelo computacional e auxiliar na manutenção de documentação de sistemas computacionais.

E por fim, além de outras inúmeras vantagens que podem ser encontradas na literatura, se destaca a colocação de Grüniger e Lee (2002), para reutilização (e organização) de conhecimento: para estruturação ou organização de bibliotecas ou repositórios de planos e informações de domínio.

Todas essas vantagens citadas evidenciam a importância da construção de uma ontologia, e o quanto ela pode auxiliar no melhor entendimento de uma determinada área de conhecimento.

2.1.5.5 Classificação

A classificação sugerida por Uschold e Gruninger (1996) é que as ontologias diferem no grau de formalidade que expressão os seus termos e os seus diferentes significados. O conhecimento pode ser representado de diferentes formas e as seguintes classificações são atribuídas às ontologias:

- Altamente Informais: São expressas em uma linguagem natural. Este tipo de ontologia poderá ser ambígua devido à ambiguidade intrínseca de uma linguagem natural;
- Semi-informais: São expressas em uma forma restrita e estruturada de linguagem natural. Nesse tipo de ontologia existe mais clareza e redução de ambigüidade;
- Semiformais: São expressas através de linguagens artificiais, que estão formalmente definidas;
- Rigorosamente Formais: São precisas e definidas através de semânticas formais, teoremas e propriedades confirmadas.

Van Heijst (1997) classifica as ontologias da seguinte forma:

- Ontologias Terminológicas: São constituídas por léxicos que especificam a terminologia que é utilizada para representar conhecimento no domínio do discurso;
- Ontologias de Informação: Definem a estrutura de uma base de dados;
- Ontologias de Modelagem do Conhecimento: Especificam conceitualizações do conhecimento. Estas são freqüentemente especificadas de acordo com uma utilização particular do conhecimento que descrevem;
- Ontologias de Aplicação: Definem os conceitos necessários para o modelo do conhecimento de uma aplicação em particular. Normalmente, estas especializam termos obtidos a partir de ontologias mais gerais tais como as de domínio e as genéricas. Estas ontologias são de difícil reutilização;
- Ontologias de Domínio: Definem conceitos e suas relações em um domínio específico. Estas ontologias são reutilizáveis em um dado domínio específico (ciências, engenharia, medicina, etc.);
- Ontologias Genéricas: Definem conceitos independentes de domínio geral. O conhecimento de senso comum representado por essas ontologias é reutilizável entre domínios tais como: eventos, tempo, espaço, causalidade, comportamento, função, etc.;
- Ontologias de Representação: fornecem definições formais dos princípios da representação utilizados principalmente nas linguagens baseadas em frames e permitem a construção de outras ontologias através dos significados de convenções baseadas em frames.

Guarino (1998) utiliza como critério para sua classificação o nível de generalidade das ontologias:

- Ontologias de Alto-Nível: descrevem conceitos gerais ou conhecimento do senso comum, os quais são independentes de um problema ou domínio em particular;
- Ontologias de Domínio: disponibilizam vocabulários sobre um domínio genérico. São reutilizáveis num dado domínio específico;
- Ontologias de Tarefa: descrevem conceitos relacionados com a execução de uma tarefa ou atividade em particular. Descrevem o vocabulário relacionado com uma tarefa ou atividade genérica através da especialização dos termos presentes em ontologias de alto nível;
- Ontologias de Aplicação: descrevem conceitos dependendo de um domínio ou tarefa em particular, normalmente sendo especializações de duas ontologias. Contêm todas as definições necessárias para o modelo do conhecimento necessário para uma aplicação em particular.

Lassila e McGuinness (2001) adotam como critérios para a classificação a riqueza da estrutura interna da ontologia. As classificações são:

- Vocabulários controlados: São a mais simples noções de ontologia. São constituídas, por exemplo, por uma lista de termos finita. Um exemplo típico é um catálogo;
- Glossários: São listas de termos ou significados, que normalmente são expressadas por frases em uma linguagem natural;
- Thesaurus: Fornecem uma semântica adicional entre termos. Podem fornecer, por exemplo, informação sobre uma relação sinônima. Os Thesaurus não fornecem uma estrutura hierárquica explícita;
- Hierarquias Is-a Informais: Contêm uma noção geral de generalização e fornecem especialização embora não como uma hierarquia de subclasses estrita;
- Hierarquias Is-a Formais: Organizam os conceitos de acordo com uma hierarquia de subclasses estrita;
- Frames: Incluem classes e as suas propriedades que podem ser herdadas por classes de níveis inferiores da taxonomia is-a formal;
- Restrições de Valor: Permitem a aplicação de restrições sobre os valores associados às propriedades;

- Condicionantes de Lógica Geral: São geralmente escritas em linguagens de representação de ontologias muito expressivas, permitindo a especificação de condicionantes de Primeira Ordem Lógica sobre os conceitos e suas propriedades.

E Haav e Lubi (2001) apud Almeida e Bax (2003) utilizam para classificarem as ontologias o critério quanto à estrutura:

- Ontologias de alto nível: Descrevem conceitos gerais relacionados a todos os elementos da ontologia, os quais são independentes do problema ou domínio;
- Ontologias de domínio: Descrevem o vocabulário relacionado a um domínio, como, por exemplo, medicina ou automóveis;
- Ontologias de tarefa: Descrevem uma tarefa ou uma atividade, como, por exemplo, diagnósticos ou compras, mediante inserção de termos especializados na ontologia.

Abordagem	Classificação	Descrição
Uschold e Gruninger(1996) Quanto ao grau de formalismo	Altamente Informais	Expressa livremente em linguagem natural.
	Semi-informais	Expressa em linguagem natural de forma restrita e estruturada.
	Semiformais	Expressa em uma linguagem artificial definida formalmente
	Rigorosamente Formais	Os termos são definidos com semântica formal, teoremas e provas.
Van Heijst (1997) Quanto ao conteúdo	Terminológicas	Especificam termos que serão usados para representar o conhecimento em um domínio (Ex.: os léxicos)
	Informação	Especificam a estrutura de registros de bancos de dados (Ex.: esquemas de bancos de dados).
	Modelagem do Conhecimento	Especificam conceitualizações do conhecimento, têm uma estrutura interna semanticamente rica e são refinadas para uso no domínio do conhecimento que descrevem.
	Aplicação	Contêm definições necessárias para modelar o conhecimento em uma aplicação.
	Domínio	Expressam conceitualizações que são específicas para um determinado domínio do conhecimento.
	Genéricas	Similares às ontologias de domínio, mas os conceitos que as definem são considerados genéricos e comuns a vários campos.
	Representação	Explicam as conceitualizações que estão por trás dos formalismos de representação do conhecimento.
Guarino (1998) Quanto à generalidade	Ontologias de Alto-Nível	Descrevem conceitos gerais ou conhecimento do senso comum, os quais são independentes de um problema ou domínio em particular.
	Ontologias de Domínio	Disponibilizam vocabulários sobre um domínio genérico. São reutilizáveis num dado domínio específico.
	Ontologias de Tarefa	descrevem conceitos relacionados com a execução de uma tarefa ou atividade em particular. Descrevem o vocabulário relacionado com uma tarefa ou atividade genérica através da especialização dos termos presentes em ontologias de alto nível.
	Ontologias de Aplicação	Ontologias de Aplicação: descrevem conceitos dependendo de um domínio ou tarefa em particular, normalmente sendo especializações de duas ontologias. Contêm todas as definições necessárias para o modelo do conhecimento necessário para uma aplicação em particular.
Lassila e McGuinness (2001) Quanto à riqueza da estrutura interna	Vocabulários controlados	São a mais simples noções de ontologia. São constituídas, por exemplo, por uma lista de termos finita. Um exemplo típico é um catálogo.
	Glossários	São listas de termos ou significados, que normalmente são expressadas por frases em uma linguagem natural .
	Thesaurus	Fornecem uma semântica adicional entre termos. Podem fornecer, por exemplo, informação sobre uma relação sinônima. Os Thesaurus não fornecem uma estrutura hierárquica explícita.
	Hierarquias Is-a Informais	Contêm uma noção geral de generalização e fornecem especialização embora não como uma hierarquia de subclasses estrita.
	Hierarquias Is-a Formais	Organizam os conceitos de acordo com uma hierarquia de subclasses estrita.
	Frames	Incluem classes e as suas propriedades que podem ser herdadas por classes de níveis inferiores da taxonomia is-a formal.

	Restrições de Valor	Permitem a aplicação de restrições sobre os valores associados às propriedades;
	Condicionantes de Lógica Geral:	São geralmente escritas em linguagens de representação de ontologias muito expressivas, permitindo a especificação de condicionantes de Primeira Ordem Lógica sobre os conceitos e suas propriedades.
Haav e Lubi (2001) Quanto à estrutura	Ontologias de alto nível	Descrevem conceitos gerais relacionados a todos os elementos da ontologia (espaço, tempo, matéria, objeto, evento, ação, etc.) os quais são independentes do problema ou domínio.
	Ontologias de domínio	Descrevem o vocabulário relacionado a um domínio, como, por exemplo, medicina ou automóveis.
	Ontologias de tarefa	Descrevem uma tarefa ou atividade, como, por exemplo, diagnóstico ou compras, mediante inserção de termos especializados na ontologia.

Figura 2.3: Tabela comparativa de classificações.

2.1.5.6 Metodologia

Para a construção de uma ontologia existem metodologias que auxiliam nesse processo. Abaixo estão listadas algumas:

METHONTOLOGY

A metodologia METHONTOLOGY, foi proposta por Fernandez, Gómez-Pérez e Juristo (1997). Essa metodologia é utilizada para a construção de ontologias a partir de esboços de ontologias existentes e utilizam processo de reengenharia. A proposta desta metodologia é de um processo de desenvolvimento completo. As atividades a serem realizadas são: Especificação, conceitualização, formalização, integração, implementação e manutenção.

O ciclo de vida da ontologia leva em consideração a evolução de protótipos e as técnicas específicas de cada atividade. Existem atividades que são realizadas em paralelo com as demais, e ao longo de todo o processo, são elas: o controle de qualidade, a aquisição de conhecimento, a avaliação e a documentação. Essa metodologia suporta um ciclo de vida evolutivo, dividido em fases (Fernandez, Gómez-Pérez e Juristo, 1997):

- Planejamento: Planejamento de todos os processos de desenvolvimento, como: tarefas, tempo, alocação de recursos, etc.;
- Especificação: É necessário definir aonde chegar e quais os objetivos, nessa fase são estabelecidos o propósito e o âmbito da ontologia;
- Aquisição de Conhecimento Existente: Fase para aquisição de conhecimento sobre um determinado domínio. Aqui se exige também um consenso sobre o domínio em questão;
- Conceitualização: São utilizadas algumas técnicas de modelagem de conhecimento;
- Formalização: O modelo conceitual deve ser transformado em um modelo formal, essa transformação é baseada em sistemas baseados em frames ou de representação lógica descritiva;
- Integração: Deve ser visada a reutilização da ontologia;

- **Processamento:** O processamento da ontologia em um computador está diretamente relacionado a uma linguagem de implementação formal processável;
- **Avaliação:** Nessa fase a ontologia é avaliada afim de eliminar quaisquer discrepâncias e definições erradas;
- **Documentação:** A documentação da ontologia é recomendada para facilitar uma posterior reutilização e modificação da ontologia;
- **Manutenção:** A ontologia depois desenvolvida deve estar em constante atualização, com o intuito de não ficar obsoleta.

A fase de conceitualização, por se tratar de uma fase complexa é subdividida em tarefas específicas. A primeira tarefa é a de construção de um “Glossário de Termos” completo. Os termos incluem nomes, verbos, conceitos, instâncias, propriedades, etc. Em seguida deve-se reunir todas as informações potencialmente úteis sobre os conceitos e os seus significados para depois agrupar como conceitos ou verbos os termos selecionados no “Glossário de Termos”. Para cada conjunto de conceitos estritamente relacionados, deve-se construir uma “Árvore de Classificação de Conceitos” e um “Diagrama de Verbos” para os verbos relacionados.

Também deve ser elaborado um “Dicionário de Dados” para a seleção de todos os conceitos e suas definições, significados, atributos, instâncias, etc.; uma “Tabela de Atributos de Instância” para fornecer informação sobre os atributos e seus valores; uma “Tabela de Atributos de Classe” para capturar os conceitos, mas não as suas instâncias; uma “Tabela de Instâncias” para capturar as instâncias; e várias “Árvores de Classificação de Atributos” que graficamente apresentam atributos e constantes tais como as suas respectivas seqüências de inferência e seqüências de fórmulas para serem executadas e assim por diante.

Similarmente, o conjunto de “Diagramas de Verbos” inclui um “Dicionário de Verbos” para a expressão do significado dos verbos de uma forma declarativa; uma “Tabela de Condições” para especificar o conjunto de condições para serem satisfeitos (tipo pré-condições para ações); uma “Tabela de Fórmulas” e uma “Tabela de Regras” para a fórmula e a regra de descrição.

Uschold e King

A metodologia Uschold e King é baseada na experiência de construção da Enterprise Ontology, e são propostas cinco etapas, listadas a seguir (Pérez, 1999):

- Identificação da finalidade e do âmbito da ontologia;
- Construção da ontologia capturando conhecimentos, codificando conhecimentos e integrando esses conhecimentos às ontologias existentes;
- Avaliação da ontologia;
- Documentação da ontologia;
- Orientações para cada fase.

Metodologia UPON

Outra metodologia de desenvolvimento de ontologias citada na literatura é a UPON (Unified Process for ONtology building) e foi proposta por Nikola e Missikoff (2005). O método é apoiado no “Rational Unified Process” da IBM e utiliza o UML.

O método UPON é composto por ciclos, fases, iterações e workflows. Os ciclos são constituídos por quatro fases: absorção, elaboração, construção e transição. Algumas funcionalidades importantes da UPON são:

- Orientada aos casos de uso: O primeiro input é a criação de cenários e casos de uso do domínio do discurso;
- Iterativa: As diferentes fases da metodologia de desenvolvimento são seguidas iterativamente, começando a partir dos detalhes em brutos, refinando até se obter os aspectos específicos do domínio;
- Incremental: A ontologia pode gradualmente crescer tornando-a flexível para acomodar novas informações recolhidas a partir de novos cenários.

O UPON segue o princípio do “processo unificado”, e se divide nas seguintes fases:

- Absorção: Nessa primeira fase é exigida a captura de conceitos e uma modelagem dos casos de uso;
- Elaboração: Aqui é feita uma análise dos requisitos e são identificados os conceitos fundamentais;
- Construção: Na construção o “esqueleto” da ontologia deve ser concebido. As sucessivas iterações das três primeiras fases levarão ao refinamento e a uma versão mais estável da última versão da ontologia;
- Transição: A ontologia passa por um teste rigoroso, é feita a documentação e finalmente está pronta para a utilização.

Metodologia O4IS

A metodologia O4IS (Ontology for Information Systems) foi proposta por Kabilan (2007). Esse método é orientado a desenvolvimento de ontologias, tendo como alvo os desenvolvedores, com pouca ou nenhuma experiência anterior na definição e desenvolvimento de ontologias. A O4IS consiste basicamente em dez etapas, relacionadas a seguir:

- Estabelecer o escopo do domínio;
- Estabelecer os usuários alvo, as aplicações, e os requisitos funcionais;
- Escolher a arquitetura da ontologia: física e lógica;
- Escolher a abordagem para o desenvolvimento da ontologia;
- Escolher o nível de representação da ontologia;
- Escolher os métodos e ferramentas de aquisição de conhecimento;
- Análise do conhecimento: conceitualizar a ontologia de domínio;

- Representação do conhecimento: implementar a ontologia de domínio;
- Avaliar e verificar a ontologia de domínio;
- Utilizar e manter a ontologia de domínio.

TOVE

A metodologia TOVE (Toronto Virtual Enterprise) foi proposta por Fox e Gruninger (1998) e tem por princípios a representação computacional de estruturas, atividades, processos, informações, regras sobre negócios, regras sobre governos e outras informações de outras organizações. As fases são capturar cenários de motivação, formular questões de competência informal, Terminologia Formal, formular questões em FOL, especificar axiomas e avaliar a ontologia.

CYC

Esse método codifica manualmente o conhecimento implícito e explícito das diferentes fontes, e, quando já se tem conhecimento suficiente na ontologia, um novo consenso pode ser obtido por ferramentas que utilizam linguagem natural (Lenat e Guha, 1990).

On-To-Knowledge

Essa metodologia desenvolvida por Staab (2001) auxilia a administração de conceitos em organizações, identificando metas para as ferramentas da gestão de conhecimento e utilizando cenários e contribuições dos provedores/clientes de informação da organização. As fases dessa metodologia são: requisitos da ontologia são capturados e especificados, questões de competência são identificadas, ontologias potencialmente reusadas são estudadas e uma versão prévia da ontologia é construída.

Sensus

O método Sensus, definido por Swartout (1996), baseia-se na construção taxionômica de terminologias com 70.000 nós, onde o conhecimento adicional pode ser colocado em *Framework*. É também uma reorganização e extensão do *WordNet*, projeto da universidade de Princeton. Constrói ontologias a partir de outras ontologias, identificando os termos relevantes para o domínio e ligando-os à ontologia mais abrangente. Um algoritmo monta a estrutura hierárquica do domínio.

Método 101

A metodologia Método 101 foi proposta e desenvolvida por Noy and McGuinness (2001). Essa metodologia é baseada em um roteiro e segue alguns tópicos no decorrer do desenvolvimento da ontologia, levando em consideração que não existe apenas uma forma ou metodologia correta para a construção da ontologia.

O método 101 parte de uma versão inicial da ontologia, que será revisada e refinada durante o processo. Ao longo do processo são discutidas questões gerais do possível processo de desenvolvimento e utiliza uma abordagem iterativa. Existem

algumas regras que são consideradas fundamentais na elaboração de uma ontologia (NOY and MCGUINNESS, 2001):

- de que não existe apenas uma forma correta de modelar um domínio, sempre há alternativas viáveis; a melhor solução quase sempre depende da aplicação e das extensões que se deseja;
- o desenvolvimento de uma ontologia é necessariamente um processo iterativo;
- os conceitos devem estar ligados a objetos (físicos ou lógicos) e relacionamentos em seu domínio de interesse; em geral são substantivos(objetos) ou verbos (relacionamentos) em sentenças que descrevem seu domínio.

Uma ontologia é um modelo do mundo real e os seus conceitos devem refletir essa realidade. Quanto sua metodologia sete passos devem ser seguidos (NOY and MCGUINNESS, 2001):

- a. Determinar o domínio e escopo da ontologia: Para essa delimitação, algumas questões básicas podem ser formuladas:
 - Qual o domínio está inserido a ontologia?
 - Qual será o uso da ontologia?
 - Para que tipos de perguntas a ontologia deverá fornecer respostas?
 - Quem vai utilizar e manter a ontologia?
- b. Considerar o reuso de ontologias existentes: a reutilização de ontologias existentes, tanto para adaptações, quanto como apoio para a construção de uma nova é de grande importância;
- c. Enumerar os termos importantes da ontologia: é necessário que todos os termos importantes da ontologia sejam enumerados, assim como suas propriedades básicas, assim o desenvolvedor terá uma noção ampla do domínio de conhecimento;
- d. Definir classes e a hierarquia de classes: nesse passo é fundamental que sejam definidas as superclasses e as subclasses, definindo assim quais as classes possuem hierarquia com outras determinadas;
- e. Definir as propriedades das classes: nessa etapa as classes criadas anteriormente devem ser estruturadas internamente levando em consideração as propriedades próprias de cada classe e que podem passar para subclasses pela hierarquização;
- f. Definir os valores das propriedades: as propriedades podem ser valoradas por uma grandeza, atribuindo assim um valor específico a determinada propriedade; uma propriedade pode ter

como tipo um valor que é uma instância, cujo escopo é uma classe específica; na linguagem OWL, por exemplo, é permitido utilizar tipos de dados no preenchimento de valores de propriedades. São vários os tipos de dados, dentre eles estão: números, booleanos, listas enumeradas de elementos e cadeia de caracteres.

- g. Criar instâncias: nesse último passo são criadas as instâncias individuais das classes na hierarquia. Essa instanciação é feita dessa forma: primeiro se escolhe uma classe, depois se cria uma instância dessa classe e por fim preenchem-se os valores dos slots.

2.1.5.7 Ferramentas

Diversas ferramentas são encontradas na literatura e oferecem apoio ao desenvolvedor na tarefa de construção da ontologia. Algumas das mais importantes serão retratadas abaixo:

Ontolíngua

O Ontolíngua possibilita que várias pessoas naveguem, criem, editem, compartilhem e reusen ontologias armazenadas em um servidor de ontologias (FARQUHAR, FIKES e RICE, 1996). O laboratório Knowledge Systems, da Universidade de Stanford, desenvolveu o sistema no início dos anos 90. O acesso ao editor de ontologias, baseado em Frames, tem uma interface por meio da Web. Implementa a troca de conhecimento em redes expresso em Frames de forma otimizada, ou mandando e recebendo conhecimento das bases através da linguagem KIF. A representação é ambígua e simples, desde que sempre definida por uma série de axiomas KIF. O Frame da ontologia define o vocabulário da linguagem de apresentação.

WebOnto

Essa ferramenta é baseada em Web para visualização, navegação e desenvolvimento de ontologias e modelos de conhecimento especificados em OCML (DOMINGUE, 1999). Foi desenvolvido pelo Instituto Knowledge Media na Open University como parte de um projeto de pesquisas Européias no final dos anos 90. WebOnto é simplesmente um cliente Java conectado em um servidor web customizado. Adota o modelo do conhecimento do OCML e diferencia entre domínios, tarefas, métodos de resolução de problemas e aplicações.

WebODE

O WebODE é um workbench escalável para a engenharia ontológica com uso no ambiente Web (ARPÍREZ, 2001). O grupo Ontology e o Knowledge Reuse Group, da Universidade Técnica de Madrid, desenvolveram o WebODE workbench. Possui uma

arquitetura de três camadas comumente encontrada em aplicações Web, camada de dados, camada da lógica do negócio e a camada de interface com o usuário. As principais construções do modelo do conhecimento de WebODE são: conceitos, grupos dos conceitos, relações, constantes e instanciações.

OntoEdit

OntoEdit é um ambiente de desenvolvimento para projeto e manutenção de ontologias, criado pelo Knowledge Management Group da Universidade de Karlsruhe. Suporta o desenvolvimento em várias línguas e o modelo do conhecimento é relacionado com as linguagens baseadas em frames (MAEDCHE, 2000).

OilEd

O OilEd é uma ferramenta de desenvolvimento para a ontologia baseada na linguagem OIL. Integra o sistema raciocinador FaCT (Fast Classification of Terminologies) e estende o poder expressivo de outras ferramentas baseadas em Frames. Seu elemento principal é usar raciocínios para verificar a consistência dos conceitos na ontologia e inferir sobre associações implícitas. As funcionalidades mais interessantes do FaCT são sua lógica expressiva, sua implementação otimizada do tableaux e sua arquitetura cliente-servidor (BECHHOFER, 2001).

Protégé

A ferramenta Protégé é um dos softwares mais utilizados para a construção de ontologia, essa ferramenta foi desenvolvida pela Universidade de Stanford. O Protégé é gratuito e open source, e é apoiado por uma grande comunidade de usuários ativos. Ela tem sido usada por especialistas em domínios como a medicina e a fabricação, para a modelagem de domínio e para a construção de sistemas de base de conhecimento (BREITMAN, 2005).

O Protégé é um sistema integrado com plataforma independente para o desenvolvimento e manutenção de sistemas baseados em conhecimento. Foi desenvolvido pela Stanford Medical Informatics. O Protégé tem um modelo baseado em frames para representação do conhecimento, completamente compatível com o protocolo OKBC (OpenKnowledge-Base Connectivity), permitindo a interoperabilidade com outros sistemas de representação de conhecimento (NOY, 2000).

Além da modelagem do conhecimento pela definição de classes organizadas hierarquicamente e de suas relações entre elas, o Protégé oferece uma interface de introdução de dados, instâncias, específicos para a criação de uma base de dados. Essa ferramenta modela aspectos genéricos como tipos, e também podem ser registradas instâncias específicas das classes finais.

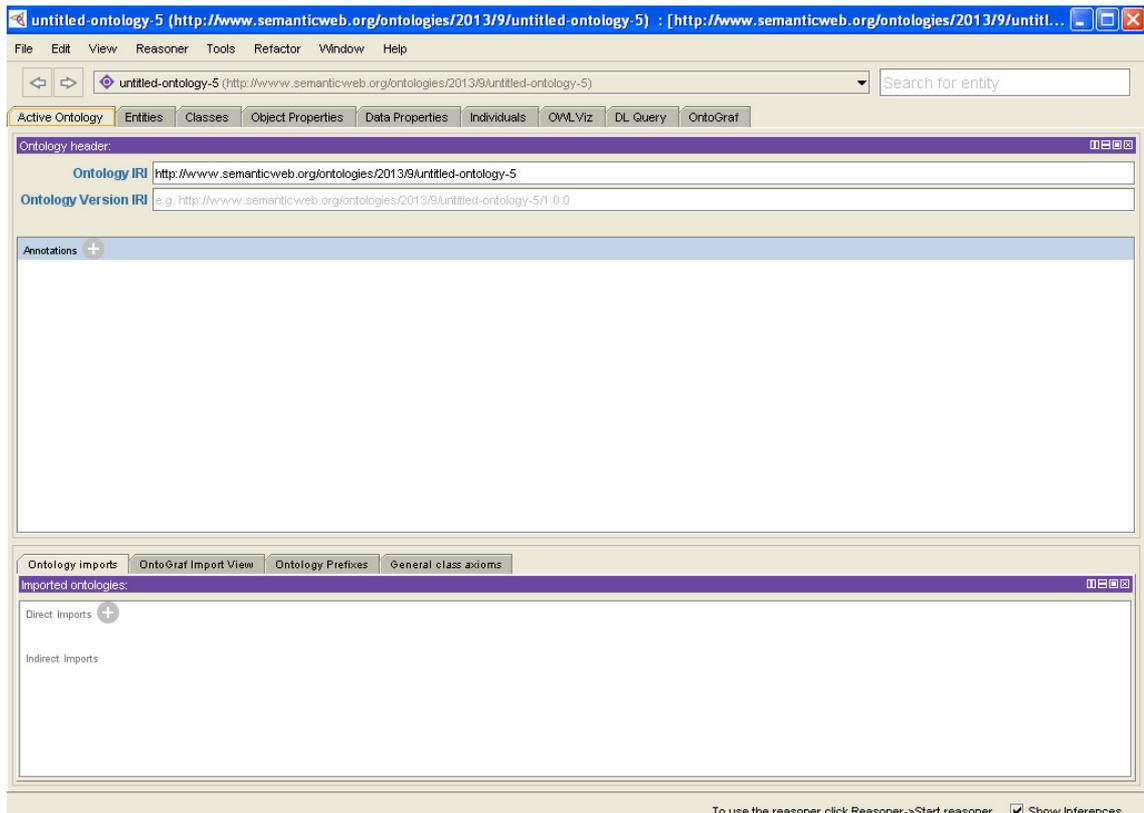


Figura 2.4: Tela inicial do Protégé. Fonte: (Protégé, v. 4.3.0).

2.1.5.8 Linguagens

Assim como metodologias e ferramentas, a literatura cita uma grande quantidade de linguagens que podem ser utilizadas para a implementação de ontologias. Almeida e Bax (2003) citam a divisão das linguagens em dois grupos distintos:

Linguagens Clássicas ou tradicionais, nas quais se incluem as linguagens de Lógica Descritiva, Frames, e Lógica de Primeira Ordem. Alguns exemplos são: LOOM, CycL, Ontolingua, OCML, Flogic, KIF e OKBC.

Linguagens Markup, que são linguagens Web standard ou baseadas nestas. Alguns exemplos para representação de ontologias são: SHOE, XOL, RDF, OIL, DAML+OIL e OWL.

XML (eXtensible Markup Language)

O XML é um subtipo da linguagem SGML (Standard Generalized Markup Language). O objetivo do XML é possibilitar a linguagem SGML genérica de ser disponibilizada e processada na Web. A linguagem XML foi desenvolvida para simplificar a implementação e para a interoperabilidade entre ambas as linguagens HTML e SGML (BRAY, 2004).

RDF (Resource Description Framework)

A linguagem RDF foi desenvolvida pelo W3C (World Wide Web Consortium) como linguagem para processar metadados. Esta linguagem oferece interoperabilidade entre aplicações, que transaciona informação interpretável pelos computadores na Web. O RDF enfatiza as facilidades necessárias para permitir um processamento automático dos recursos da Web (LASSILA, 1999).

RDF Schema

O RDF Schema é uma linguagem que, tal como no RDF, foi desenvolvida pelo W3C e que é especificada em termos a partir do modelo de informação do RDF básico (BRICKLEY e GUHA, 2002).

RDF(S)

O RDF(S) é uma combinação do RDF e do RDF Schema. É altamente expressiva visto que permite a representação de conceitos, taxonomias dos conceitos e relações binárias. Um mecanismo de inferência foi criado para ser utilizado com a linguagem, principalmente para verificar restrições (BRICKLEY e GUHA, 2002).

OIL (Ontology Inference Layer)

O OIL é uma proposta para representação Web e uma camada de inferência para ontologias, combinando as largamente utilizadas primitivas da modelagem das linguagens baseadas em Frames. A linguagem OIL é compatível com o RDF Schema e inclui semânticas precisas para a descrição do significado dos termos (FENSEL, 2000).

DAML+OIL

O DAML+OIL é uma versão atualizada da linguagem DAML que fornece um importante conjunto de construtores para a criação de ontologias e de geração de informação que pode ser lida e interpretável pelos computadores (HORROCKS, 2002).

OWL (Web Ontology Language)

O OWL é uma recomendação W3C destinada a ser utilizada quando a informação encapsulada em documentos precisa ser automaticamente processada por aplicações bem como humanos. Esta linguagem pode ser utilizada para representar explicitamente o significado dos termos e as relações entre termos. A linguagem OWL é mais expressiva que o XML, RDF e RDF(S), e apresenta facilidades adicionais para a representação de conteúdo da Web interpretável por computador. A linguagem OWL é uma revisão da linguagem DAML+OIL (MCGUINNESS, 2004).

O padrão mais recente de linguagens para ontologias é o OWL, desenvolvido no âmbito do W3C-World Wide Web Consortium. O Protege-OWL possui um conjunto de operadores (por exemplo, AND, OR e NOT) e é baseado em um modelo lógico que torna possível definir conceitos da forma como são descritos (HORRIDGE, 2004).

Conceitos complexos podem ser constituídos a partir de definições de conceitos simples. Além disso, o modelo lógico permite a utilização de um Mecanismo de Inferência(MI), o qual pode verificar se as declarações e as definições da ontologia são mutuamente consistentes e reconhecer se conceitos são adequados a definições. O MI pode, portanto, ajudar a manter a hierarquia, o que é útil quando existem casos em que uma classe tem mais de um pai.

As ontologias OWL podem ser classificadas em três espécies, de acordo com a sub-linguagem utilizada:

- OWL-Lite;
- OWL-DL;
- OWL-Full.

A característica principal de cada sub-linguagem é a sua expressividade: a OWL-Lite é a menos expressiva; a OWL-Full é a mais expressiva; a expressividade da OWL-DL está entre a OWL-Lite e a OWL-Full.

A OWL-Lite é a sub-linguagem sintaticamente mais simples. Destina-se a situações em que apenas são necessárias restrições e uma hierarquia de classe simples. Por exemplo, o OWL-Lite pode fornecer uma forma de migração para tesouros existentes, bem como de outras hierarquias simples.

A OWL-DL é mais expressiva que a OWL-Lite e baseia-se em lógica descritiva, um fragmento de lógica de primeira ordem, passível portanto de raciocínio automático. É possível assim computar automaticamente a hierarquia de classes e verificar inconsistências na ontologia.

A OWL-Full é a sub-linguagem OWL mais expressiva. Destina-se a situações onde alta expressividade é mais importante para garantir a decidibilidade ou completude da linguagem. Não é possível efetuar inferências em ontologias OWL-Full.

2.2 Modelagem de Dados

Modelo é uma representação abstrata e simplificada do mundo real por meio do qual se pode explicar ou testar o seu comportamento, em seu todo ou em partes. Os modelos de dados são representações de uma determinada realidade através da utilização de algumas regras e símbolos. Sendo então basicamente a abstração do mundo real (COUGO, 1997).

Os objetivos dos modelos de dados são (COUGO, 1997):

- Representar um ambiente observado;
- Servir de instrumento para comunicação;
- Favorecer o processo de verificação e validação;
- Capturar aspectos de relacionamentos entre os objetos observados;
- Servir como referencial para a geração de estruturas de dados;
- Estabelecer conceitos únicos a partir de várias visões.

Para que o trabalho de modelagem seja realizado com sucesso é necessário que alguns pontos sejam definidos antes do trabalho de modelagem propriamente dito, esses pontos que devem ser definidos previamente são: Abrangência, nível de detalhamento, tempo para a produção do modelo e recursos disponíveis (COUGO, 1997).

Depois de destacados os objetivos e os pontos que devem ser definidos antes da modelagem, devem ser citados os passos a serem seguidos para enfim realizar a modelagem de dados (COUGO, 1997):

- Observação dos objetos: De acordo com a definição de abrangência e de detalhamento;
- O entendimento dos conceitos: Para que um objeto possa ser representado no modelo ele deve ser primeiramente: Identificado, conceituado, entendido e assimilado.
- A representação dos objetos: Após a identificação dos objetos, suas características, relacionamentos e comportamentos, aplica-se a técnica de modelagem; Obs.: O domínio das técnicas de modelagem é necessário, mas não é suficiente para se produzir bons modelos.
- A verificação de fidelidade e coerência: Verificar se o modelo gerado representa de forma fiel e coerente o que foi levantado anteriormente. Caso existam falhas ou anomalias, verificar se estas se derivam por conceitos mal formados, pontos de vistas equivocados, falha na concepção ou aplicação errada de técnica de representação;
- Validação: Procure criticar e ser o mais rigoroso possível com o seu modelo. Os usuários envolvidos no processo precisam ter conhecimento das técnicas de modelagem de dados, para poderem ajudar na validação.

Outro fator determinante para o sucesso da modelagem de dados é a definição do nível de modelagem. De acordo com esse fator a modelagem pode ser dividida em 3 níveis: Modelo Conceitual de Dados (MCD), Modelo Lógico de Dados (MLD) e Modelo Físico de Dados (MFD) (COUGO, 1997).

O Modelo Conceitual de Dados (MCD) é aquele em que os objetos, suas características e relacionamentos têm a representação fiel ao ambiente observado, independentemente de quaisquer limitações impostas por tecnologias, técnicas de implementação ou dispositivos físicos. Separa o problema de modelagem do problema de implementação do modelo em um tipo de SGBD específico. Permite abstrair e compreender melhor o ambiente observado.

O Modelo Lógico de Dados (MLD) é aquele em que os objetos, suas características e relacionamentos têm a representação de acordo com as regras de implementação e limitações impostos por algum tipo de tecnologia. Essa representação é independente dos dispositivos ou meios de armazenamento físico das estruturas de dados por ela definidas. Modelo relacionado ao projeto de banco de dados.

O Modelo Físico de Dados (MFD) é aquele em que a representação dos objetos é feita sob o foco do nível físico de implementação das ocorrências, ou instâncias das entidades e seus relacionamentos. O conhecimento do modo físico de implementação das estruturas de dados é ponto básico para o domínio desse tipo de modelo. Depende especificamente de cada SGBD.

Com os 3 níveis de modelagem explicitados é possível optar por um que atenda o propósito desse trabalho. O Modelo Conceitual de Dados (MCD) por levar em consideração a representação fiel do mundo real, que é justamente a proposta de investigação que foi trabalhada, foi o modelo conceitual utilizado para a modelagem de dados abordada nessa monografia.

2.2.1 Modelo Entidade –Relacionamento (MER)

Essa técnica foi criada em 1976, pelo professor Peter P. Chen, com o intuito de formalizar a representação de uma visão lógica de um determinado ambiente de informações a partir de suas entidades, relacionamentos e atributos. Esse modelo é ideal para a comunicação com usuários leigos, além de permitir a construção de Modelos mais estáveis (COUGO, 1997).

O Modelo de Entidade-Relacionamento (MER) é um modelo de alto nível baseado na percepção do mundo real, sendo representação de dados em um modelo relacional. Em sua composição esta um conjunto de objetos básicos chamados de entidades e os relacionamentos entre esses objetos.

A utilização do MER possibilita a criação de modelos na forma de diagramas (Diagrama de Entidades e Relacionamento), os quais extraem uma parcela do mundo real onde são representados e estruturados os conceitos que o ser humano possui sobre

essa parcela do mundo real. Uma entidade é um objeto que é distinguível de outro objeto por um conjunto específico de atributos, já um relacionamento é uma associação entre várias entidades (CAZARINI, 2004).

O MER apresenta como contribuições um maior grau de independência de dados que os modelos convencionais (de redes e hierárquico) e uma unificação de representação destes modelos, através do formalismo gráfico do Diagrama de Entidade-Relacionamento (DER).

2.2.2 Elementos do MER

Existem vários elementos que compõe um Modelo Entidade-Relacionamento, nesse trabalho serão evidenciados três elementos: Entidades, atributos e relacionamentos (COUGO, 1997).

As entidades são algo real ou abstrato, que podem ser percebidos no ambiente e sobre o qual interessa armazenar dados. É o conjunto de objetos ou elementos semelhantes. Obs.: As entidades são valoradas através de instâncias, elementos reais ou fictícios que são inseridos e representam as Entidades.

Os atributos são o conjunto de informações que descrevem as particularidades de uma entidade ou da associação da mesma com outra. São as características inerentes a cada objeto observado.

Os relacionamentos representam a política da empresa. Os relacionamentos descrevem um tipo específico de associação entre os conjuntos das entidades participantes, cada tipo de associação deve ser descrito por um relacionamento diferente. Os relacionamentos definem a ligação lógica entre as entidades, que é atribuída através da Cardinalidade. A cardinalidade por sua vez é classificado em:

- **1:1 (um para um):** São difíceis de serem caracterizados, pois, dependendo da visão são facilmente questionados e reconsiderados. Acontece quando, a cada instante, um elemento da entidade A tem um e somente um valor da entidade B associado a ele e vice-versa.
- **1:N (um para vários):** Acontece quando, a cada instante, um valor da entidade A possui vários valores da entidade B associado a ele e, cada elemento da entidade B possui apenas um elemento da entidade A associado a ele.
- **N:N (muitos para muitos):** Acontece quando, a cada instante, um valor da entidade A pode possuir vários valores da entidade B associado a ele e, vice-versa.

2.2.3 Diagrama DER

Para representar um MER é utilizado o Diagrama de Entidade-Relacionamento, criado também por Peter Chen. Os componentes do Diagrama de Entidade-Relacionamento são (PETER CHEN, 1976):

- Retângulos: Representam as entidades;
- Elipses: Representam os atributos;
- Losangos: Representam os relacionamentos;
- Linhas: Ligam atributos a entidades e entidades a relacionamentos

Para ilustrar a Diagrama criado por Peter Chen, a seguir está apresentado um exemplo de um DER retirado da apostila do professor Sergio Rodrigues , na figura é possível observar os elementos definidos por Chen, dando uma visão geral do Diagrama finalizado. Nesse Diagrama são definidas duas entidades, também é definido o relacionamento Exerce que interliga as duas entidades através de linhas e por fim existem os atributos de cada entidade que estão definidos por Elipses:

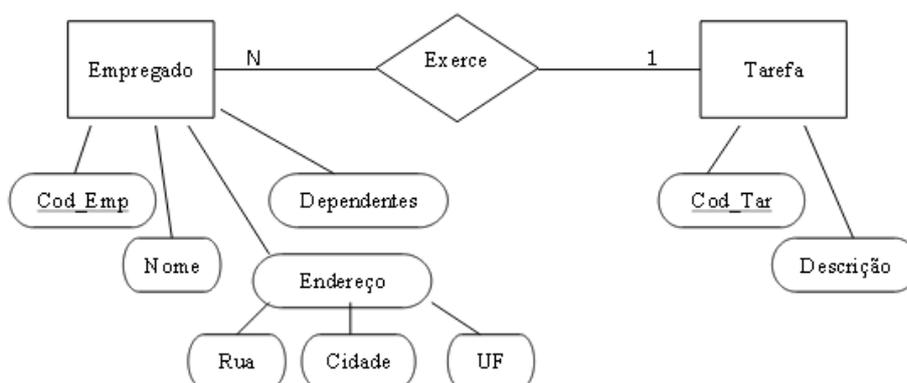


Figura 2.5: Diagrama DER. Fonte: (RODRIGUES)

O diagrama está descrito de forma mais detalhada a seguir, proporcionando uma visão mais específica de cada elemento:

Existem duas as entidades representadas pelo gráfico: Empregado e Tarefa;

Os atributos da entidade Empregado são:

- Cod_Emp (determinante - está sublinhado);
- Nome (monovalorado);
- Dependentes (multivalorado);
- Endereço (composto);
- Rua (monovalorado);
- Cidade (monovalorado);
- UF (monovalorado).

Os atributos da entidade Tarefa são:

- Cod_Tar (determinante - está sublinhado);

- Descrição (monovalorado).

O relacionamento definido entre Empregado e Tarefa possui cardinalidade 1:N (um para muitos).

Com a construção do Diagrama foi possível representar o Modelo Entidade-Relacionamento elaborado no trabalho, facilitando assim a visualização do Modelo.

2.2.4 Ferramenta de Modelagem de Dados

Existem várias ferramentas que podem auxiliar o desenvolvimento de um Diagrama de Entidade-Relacionamento, essas ferramentas são denominadas CASE (Computer Aided Software Engineering).

Uma ferramenta CASE deve ter a capacidade de edição diagramática, dicionário de dados e integração entre o diagrama ER e o dicionário de dados. A ferramenta deve também possibilitar um nível mínimo de interação entre o analista e o usuário no momento das tomadas de decisão (HEUSER, 2001).

Dentre as ferramentas que estão disponíveis uma se destaca por sua simplicidade e ao mesmo tempo por ser eficaz e confiável, a ferramenta BrModelo.

BrModelo

É uma ferramenta freeware e de código aberto para geração de modelos conceituais e lógicos de bases relacionais. A implementação dessa ferramenta é baseada na notação de Peter Chen (1976) e apresenta algumas alterações introduzidas por Heuser (2008). É considerada uma ferramenta de fácil manipulação, implementada em Bordland Delphi (Bordland Delphi), amplamente utilizada no meio acadêmico. As principais vantagens dessa ferramenta são permitir alterações estruturais no modelo diante de novas decisões do analista como, por exemplo, promover atributo a entidade. Atenção especial aos atributos, tratando de forma diferente atributos simples, compostos, multivalorados e chave e podendo ocultá-los. E oferecer dicionário de dados para cada objeto do sistema(CÂNDIDO, 2004).

Além das vantagens relatadas existem algumas desvantagens mencionadas pelo próprio autor da ferramenta, com interface de manipulação para funcionalidades extras como promoção de atributos pouco intuitiva, ausência de geração de Scripts e pouco ou nenhum suporte para Bases Objeto-Relacionais(CÂNDIDO, 2004).

Por se tratar de uma ferramenta freeware, de código aberto e de fácil manipulação, e ainda considerando que as desvantagens citadas não influenciaram negativamente na sua escolha, ela foi a ferramenta utilizada nesse trabalho.

2.3 Fundamentos Metodológicos

Metodologia da Problematização e Arco de Maguerez

Nesse trabalho foi proposta a metodologia da Problematização, com a aplicação do Arco de Maguerez (BORDENAVE e PEREIRA, 1982). A figura 4.1 ilustra o método do Arco de Maguerez e suas etapas.

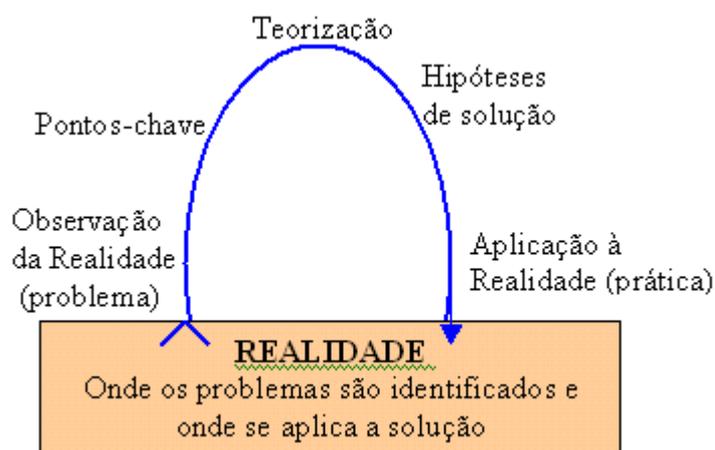


Figura 2.6: O "Método do Arco". Fonte: (BORDENAVE e PEREIRA, 1982)

As etapas desenvolvidas no contexto deste trabalho, com base no Arco de Maguerez, são:

- Observação da realidade: Tarefa de elaboração e gestão de currículos de cursos de Graduação e os elementos envolvidos diretamente nessa tarefa;
- Pontos-chave: Identificação dos atores, processos e relações;
- Teorização: Análise dos pontos identificados;
- Hipótese de solução: Proposta da construção de uma ontologia, com o auxílio da Modelagem de Dados, para auxiliar o entendimento do domínio de conhecimento da tarefa de elaboração e gestão de currículos de cursos de Graduação; e

- Aplicação à realidade: instanciação da ontologia.

Capítulo 3

O domínio de conhecimento sobre Currículos de cursos de Graduação

3.1 Cursos de Graduação

Cursos de Graduação no Brasil

O Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep) disponibiliza em seu site os Censos da Educação Superior com dados relevantes sobre os números de Instituições de Ensino Superior e o número de cursos ofertados. Sendo o Censo do ano de 2011 o mais atualizado dentre os disponibilizados até o mês de Outubro de 2013.

No ano de 2011, participaram do Censo 2.365 Instituições de Ensino Superior. Do total avaliado, 84,7% são faculdades, 8,0% são universidades, 5,6% são centros universitários e 1,7% representam a soma de institutos federais de educação, ciência e tecnologia (IFs) e de centros federais de educação tecnológica (Cefets) (CENSO, 2011).

As instituições de Ensino Superior oferecem 30.420 cursos de Graduação, sendo 29.376 (96,6%) na modalidade presencial e 1.044 (3,4%) na modalidade à distância. A maioria dos cursos ofertados está na categoria privada, que abriga 67,7% dos cursos. A categoria pública é responsável pelo restante dos cursos, os quais do total, 18,7% são ofertados em Instituições federais, 11,0% em Instituições estaduais e 2,6% em Instituições municipais.

Ainda com base no Censo 2011, observa-se que na modalidade presencial, a categoria privada é responsável pela oferta de 68,1% dos cursos de Graduação, seguida pelas categorias federal com 18,2%, estadual com 11,1%, e municipal com 2,6% restantes. Na modalidade à distância a oferta é mais equilibrada, enquanto as Instituições privadas abrigam 55,5% dos cursos de Graduação, as Instituições públicas ofertam 44,5%. Nessa modalidade à distância, as Instituições federais são responsáveis por 32,0% dos cursos de Graduação e as Instituições estaduais e municipais respondem, respectivamente, por 10,6% e 1,9% dos cursos (INEP).

Modalidade de Ensino	Total Geral		Categoria Administrativa									
			Pública								Privada	
	Total	%	Total	%	Federal	%	Estadual	%	Municipal	%	Total	%
Total	30.420	100,0	9.833	32,3	5.691	18,7	3.359	11,0	783	2,6	20.587	67,7
Presencial	29.376	100,0	9.368	31,9	5.357	18,2	3.248	11,1	763	2,6	20.008	68,1
a Distância	1.044	100,0	465	44,5	334	32,0	111	10,6	20	1,9	579	55,5

Tabela 3.1 – Número de cursos de Graduação por Categoria Administrativa.
Fonte: Mec/Inep

Supervisão e Regulamentação dos Cursos de Graduação

De acordo com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, Lei nº 9.394, a União tem a incumbência de regulamentar os cursos de Graduação existentes no País. No Art. 9º, inciso IX, da Lei são estabelecidas as competências da União em relação à educação nacional (Lei nº 9.394):

“IX - autorizar, reconhecer, credenciar, supervisionar e avaliar, respectivamente, os cursos das instituições de educação superior e os estabelecimentos do seu sistema de ensino.”

Ainda no Art.9º, inciso IX, o parágrafo primeiro define que haverá um órgão responsável por funções normativas e de supervisão, o Conselho Nacional de Educação, e que será criado por uma lei específica, como transcrito abaixo:

“§ 1º Na estrutura educacional, haverá um Conselho Nacional de Educação, com funções normativas e de supervisão e atividade permanente, criado por lei.”

A lei responsável pela criação e definição das atribuições do Conselho Nacional de Educação é a Lei nº 9.131. Nesta Lei é definida a composição do Conselho assim como as suas competências.

O CNE, até aqui mencionado como Conselho Nacional de Educação, é composto por uma Câmara de Educação Superior, como destacado do Art. 7º (Lei nº 9131):

“Art. 7º O Conselho Nacional de Educação, composto pelas Câmaras de Educação Básica e de Educação Superior, terá atribuições normativas, deliberativas e de assessoramento ao Ministro de Estado da Educação e do Desporto, de forma a assegurar a participação da sociedade no aperfeiçoamento da educação nacional.”

A Câmara de Educação Superior tem suas competências explicitadas no Art. 9º, parágrafo segundo (Lei nº 9131):

“ a) analisar e emitir parecer sobre os resultados dos processos de avaliação da educação superior;

b) oferecer sugestões para a elaboração do Plano Nacional de Educação e acompanhar sua execução, no âmbito de sua atuação;

c) deliberar sobre as diretrizes curriculares propostas pelo Ministério da Educação e do Desporto, para os cursos de Graduação;

d) deliberar sobre os relatórios encaminhados pelo Ministério da Educação e do Desporto sobre o reconhecimento de cursos e habilitações oferecidos por instituições de Ensino Superior, assim como sobre autorização prévia daqueles oferecidos por instituições não universitárias;

e) deliberar sobre a autorização, o credenciamento e o recredenciamento periódico de instituições de educação superior, inclusive de universidades, com base em relatórios e avaliações apresentados pelo Ministério da Educação e do Desporto;

f) deliberar sobre os estatutos das universidades e o regimento das demais instituições de educação superior que fazem parte do sistema federal de ensino;

g) deliberar sobre os relatórios para reconhecimento periódico de cursos de mestrado e doutorado, elaborados pelo Ministério da Educação e do Desporto, com base na avaliação dos cursos;

h) analisar questões relativas à aplicação da legislação referente à educação superior;

i) assessorar o Ministro de Estado da Educação e do Desporto nos assuntos relativos à educação superior.”

Como destacado na alínea “c” acima, o CNE, por meio de sua Câmara de Ensino Superior, é responsável por deliberar sobre as diretrizes curriculares propostas pelo Ministério da Educação e do Desporto, para os cursos de Graduação. Essa deliberação é feita através de Resoluções e Pareceres aprovados e homologados pela Câmara. Esses Pareceres e Resoluções norteiam a elaboração e gestão dos Currículos dos Cursos de Graduação.

Atividade de elaboração e gestão de currículos dos Cursos de Graduação

As Universidades têm as suas atribuições, atividades de elaboração e gestão de currículos, asseguradas no Art. 53, incisos I e II, da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei nº 9131):

“I - Criar, organizar e extinguir, em sua sede, cursos e programas de educação superior previstos nesta Lei, obedecendo às normas gerais da União e, quando for o caso, do respectivo sistema de ensino; (Regulamento)

II - fixar os currículos dos seus cursos e programas, observadas as diretrizes gerais pertinentes;”

Assim os gestores das Instituições de Educação Superior têm a autonomia garantida em lei para elaboração de currículos para novos cursos e gestão de currículos de cursos existentes.

3.2 Pareceres e Resoluções do Conselho Nacional de Educação

As Diretrizes Curriculares que norteiam os Currículos dos cursos de Graduação são deliberadas pelo CNE, como tratado na introdução, através de Pareceres e Resoluções elaborados e aprovados pela Câmara de Ensino Superior. Toda essa documentação está disponível no site do Ministério da Educação, nas publicações do CNE. Na figura 3.2 está a tela do site do MEC, com as informações disponíveis.



Figura 3.2: Tela do site do MEC.

Todas as informações referentes às diretrizes curriculares dos Cursos de Graduação, e os Pareceres e Resoluções do CNE utilizados para a Modelagem de Dados (seção 4.2 e 4.3) e a construção da ontologia (seção 4.4) foram retirados do site do MEC.

3.3 Currículos dos cursos de Graduação

As Diretrizes Curriculares definem a estrutura básica dos Currículos, dando certa liberdade aos Gestores em sua tarefa de elaboração de Currículos. Cada Instituição de Ensino Superior deve exercitar seu potencial criativo e inovador na elaboração de seu Currículo, a partir da definição dos elementos básicos realizada pelas Diretrizes Curriculares. O Currículo é baseado em um Projeto Pedagógico que explicita como tópicos fixos:

- Perfil dos Egressos: Perfil que o profissional deverá ter com a conclusão do curso;
- Competências: Competências que o profissional deve adquirir com a conclusão do curso;
- Habilidades: habilidades que o profissional deve adquirir com a conclusão do curso;
- Atitudes: Atitudes que o profissional deve adquirir com a conclusão do curso;
- Conteúdos Curriculares: Os conteúdos curriculares são propostos pelas Diretrizes, assim a Instituição pode selecionar de acordo com sua preferência dentre as oferecidas;
- Organização do Curso: A coexistência de relações entre teoria e prática que permitirá o egresso adaptar-se, com visão crítica, às novas situações de sua área de formação. As condições para a efetiva conclusão do curso. A duração fixada do curso e o regime acadêmico a ser adotado (seriado anual, seriado semestral e sistema de créditos com matrícula por disciplina ou por módulos acadêmicos, ou outras possibilidades).
- Estágio Supervisionado: Concepção e composição das atividades de Estágio Curricular Supervisionado;
- Trabalho de Curso: Regulamentação das atividades relacionadas com Trabalho de Curso;
- Atividades Complementares: Concepção, composição e regulamentação das Atividades Complementares;
- Acompanhamento: Acompanhamento do curso;
- Avaliação: A avaliação do processo de ensino-aprendizagem.

Além disso, são explicitados tópicos variáveis, que dependem do curso analisado:

- Requisitos: Os requisitos para a obtenção do diploma;
- Concepção: Concepção do curso;
- Justificativa: Justificativa do curso;
- Objetivos Gerais: Objetivos gerais do curso;
- Objetivos Específicos: Objetivos específicos do curso;
- Condições objetivas de oferta do curso;
- Vocação do curso;
- Formas de realização da interdisciplinaridade;
- Modos de integração entre teoria e prática;

- Formas de avaliação e acompanhamento do ensino, da aprendizagem e do curso;
- Modos da integração entre graduação e pós-graduação, quando houver;
- Incentivo à pesquisa, como instrumento para as atividades de ensino e de iniciação científica;
- Incentivo à extensão, de forma articulada com o ensino e a pesquisa;

Os Pareceres e Resoluções específicos da Câmara de Ensino Superior associam:

- Carga Horária: A carga horária do curso;
- Duração do Curso: Duração do curso;
- Integralização: Tempo de integralização do curso;

As informações levantadas até aqui foram utilizadas para a Modelagem de Dados (Seção 4.2 e 4.3) e a construção da ontologia (Seção 4.4) proposta neste trabalho.

Capítulo 4

Método Proposto

4.1 Modelo Conceitual

Para representar de forma eficiente o domínio de conhecimento é importante conhecer o contexto dos dados. Diferentes graus de semântica podem ser alcançados dependendo da abordagem, os modelos, ou métodos utilizados para adicionar semântica aos termos (CORCHO, 2007).

Dentre os modelos destacados na fundamentação teórica, a ontologia é uma representação com semântica (figura 4.1), ou seja, a mais completa, pois soma as características das outras representações.

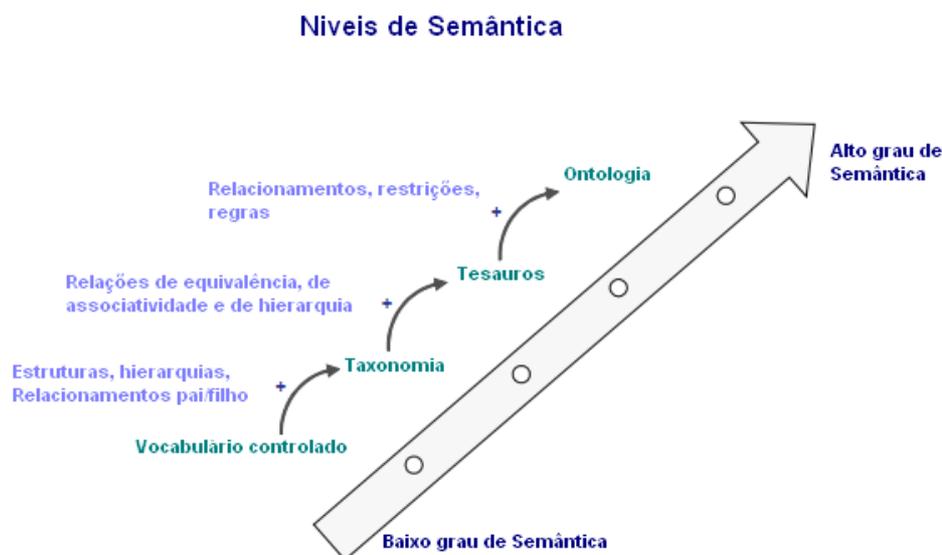


Figura 4.1: Níveis de Semântica. Fonte: (CORCHO, 2007)

As ontologias são classificadas de acordo com diferentes critérios, assim uma ontologia pode ter classificações distintas dependendo do critério utilizado pelo autor. A ontologia proposta por esse trabalho adotou as seguintes classificações: quanto ao grau de formalismo (Uschold e Gruninger, 1996) é classificada como rigorosamente forma, já que os termos são definidos com semântica formal, teoremas e provas; quanto ao conteúdo (Van Heijst, 1997) é classificada como de domínio, pois expressam conceitualizações que são específicas para um determinado domínio do conhecimento, que no caso é o domínio dos Currículos de cursos de Graduação; quanto à generalidade (Guarino, 1998) é classificada como de domínio, já que disponibilizam vocabulários sobre um domínio genérico e são reutilizáveis num dado domínio específico; quanto a

riqueza da estrutura interna (Lassila e McGuinness, 2001) é classificada como Condicionantes de Lógica Geral, já que são escritas em linguagens de representação de ontologias muito expressivas, permitindo a especificação de condicionantes de Primeira Ordem Lógica sobre os conceitos e suas propriedades; e por fim quanto à estrutura (Haav e Lubi, 2001) é classificada como de domínio, já que descrevem o vocabulário relacionado a um domínio, o de Currículos de cursos de Graduação.

Para a construção da ontologia várias metodologias são explicitadas na fundamentação teórica. Dentre as Metodologias apresentadas três se destacam por terem suas etapas bem definidas e por se demonstrarem fáceis de serem aplicadas, a METHONTOLOGY, a Metodologia O4IS e o Método 101. A metodologia METHONTOLOGY é indicada para o desenvolvimento de ontologias existentes, logo não se encaixou na proposta desse trabalho.

A Metodologia O4IS, assim como o Método 101, possui as etapas bem definidas e é indicada para pessoas que estão tendo o primeiro contato com ontologias. O fator determinante para a escolha do Método 101 foi que suas etapas possuem mais didática, além de serem compatíveis com a ferramenta utilizada, assim considerada a melhor opção para implementação desse trabalho.

A ferramenta utilizada nesse trabalho foi o Protégé escolhida por ser utilizada com diversas vantagens como fácil aprendizado para pessoas iniciantes em ontologias e por ser uma ferramenta gratuita e open source, garantindo assim um fácil acesso.

As linguagens utilizadas para as representações das ontologias estão divididas em dois grupos. O primeiro grupo de linguagens é mais complexo e não é indicado, já no segundo grupo a linguagem que possibilita uma descrição mais completa é o OWL como ilustrado na figura 4.2, assim foi a linguagem escolhida para a construção da ontologia nesse trabalho.

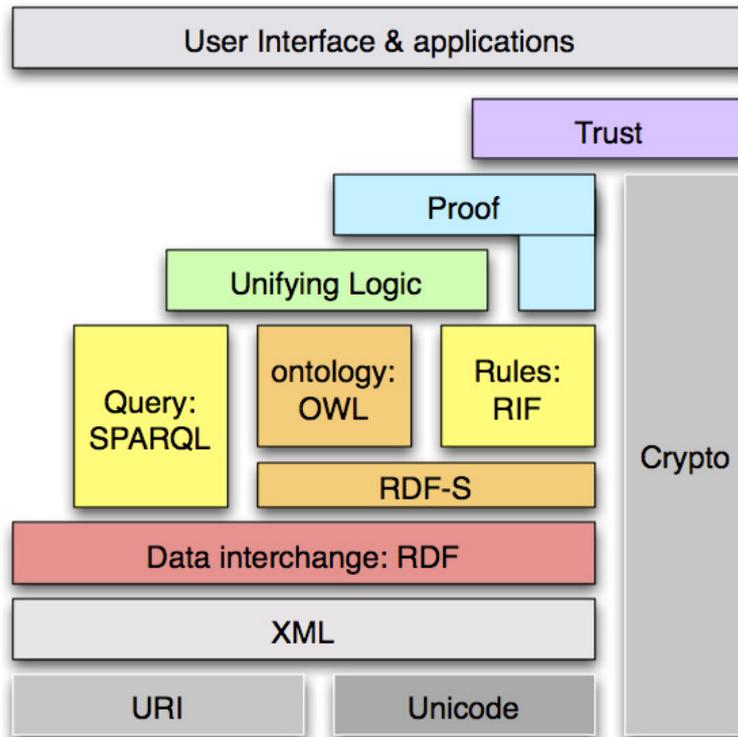


Figura 4.2: Linguagens. Fonte: (W3C)

4.2 Aplicação da Modelagem de Dados

A Modelagem de Dados nesse trabalho serviu de base para a elaboração da ontologia. Com a Modelagem foram colhidos os conceitos básicos dos Currículos dos cursos de Graduação, da tarefa de elaboração e gestão de currículos e do processo de deliberação e supervisão por parte do CNE e do MEC. Com o levantamento de tais conceitos foi possível, com a utilização do Modelo de Entidade-Relacionamento, definir as entidades, os atributos e as relações existentes entre as entidades.

A representação gráfica foi feita por meio do Diagrama de Entidade-Relacionamento, com o auxílio da ferramenta CASE BrModelo, assim foi possível estabelecer uma base mais confiável e sólida para a posterior construção da ontologia.

Primeiramente foram seguidos os pontos destacados por Cougo (1997):

- **Abrangência:** Os elementos da proposição das Diretrizes Curriculares pelo MEC, das deliberações e supervisões do CNE, da formulação dos currículos pelas Instituições de Ensino Superior, dos cursos de Graduação e dos próprios currículos foram representados.
- **Nível de detalhamento:** Nível intermediário de detalhamento, afinal a Modelagem foi uma primeira visão para a produção da ontologia, mas não é o objetivo primário desse trabalho.

- Tempo para a produção do modelo: O tempo foi estimado em horas trabalhadas, 10 horas para fundamentação teórica e 10 horas para a construção do MER e do DER.
- Recursos disponíveis: Foram utilizados fundamentos teóricos encontrados na literatura. Os dados foram colhidos do site do MEC, citado na fundamentação teórica, e foi utilizado a ferramenta CASE BrModelo para a produção do DER.

4.3 Etapas do processo de Modelagem de Dados

1. Observação dos objetos: De acordo com a definição de abrangência e de detalhamento os objetos foram observados.
 - Identificação dos Pareceres e resoluções do CNE;
 - Identificação das Diretrizes Curriculares propostas pelo MEC;
 - Identificação da tarefa do Gestor da Instituição de Ensino Superior;
 - Identificação dos elementos dos Currículos;
2. O entendimento dos conceitos: Para que um objeto possa ser representado no modelo ele deve ser primeiramente: Identificado, conceituado, entendido e assimilado. Aqui também são definidos os relacionamentos e comportamentos:
 - Curso de Graduação:
 - Os cursos são ofertados pelas Instituições de Ensino Superior;
 - Está vinculado a um Currículo;
 - É supervisionado por Pareceres e Resoluções.
 - Currículo dos Cursos de Graduação:
 - É vinculado a um curso;
 - É elaborado pelos Gestores da IES's;
 - É supervisionado por Pareceres e Resoluções;
 - É composto por um Projeto Pedagógico;
 - Projeto Pedagógico:
 - Compõe o Currículo;
 - Aborda Tópicos;
 - Tópicos:

- São abordados pelo Plano Pedagógico;
 - São definidos pelas Diretrizes Curriculares.
- Órgão de supervisão e deliberação das diretrizes (CNE):
 - É composto pela Câmara de Ensino Superior.
 - Câmara:
 - Compõe o Órgão de supervisão e deliberação das diretrizes (CNE);
 - Emitem Pareceres e Resoluções.
 - Pareceres e Resoluções do Órgão de supervisão e deliberação das diretrizes (CNE):
 - São emitidos pela Câmara de Ensino Superior;
 - Deliberam as Diretrizes Curriculares propostas pelo Órgão proponente;
 - Supervisionam (Autoriza, reconhece, credencia, supervisiona e avalia) os Currículos elaborados pelos gestores;
 - Supervisionam (Autoriza, reconhece, credencia, supervisiona e avalia) as IES's;
 - Supervisionam (Autoriza, reconhece, credencia, supervisiona e avalia) os cursos.
 - Órgão proponente das Diretrizes (MEC):
 - Propõe as Diretrizes Curriculares, para deliberação do Órgão de supervisão e deliberação.
 - Diretrizes Curriculares dos Cursos de Graduação:
 - São propostas pelo Órgão proponente (MEC);
 - São deliberadas pelo Órgão de supervisão e deliberação das diretrizes (CNE);
 - Definem os Tópicos do Projeto Pedagógico.
 - Gestores das IES's:
 - Compõe as IES's;
 - Elaboram os Currículos.
 - Instituições de Ensino Superior:
 - Ofertam Cursos;
 - São compostas por gestores;
 - São supervisionadas pelos Pareceres e Resoluções.

3. A representação dos objetos: Após a identificação dos objetos, de suas características, e de seus relacionamentos e comportamentos, aplica-se a técnica de modelagem;
- Definição das Entidades: Como listadas no passo anterior, as entidades serão:
 - Curso de Graduação;
 - Currículo dos Cursos de Graduação;
 - Projeto Pedagógico;
 - Tópicos;
 - Câmara;
 - Pareceres e Resoluções do Órgão de supervisão e deliberação das diretrizes;
 - Órgão de supervisão e deliberação (CNE);
 - Órgão proponente (MEC);
 - Diretrizes Curriculares dos Cursos de Graduação;
 - Gestores da IES's;
 - Instituições de Ensino Superior.
 - Definição dos Atributos:
 - Curso de Graduação:
 - **Codigo_Curso:** Código criado e atribuído para identificação (Chave primária, utilizada para identificação de forma única);
 - **Nome_Curso:** Nome de cada Curso de Ensino Superior.
 - Currículo dos Cursos de Graduação:
 - **Codigo_Curriculo:** Código criado e atribuído para identificação (Chave primária, utilizada para identificação de forma única);
 - **Nome_Curriculo:** Nome do Currículo.
 - Projeto Pedagógico:
 - **Codigo_Projeto:** Código criado e atribuído para identificação (Chave primária, utilizada para identificação de forma única);
 - **Nome_Projeto:** Nome do Projeto.
 - Tópicos:
 - **Codigo_Topicos:** Código criado e atribuído para identificação (Chave primária, utilizada para identificação de forma única);
 - **Descricao_Topicos:** Descrição dos Tópicos.

- Câmara:
 - **Codigo_Câmara:** Código criado e atribuído para identificação (Chave primária, utilizada para identificação de forma única);
 - **Nome_Câmara:** Nome da Câmara.
- Pareceres e Resoluções do Órgão de supervisão e deliberação das diretrizes (CNE):
 - **Parecer_Resolucao:** Identificação é feita pelo número e o ano do documento (Chave primária, utilizada para identificação de forma única).
- Órgão de supervisão e deliberação (CNE):
 - **Nome_Orgao_Deliberação:** Código criado e atribuído para identificação (Chave primária, utilizada para identificação de forma única).
- Órgão Propositor (MEC):
 - **Nome_Orgao:** Nome do Órgão (Chave primária, utilizada para identificação de forma única).
- Diretrizes Curriculares dos Cursos de Graduação:
 - **Nome_Diretrizes:** Identificação por curso (Chave primária, utilizada para identificação de forma única).
- Gestores da IES's:
 - **Codigo_Gestor:** Código criado e atribuído para identificação (Chave primária, utilizada para identificação de forma única);
 - **Gestores:** São os gestores das Instituições de Ensino Superior responsáveis pela elaboração dos Currículos dos Cursos.
- Instituições de Ensino Superior:
 - **Codigo_Instituicao:** Código criado e atribuído para identificação (Chave primária, utilizada para identificação de forma única);
 - **Nome_Instituicao:** Nome da Instituição de Ensino.

Depois de definidas Entidades e os Atributos foi elaborado o Diagrama de Entidade-Relacionamento com o auxílio da ferramenta CASE BrModelo, no diagrama foram definidos os relacionamentos entre as entidades. Abaixo está o DER produzido:

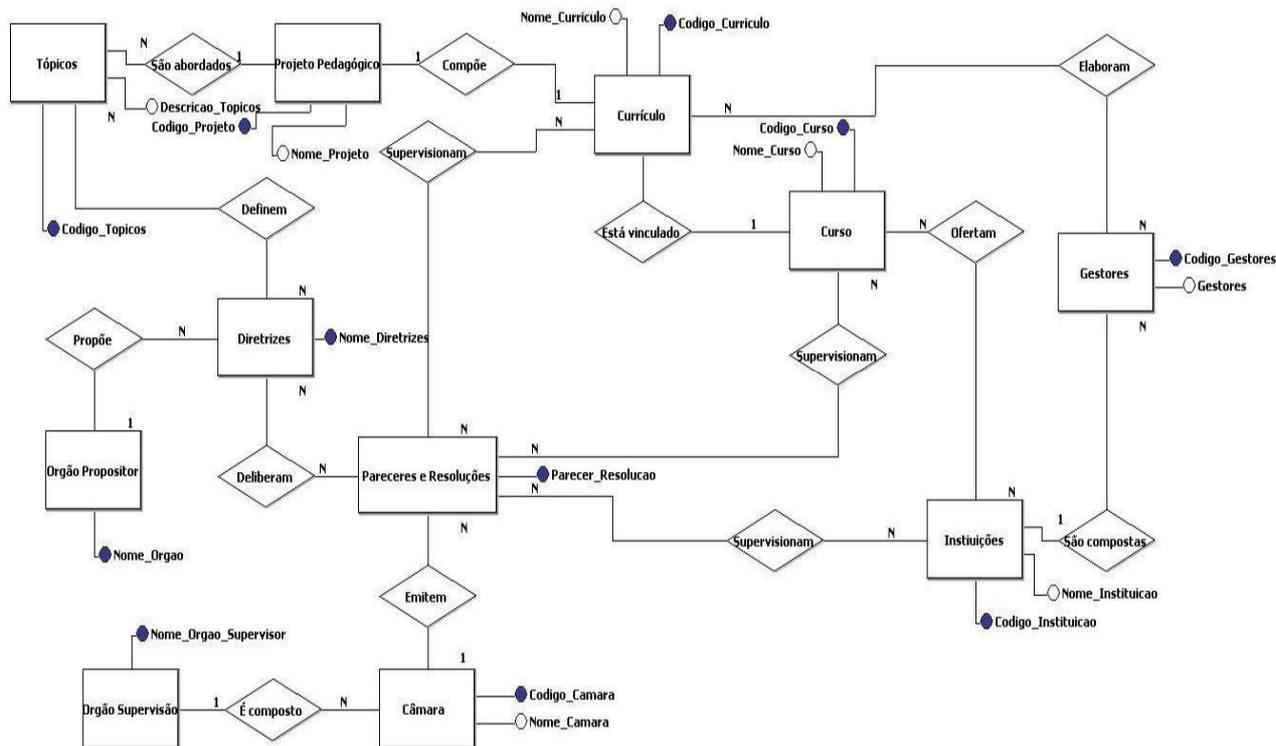


Figura 4.3: Diagrama Entidade-Relacionamento (Ferramenta CASE BrModelo).

O passo 4 (A verificação de fidelidade e coerência) e o passo 5 (Validação) foram feitos por uma verificação e revisão minuciosa da modelagem de dados.

4.4 Construção da Ontologia

A modelagem de dados foi importante para colher e identificar os conceitos básicos e suas relações. Com o auxílio do Diagrama Entidade-Relacionamento elaborado foi possível ter uma visão geral do domínio dos Currículos dos cursos de Graduação, o primeiro passo para a construção da ontologia.

Foi aplicado o Método 101 e utilizada ferramenta Protegé para o desenvolvimento da ontologia, ambos descritos na fundamentação teórica.

Aplicação do Método 101

Passo 1 - Determinar o domínio e escopo da ontologia com o auxílio de questões básicas:

- a. Qual o domínio está inserido a ontologia?
A ontologia está inserida no domínio da gestão e elaboração dos currículos dos cursos de Graduação, abrangendo os processos

envolvidos na Elaboração de tais Currículos, desde a proposição das Diretrizes Curriculares e suas deliberações, até a tarefa dos gestores e os próprios elementos dos Currículos.

b. Qual será o uso da ontologia?

A ontologia servirá de apoio aos gestores em suas tarefas de elaboração e gestão de Currículos de cursos de Ensino Superior. Com a ontologia será possível entender melhor o domínio da área de elaboração e gestão de Currículos.

c. Para que tipos de perguntas a ontologia deverá fornecer respostas?

- Qual são os conceitos envolvidos na elaboração e gestão dos Currículos dos cursos de Graduação?
- Quais são os atores e o papel de cada um na elaboração e gestão dos Currículos?
- Qual a relação dos conceitos e dos atores envolvido no processo?

d. Quem vai utilizar e manter a ontologia?

A ontologia será proposta nesse trabalho e depois será disponibilizada para o reuso, o intuito é que gestores de Instituições de Ensino Superior e outras pessoas com os mesmos interesses possam ter acesso, podendo também manter e realizar modificações de acordo com suas necessidades.

Passo 2 - Considerar o reuso de ontologias existentes:

Para a elaboração desse trabalho foram pesquisados alguns repositórios específicos, porém nenhuma ontologia com o assunto de Currículos foi identificada para que pudesse ser reutilizada. Os seguintes repositórios foram pesquisados:

- Protégé Ontology Library
- OntoLP
- DAML Ontology Library

Passo 3 - Enumerar os termos importantes da ontologia:

Para a realização desse passo foi utilizado a Modelagem de Dados definida na seção 4.2 e 4.3. Com essa Modelagem foi possível inicializar a enumeração e definição dos termos importantes para a construção da Ontologia.

Passo 4 - Definir classes e a hierarquia de classes:

Esse passo, assim como o passo anterior, também foi elaborado com o auxílio da Modelagem de Dados. Com a construção do Modelo de Entidade-Relacionamento e sua representação através do Diagrama de Entidade-Relacionamento foi possível ter uma primeira idéia das classes e suas hierarquias. Silverston (1997) cita dois métodos para definição de hierarquia:

1. Top-down – define os conceitos mais gerais e depois os especializa;
2. Bottom-up – define os conceitos mais específicos e então os organiza em classes mais gerais;

Assim é possível determinar as Superclasses (classes mais genéricas) e as Subclasses (classes mais específicas), determinando a hierarquia. A seguir foram definidas as classes e suas hierarquias com base na modelagem de dados e pesquisa das Resoluções e Pareceres do CNE.

Todas as classes definidas são Subclasses da Superclasse Thing (Superclasse default do Protégé):

1. Curso de Graduação: Curso_Graduacao;
 - Essa Superclasse pode ser generalizada em uma Superclasse Cursos de Ensino Superior, que engloba Cursos de Graduação e Pós Graduação, por exemplo, mas não é a proposta do trabalho, então se considera apenas a classe Curso_Graduacao.
2. Currículo dos Cursos de Graduação: Currículo_Graduacao;
 - Essa classe pode ser uma Subclasse da Superclasse Currículos. Assim como Currículos da Educação Básica, mas não é a proposta do trabalho, então se considera apenas a classe Currículo_Graduacao.
3. Projeto Pedagógico: Projeto_Pedagogico;
4. Tópicos: Topicos. Essa classe possui as seguintes Subclasses:
 - Tópicos Variáveis (Topicos_Variaveis): Esses tópicos variam de curso para curso e são definidos pelas Diretrizes de cada curso. Aqui serão tratados os do curso de Computação, como exemplo:
 - Requisitos (Requisitos);
 - Concepção (Concepcao);
 - Justificativa (Justificativa);
 - Objetivos Gerais (Objetivos_Gerais);
 - Objetivos Específicos (Objetivos_Especificos);
 - Condições objetivas de oferta do curso (Condicoes_Oferta);
 - Vocação do curso (Vocacao);
 - Formas de realização da interdisciplinaridade (Interdisciplinaridade);
 - Modos de integração entre teoria e prática (Integracao_Pratica);
 - Formas de avaliação e acompanhamento do ensino, da aprendizagem e do curso (Formas_Avaliacao);

- Modos da integração entre graduação e pós-graduação (Pos_Graduacao).
 - Tópicos Fixos (Topicos_Fixos): Esses tópicos são fixos para todos os cursos e são definidos pelas Diretrizes de cada curso. A seguir estão as Subclasses:
 - Perfil dos Egressos (Perfil_Egressos);
 - Competências (Competencias);
 - Habilidades (Habilidades);
 - Atitudes (Atitudes);
 - Conteúdos Curriculares (Conteudos_Curriculares);
 - Organização do Curso (Organizacao_Curso);
 - Estágio Supervisionado (Estagio_Supervisionado);
 - Trabalho de Curso (Trabalho_Curso);
 - Atividades Complementares (Atividades_Complementares);
 - Acompanhamento (Acompanhamento);
 - Avaliação (Avaliacao).
 - Tópicos Gerais (Topicos_Gerais), esses tópicos são definidos por Pareceres e Resoluções específicos. A seguir estão as Subclasses:
 - Carga Horária (Carga_Horaria);
 - Duração do Curso (Duracao_Curso);
 - Integralização (Integralizacao).
5. Pareceres e Resoluções do Órgão de supervisão e deliberação das diretrizes (Pareceres_Resolucoes) e as seguintes Subclasses:
- Supervisão de Instituições (Supervisao_Instituicoes), e as seguintes subclasses:
 - Credenciamento de Instituições: Credenciamento_Instituicoes;
 - Descredenciamento de Instituições: Descredenciamento_Instituicoes;
 - Recredenciamento de Instituições: Recredenciamento_Instituicoes;
 - Autorização de Instituições: Autorizacao_Instituicoes;
 - Reconhecimento de Instituições: Reconhece_Instituicoes;
 - Avalia as Instituições: Avalia_Instituicoes.
 - Deliberações das Diretrizes Curriculares (Deliberacoes_diretrizes) e as seguintes subclasses:

- Orientações de definição das Diretrizes Curriculares: Orientacao_Diretrizes;
 - Recurso contra decisões: Recurso_Decisoes;
 - Retificação de Pareceres e Resoluções: Retificacao_Gerais;
 - Respostas de consultas: Resposta_Consulta;
 - Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação de determinado curso: Institui_Diretrizes.
- Supervisão de cursos (Supervisao_Cursos) e as seguintes subclasses:
 - Credenciamento de Cursos: Credenciamento_Cursos;
 - Descredenciamento de Cursos: Descredenciamento_Cursos;
 - Recredenciamento de Cursos: Recredenciamento_Cursos;
 - Autorização de Cursos: Autorizacao_Cursos;
 - Reconhecimento de Cursos: Reconhece_Cursos;
 - Avalia os Cursos: Avalia_Cursos.
 - Supervisão de currículos (Supervisao_Curriculos) e as seguintes subclasses:
 - Credenciamento de Currículos: Credenciamento_Curriculos;
 - Descredenciamento de Currículos: Descredenciamento_Curriculos;
 - Recredenciamento de Currículos: Recredenciamento_Curriculos;
 - Autorização de Currículos: Autorizacao_Curriculos;
 - Reconhecimento de Currículos: Reconhece_Curriculos;
 - Avalia as Currículos: Avalia_Curriculos.
 - Pareceres e Resoluções específicos para a definição de Tópicos gerais (Pareceres_Gerais) e as seguintes Subclasses:
 - Definição de Carga Horária: Define_Carga;
 - Definição de Duração do Curso: Define_Duracao;
 - Definição de Integralização do Curso: Define_Integralizacao.

Todas essas subclasses foram declaradas disjuntas uma das outras. Isso significa que um indivíduo (ou objeto) não poderá ser instância de mais de uma dessas subclasses. Na figura 4.4 a Subclasse Pareceres_Gerais está selecionada e pode se observar que ela é Subclasse de Pareceres_resolucoes e disjunta das demais Subclasses.

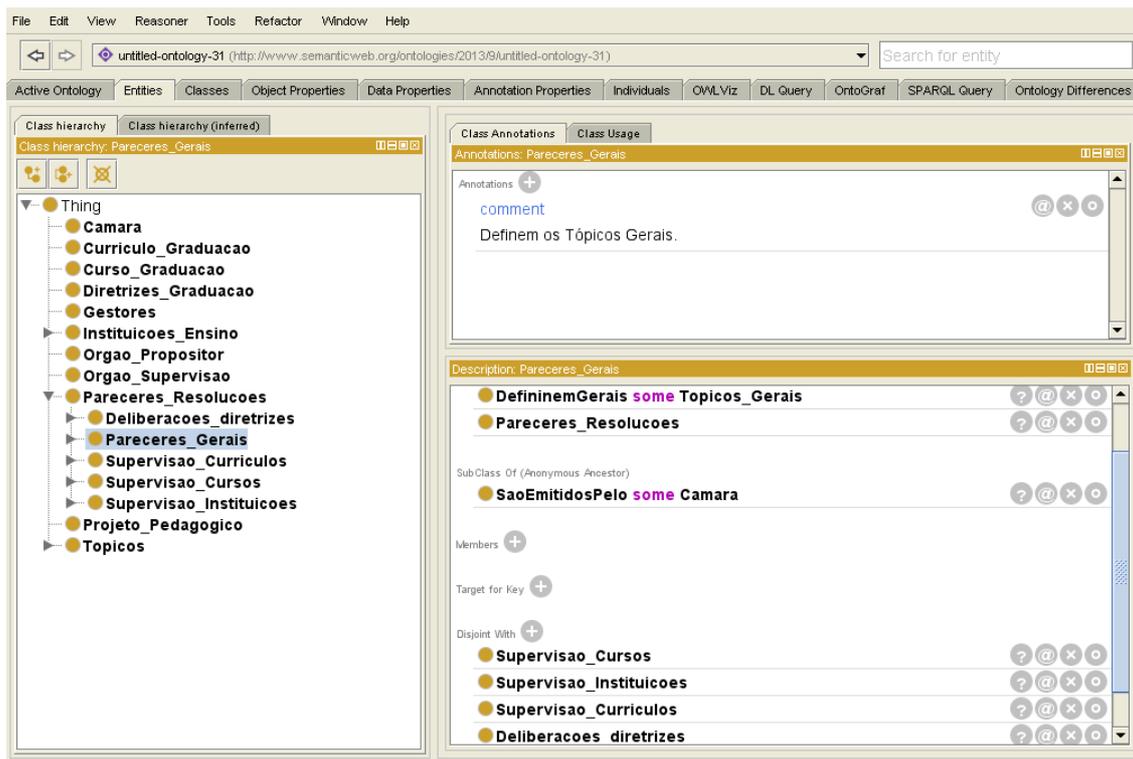


Figura 4.4: Classes e hierarquias na Ferramenta Protégé (Protégé).

6. Câmara de Ensino Superior: Camara;
7. Órgão de supervisão e deliberação (CNE): Orgao_Supervisao;
8. Órgão propositor (MEC): Orgao_Propositor;
9. Diretrizes Curriculares dos Cursos de Graduação: Diretrizes_Graduacao;
 - Essa pode ser uma Subclasse da Superclasse Diretrizes Curriculares, assim como as Diretrizes Curriculares da Educação Básica, mas não é a proposta do trabalho, então se considera apenas a classe Diretrizes_Graduacao.
10. Gestores das IES's: Gestores;
11. Instituições de Ensino Superior (Instituicoes_Ensino) e as seguintes Subclasses:
 - Faculdades: Faculdades;
 - Universidades: Universidades;
 - Centros Universitários: Centros_Universitarios;
 - Institutos Federais de Educação Ciência e Tecnologia: Institutos_Federais;
 - Centros Federais de Educação Tecnológica (Cefets): Centros_Federais.

Todas essas subclasses foram declaradas disjuntas uma das outras. Abaixo está uma representação gráfica da hierarquia das classes:

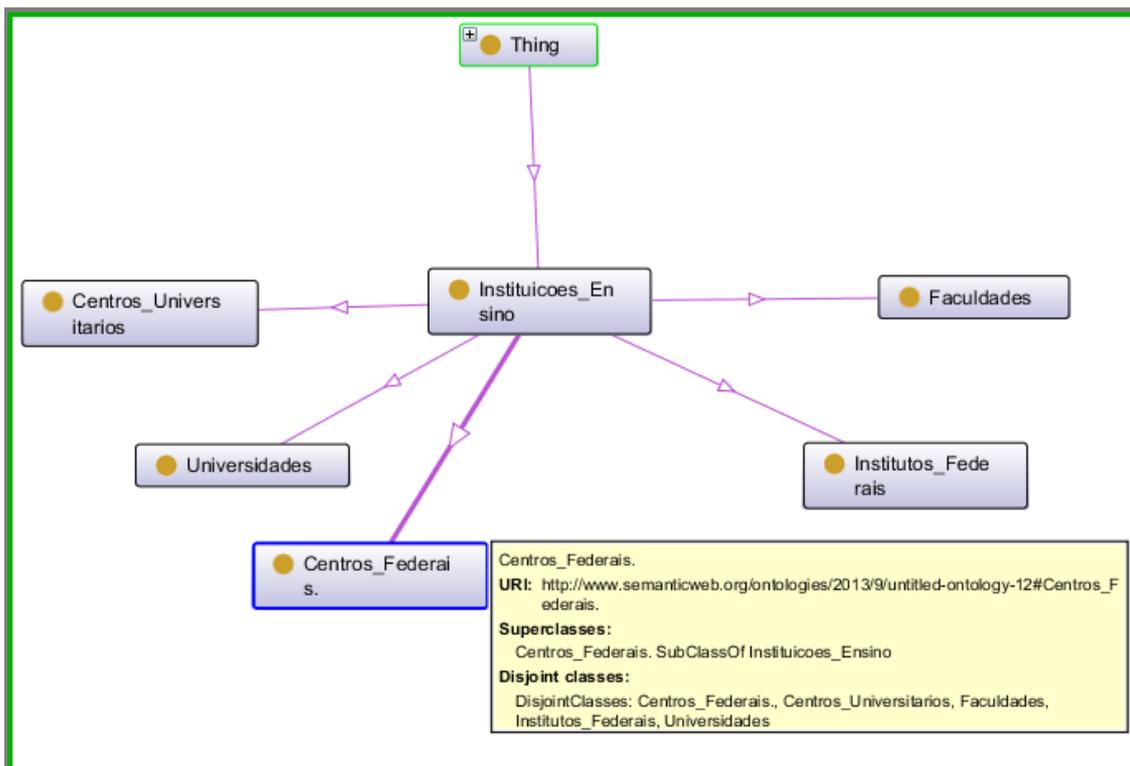


Figura 4.5: Diagrama da Hierarquia de classes (Protégé).

Na figura 4.5 é possível observar as classes e suas respectivas hierarquias. A Subclasse Faculdade, relacionada à Superclasse Instituições de Ensino, está selecionada. Essa Subclasse é disjunta das demais Subclasses.

Passo 5 - Definir as propriedades das classes:

As propriedades representam relacionamentos entre indivíduos de duas classes, conectando os indivíduos de um domínio (domain) aos indivíduos de um escopo (range), após a definição das propriedades e seus valores será possível definir as restrições, que serão explicadas depois do passo 6. A seguir foram definidas as propriedades para a ontologia trabalhada:

- Cursos de Graduação:
 - temOs; Esta propriedade relaciona o curso (domain) ao currículo (range) que ele tem;
 - ehSupervisionadoPelos; Esta propriedade relaciona o curso (domain) aos respectivos Pareceres e Resoluções de supervisão de cursos(range) que o supervisiona;
 - saoOfertados; Esta propriedade relaciona o curso (domain) as IES's (range) que os ofertam.
- Currículos:

- ehDo: Esta propriedade relaciona o Currículo (domain) ao um respectivo curso (range) que ele pertence;
 - SaoElaboradosPelos: Esta propriedade relaciona os Currículos (domain) aos Gestores da IES's (range) que os produzem;
 - SaoSupervisionados: Está propriedade relaciona os Currículos (domain) aos respectivos Pareceres e Resoluções de supervisão de Currículo (range) que os supervisionam;
 - TemUm: Esta propriedade relaciona o Currículo (domain) ao Projeto Pedagógico (range) que ela tem.
- Projeto Pedagógico:
 - PertenceAo: Esta propriedade relaciona o Projeto Pedagógico (domain) ao Currículo (range) que ele pertence;
 - TemVar: Esta propriedade relaciona o Projeto Pedagógico (domain) aos vários tópicos (range) que ele têm.
- Tópicos:
 - PertencemAoProj: Esta propriedade relaciona o Tópico (domain) ao Projeto Pedagógico (range) que eles pertencem;
 - A Subclasse Tópicos Gerais:
 - SaoDefinidosGerais: Esta propriedade relaciona os Tópicos Gerais (domain) aos Pareceres e Resoluções Gerais que os definem.
 - As Subclasses Tópicos Fixos e Tópicos Variáveis:
 - SaoDefinidosFix: Esta propriedade relaciona os Tópicos Fixos (domain) as Diretrizes (range) que os definem;
 - SaoDefinidosVar: Esta propriedade relaciona os Tópicos Variáveis (domain) as Diretrizes (range) que os definem.
- Órgão de supervisão e deliberação das diretrizes (CNE):
 - ehCompostoPela: Esta propriedade relaciona o Órgão de supervisão (domain) à Câmara de Ensino Superior (range) que o compõe.
- Câmara de Ensino Superior
 - compoeAh: Esta propriedade relaciona a Câmara de Ensino Superior (domain) ao Órgão de supervisão e deliberação das diretrizes (range) o qual ela compõe.
 - emiteOs: Esta propriedade relaciona a Câmara de Ensino Superior (domain) aos Pareceres e Resoluções (range) que ela emite.

- Pareceres e Resoluções do Órgão de supervisão e deliberação das diretrizes (CNE):
 - SaoEmitidosPela: Esta propriedade relaciona o Pareceres e a Resoluções (domain) a Câmara de Ensino Superior (range) que os emite;
 - deliberamAs: Esta propriedade relaciona os Pareceres e Resoluções de Deliberações (domain) as Diretrizes Curriculares (range) que eles deliberam;
 - supervisionamOsCurr (Autoriza, reconhece, credencia, supervisiona e avalia): Essa propriedade relaciona os Pareceres e as Resoluções de Supervisão de Currículos (domain) ao Currículo (range) que eles supervisionam;
 - supervisionamOsCurs (Autoriza, reconhece, credencia, supervisiona e avalia): Essa propriedade relaciona os Pareceres e as Resoluções de Supervisão de Cursos (domain) ao Curso (range) que eles supervisionam;
 - supervisionamAs (Autoriza, reconhece, credencia, supervisiona e avalia): Essa propriedade relaciona os Pareceres e as Resoluções de Supervisão de Instituições (domain) as Instituições (range) que eles supervisionam;
 - DefininemGerais: Esta propriedade relaciona os Pareceres e Resoluções Gerais (domain) aos Tópicos Gerais (range) que eles definem.

- Órgão propositor das Diretrizes (MEC):
 - propoeAs: Esta propriedade relaciona o Órgão (domain) propositor as Diretrizes Curriculares (range) propostas por ele.

- Diretrizes Curriculares:
 - propostasPelo: Esta propriedade relaciona as Diretrizes Curriculares (domain) ao Órgão propositor (range) que as propõe;
 - DefininemFix: Esta propriedade relaciona as Diretrizes (domain) aos Tópicos Fixos (range) que elas definem;
 - DefininemVar: Esta propriedade relaciona as Diretrizes (domain) aos Tópicos Variáveis (range) que elas definem.
 - saoDeliberadas: Esta propriedade relaciona as Diretrizes Curriculares (domain) aos Pareceres e Resoluções (range) que as deliberam (CNE).

- Gestores das IES's:
 - compoeA: Esta propriedade relaciona os gestores (domain) das IES's (range) que eles compõe;
 - elaboramOs: Esta propriedade relaciona os gestores (domain) aos Currículos (range) que eles elaboram.

- Instituições de Ensino Superior:
 - ofertamOs: Esta propriedade relaciona as IES's (domain) aos cursos (range) que elas ofertam;
 - ehComposta: Esta propriedade relaciona a IES's (domain) aos gestores (range) que as compõe.
 - saoSupervisionadas: Está propriedade relaciona as IES's (domain) aos respectivos Pareceres e Resoluções de supervisão de Instituições(range) que os supervisionam.

Essas 32 propriedades criadas podem ser consideradas como 16 pares de propriedades, onde uma propriedade é a inversa da outra, possibilitando o interrelacionamento entre duas classes. A figura 4.6 destaca o interrelacionamento entre a Classe Diretrizes_graduacao e Deliberacoes_diretrizes:

- (deliberamAs) - Possui domínio (Deliberacoes_diretrizes) e escopo (Diretrizes_graduacao);
- (saoDeliberadas) - Possui domínio (Diretrizes_graduacao) e escopo (Deliberacoes_diretrizes).

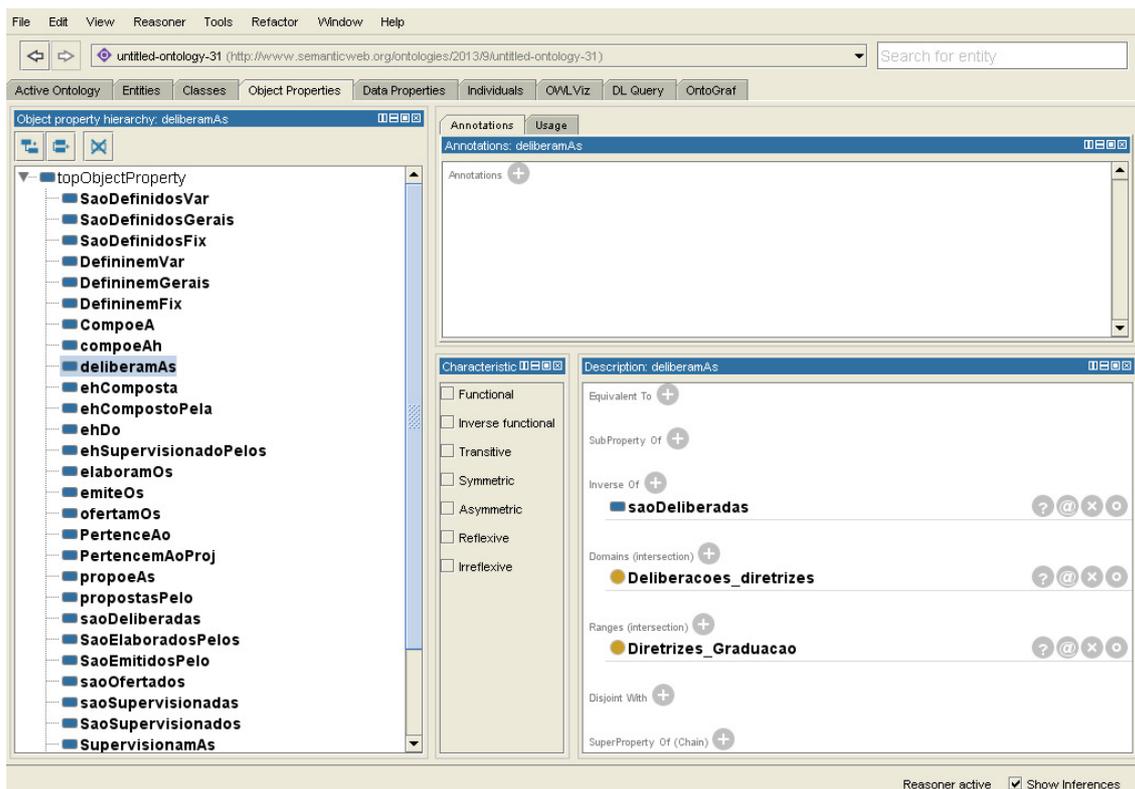


Figura 4.6: Propriedade e sua respectiva propriedade inversa. (Protégé).

Passo 6 - Definir os valores das propriedades:

As propriedades de tipos de dados conectam um indivíduo a um valor. Na ontologia para o apoio a atividade de elaboração e gestão de Currículos de cursos de Graduação foram criadas as seguintes propriedades para instanciação das classes, destacada na figura 4.7:

- (Descricao) - Propriedade utilizada para descrever informações do tipo texto. A maioria das classes é definida como domínio dessa propriedade, sendo seu escopo como tipo texto (String);
- (Horas) - Propriedade utilizada para descrever informações do tipo número. A classe (Carga_Cursos), que é a carga horária do curso em horas, e (Duracao_Curso), que é a duração do curso, foram definidas como domínio dessa propriedade, sendo seu escopo como tipo inteiro (Integer);
- (Anos) - Propriedade utilizada para descrever informações do tipo número. A classe (Integralizacao), que é a integralização do curso em anos, foi definida como domínio dessa propriedade, sendo seu escopo como tipo inteiro (Integer).

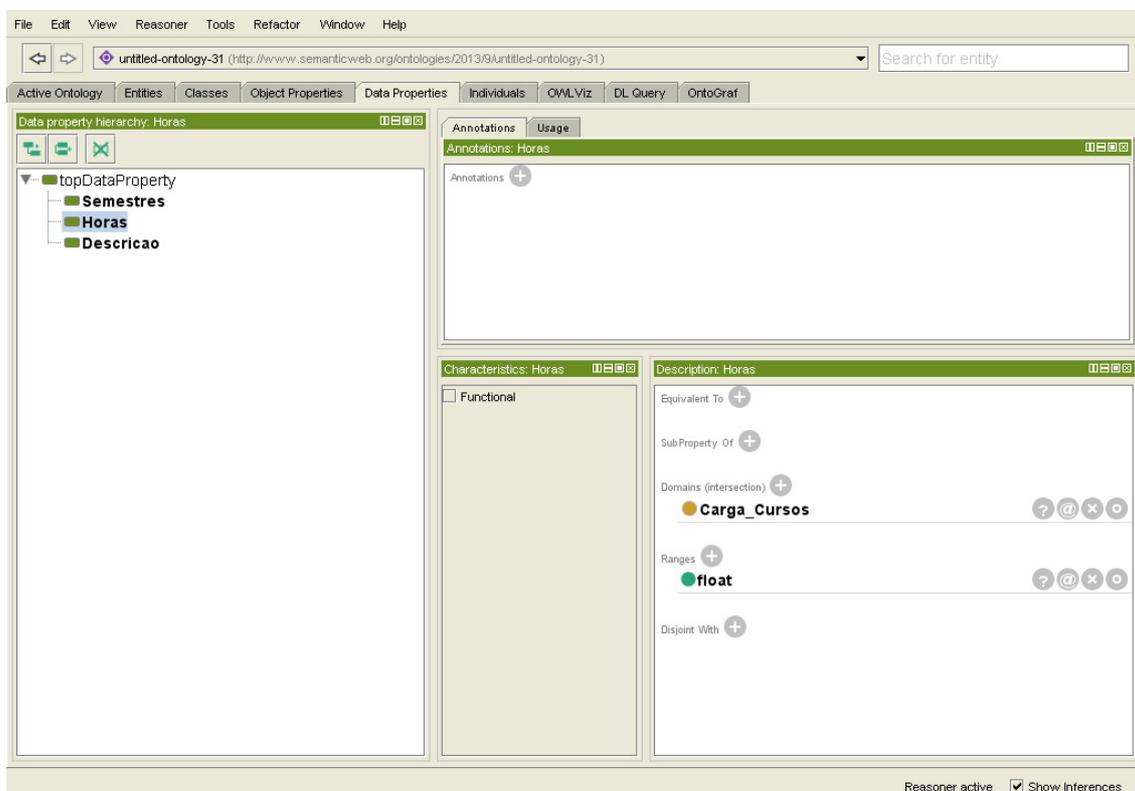


Figura 4.7: Propriedades de Valores. (Protégé).

Restrições

As restrições são utilizadas para restringir os indivíduos de uma classe, e são criadas através das propriedades. As restrições criadas nessa ontologia são do tipo existencial.

As restrições do tipo existencial definem que para um conjunto de indivíduos, essas restrições especificam a existência de um relacionamento de um desses indivíduos com outro indivíduo, o qual é membro de uma classe específica, através da propriedade criada.

Os requisitos para a criação desse tipo de restrição são:

- A própria restrição existencial;
- A indicação de uma propriedade; e
- Uma classe nomeada que contém indivíduos os quais atendem a restrição.

Abaixo estão as restrições criadas nesse trabalho para cada classe:

- A classe Curso de Graduação (Curso_Graduacao):
 - Os cursos são ofertados por Instituições de Ensino Superior;
 - Está vinculado a algum Currículo;
 - É supervisionado por Pareceres e Resoluções de Supervisão de Cursos.
- A classe Currículo dos Cursos de Graduação (Curriculo_Graduacao):
 - É vinculado a um curso;
 - É elaborado por Gestores da IES's;
 - É supervisionado por Pareceres e Resoluções de Supervisão de Cursos;
 - É composto por um Projeto Pedagógico;
- A classe Projeto Pedagógico (Projeto_Pedagogico):
 - Compõe o Currículo;
 - Aborda Tópicos;
- A classe Tópicos (Topicos):
 - São abordados pelo Plano Pedagógico;
 - São definidos pelas Diretrizes Curriculares.
- A classe Órgão de supervisão e deliberação das diretrizes (Orgao_Supervisao):
 - É composto pela Câmara de Ensino Superior.
- A classe Câmara (Camara):
 - Compõe o Órgão de supervisão e deliberação das diretrizes (CNE);
 - Emitem Pareceres e Resoluções.
- A classe Pareceres e Resoluções do Órgão de supervisão e deliberação das diretrizes (Pareceres_resolucoes):

- São emitidos pela Câmara de Ensino Superior;
 - Deliberam as Diretrizes Curriculares propostas pelo Órgão propositor;
 - Supervisionam (Autoriza, reconhece, credencia, supervisiona e avalia) os Currículos elaborados pelos gestores;
 - Supervisionam (Autoriza, reconhece, credencia, supervisiona e avalia) as IES's;
 - Supervisionam (Autoriza, reconhece, credencia, supervisiona e avalia) os cursos.
- Órgão propositor das Diretrizes (Orgao_Propositor):
 - Propõe as Diretrizes Curriculares, para deliberação do Órgão de supervisão e deliberação.
- Diretrizes Curriculares dos Cursos de Graduação (Diretrizes_Graduacao):
 - São propostas pelo Órgão propositor (MEC);
 - São deliberadas pelo Órgão de supervisão e deliberação das diretrizes (CNE);
 - Definem os Tópicos do Projeto Pedagógico.
- Gestores das IES's (Gestores):
 - Compõe as IES's;
 - Elaboram os Currículos.
- Instituições de Ensino Superior (Instituicoes_Ensino):
 - Ofertam Cursos;
 - São compostas por gestores;
 - São supervisionadas pelos Pareceres e Resoluções.

A Figura 4.8 ilustra a restrição definida para a classe Cursos de Graduação (Cursos_Graduacao).

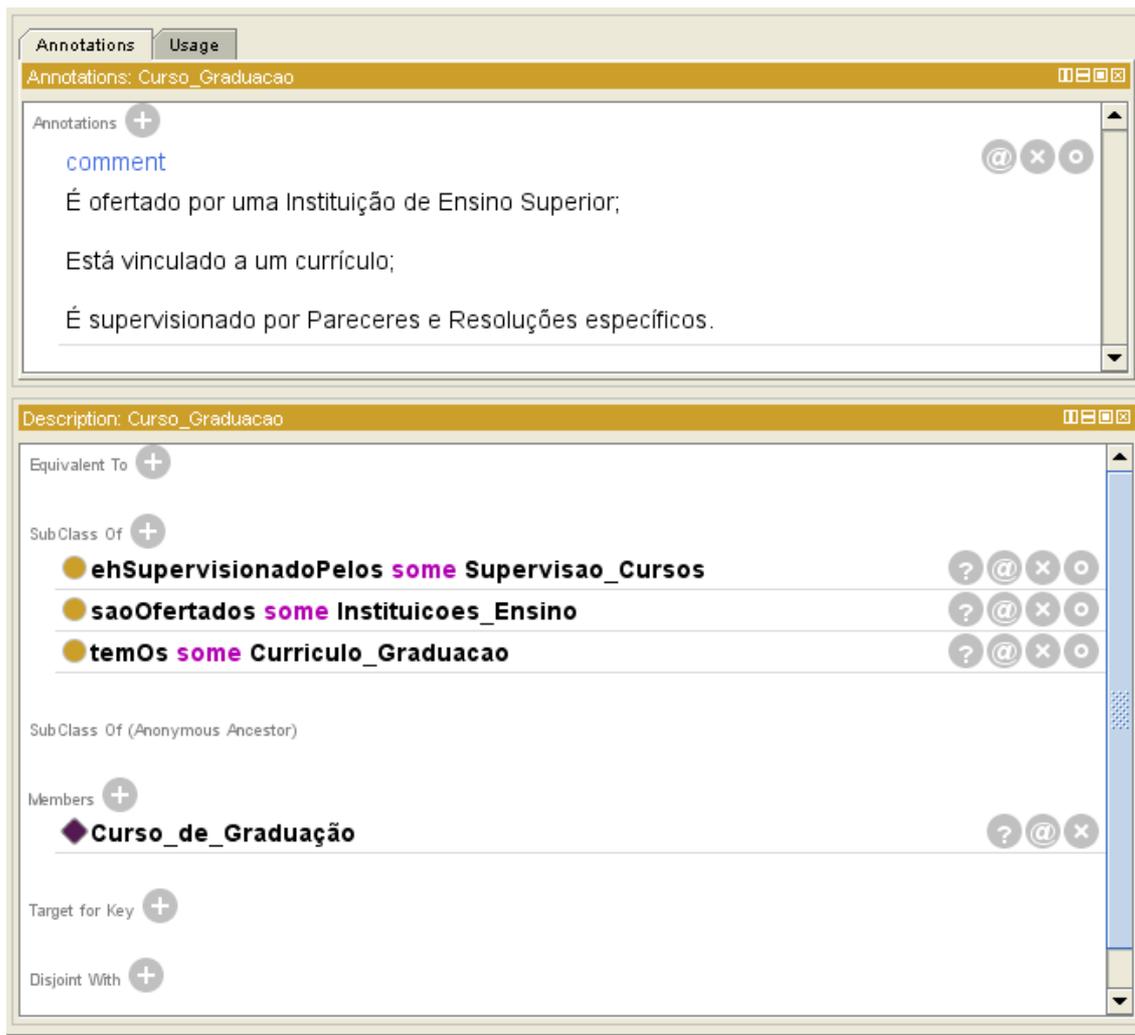


Figura 4.8: Restrições da classe Curso de Graduação (Cursos_Graduacao). (Protégé).

A Figura 4.9 exibe o gráfico produzido pela ferramenta Protégé e representa a ontologia por uma visão macro, na qual estão explicitadas as relações entre as classes representadas. Na Figura 4.10 o gráfico representa a classe Pareceres e Resoluções e suas respectivas subclasses.

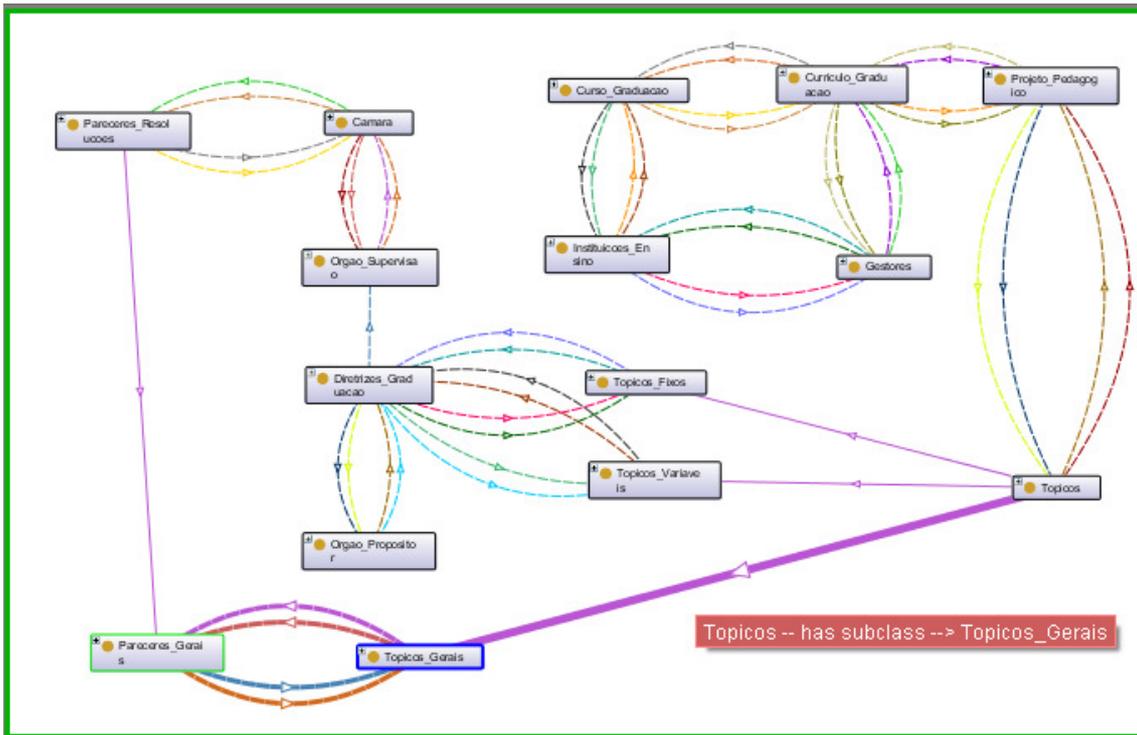


Figura 4.9: Gráfico da ontologia. (Protégé).

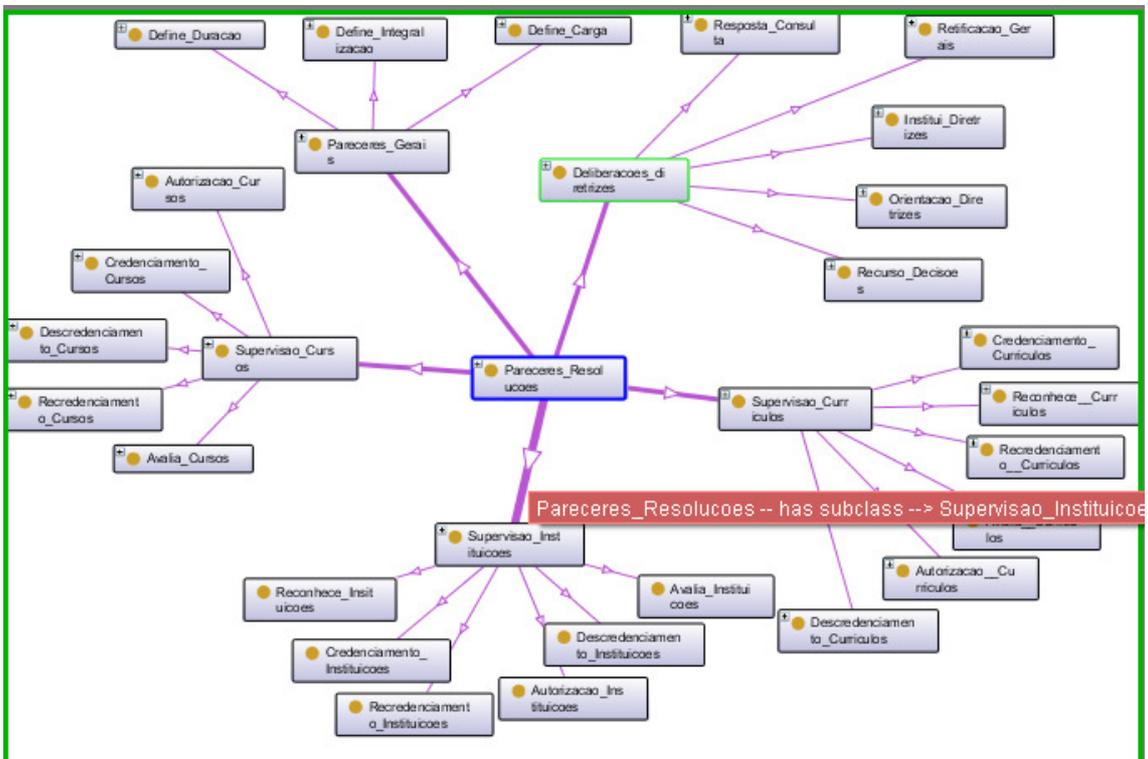


Figura 4.10: Gráfico da classe Pareceres e Resoluções. (Protégé).

Passo 7 - Criar instâncias:

Esse passo será realizado envolvendo o Currículo de um determinado Curso de graduação.

Foi utilizado o Projeto Pedagógico do Curso de Primeira Licenciatura em Computação, curso o qual é ofertado pela Universidade Federal da Grande Dourados, o documento utilizado está disponibilizado para acesso no portal da Universidade.

A Universidade Federal da Grande Dourados está localizada no estado no Mato Grosso Do Sul. A Universidade oferece o Curso de Primeira Licenciatura em Computação e disponibiliza o Projeto Pedagógico em seu site para qualquer pessoa interessada, sendo assim um fator determinante para a escolha para estudo de caso.

O Projeto Pedagógico foi elaborado por uma comissão formada por professores da Universidade e que pertencem a diversas áreas, como Sistemas de Informação, Matemática, Pedagogia e Educação a Distância.

A instanciação da ontologia será realizada abaixo para cada classe, quando for pertinente:

1. Curso de Graduação: Computação Licenciatura;
2. Currículo dos Cursos de Graduação: Currículo do Curso de Graduação em Computação Licenciatura;
3. Projeto Pedagógico: Projeto Pedagógico do Curso de Primeira Licenciatura em Computação;
4. Tópicos:
 - Tópicos Variáveis: Esses tópicos variam de curso para curso e são definidos pelas Diretrizes de cada curso. Aqui serão tratados os do curso de Computação, como exemplo:
 - Requisitos: Carga Horária, Tempo de Integralização;
 - Concepção: O Curso de Licenciatura em Computação a distância foi concebido tendo como base as diretrizes elaboradas pela Comissão de Especialistas de Ensino de Ciências da Computação (CEEInf), da Secretaria de Educação Superior (SESu) do MEC...
 - Justificativa:

As mudanças sociais decorrentes da globalização e inovações no campo da ciência e da tecnologia, notadamente da comunicação e informação colocam

diversos desafios à educação, no que compete à função do ensino superior como promotora de cidadania social, no que tange ao direito à liberdade de pensamento, ao exercício do poder e ao acesso à educação pública básica de qualidade...

- **Objetivos Gerais:**

O Curso de Licenciatura em Computação da UFGD, em atendimento à primeira licenciatura, busca contribuir com as demandas da sociedade em sua área de atuação, prioritariamente educacional, bem como para o desenvolvimento sustentável da região e do país, formando profissionais aptos à pesquisa, à gestão, ao desenvolvimento, ao uso e à avaliação de tecnologias da informação aplicadas nas organizações. Seu objetivo geral é formar professores licenciados capazes de atender às diferentes demandas profissionais pertinentes à área, com uma visão crítica, criativa e inovadora, através de uma sólida formação. Para cumprir sua finalidade, o curso empenha-se em imprimir e manter um alto nível de qualidade à atividade formadora, tendo como meta alcançar a excelência em nível nacional na formação de profissionais em Licenciatura em Computação;

- **Objetivos Específicos:**

- a) disponibilizar serviços de ensino, pesquisa e extensão, na área de Ciência da Computação para a Educação Básica, de forma pública, dinâmica, inovadora e com qualidade;
- b) estimular, no âmbito das disciplinas, a realização de estudos, de experimentos e de projetos de pesquisa;
- c) proporcionar uma integração entre a sociedade e o meio acadêmico;
- d) promover o desenvolvimento científico e tecnológico;
- e) propiciar aos seus acadêmicos uma formação sólida nas áreas que compõem o curso;

- **Condições objetivas de oferta do curso:**

Modalidade: A Distância;

- **Vocação do curso:** Não é apresentando no documento;
- **Formas de realização da interdisciplinaridade:**

Currículo flexível assegurando tratamento interdisciplinar e contextualizado, envolvendo teoria e prática dos conhecimentos da área da Informática necessários ao exercício de uma prática docente autônoma.

- Modos de integração entre teoria e prática:

Para alcançar essa meta, o Curso de Licenciatura em Computação busca desenvolver forte vínculo entre teoria e prática, maior interação entre educador e educando, bem como motivar o aluno, a partir de um trabalho didático organizado, coerente, que transmita credibilidade.

- Formas de avaliação e acompanhamento do ensino, da aprendizagem e do curso:

O processo avaliativo da Licenciatura em Computação na modalidade a distância segue as orientações contidas nas Resoluções nº 118/2007 e nº 89/2009 da UFGD;

- Modos da integração entre graduação e pós-graduação:

Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC/CNPq), que serve como incentivo para os alunos serem iniciados em pesquisas científicas. Os projetos de pesquisa, nos quais os alunos participam, devem ter qualidade acadêmica e mérito científico. A participação nesses projetos oportuniza um retorno aos acadêmicos na sua formação, despertando a vocação científica e incentivando o ingresso na pós-graduação.

- Tópicos Fixos: Esses tópicos são fixos para todos os cursos e são definidos pelas Diretrizes de cada curso. A seguir estão as Subclasses:

- Perfil dos Egressos:

O Curso de Licenciatura em Computação é constituído de elementos complexos e interrelacionados que abrangem aspectos organizacionais, humanos e tecnológicos, exigindo uma abordagem multidisciplinar no que diz respeito à criatividade e inovação na resolução dos problemas. Dessa forma, espera-se que esse profissional seja capaz...

- Competências;

As competências apresentadas pelo egresso do Curso de Licenciatura em Computação da UFGD refletem a

assimilação e integração desses conhecimentos, complementando-as com as habilidades de relacionamento interpessoal, comunicação e trabalho em equipe, desenvolvidas...

- Habilidades;

Habilidades de relacionamento interpessoal, comunicação e trabalho em equipe, desenvolvidas...

- Atitudes;

Não foi descrito no Documento.

- Conteúdos Curriculares;

Núcleo de Conhecimentos Básicos e Específicos de Formação Geral; Núcleo integrador; Núcleo de formação pedagógica e humanística.

- Organização do Curso:

Para proceder a organização curricular das disciplinas integrantes do Curso de Licenciatura em Computação, na modalidade a distância, na UFGD, buscou-se relação de integração entre a teoria e a prática relativa à fundamentação teórica, tendo em vista os preceitos do compromisso social, ética, trabalho coletivo e especificidades do profissional da educação.

- Estágio Supervisionado;

A partir do 5º semestre, os discentes podem realizar o Estágio Curricular Supervisionado em escolas e empresas da região, com carga horária total de 400 horas-aula. O acompanhamento/avaliação do desenvolvimento do estágio é realizado por professores tutores, dispo de instrumentos de acompanhamento, controle e avaliação e que busca se adequar aos preceitos da normatização prevista pelo MEC para o Ensino Superior, tendo como base a Lei n.º 11.788/2008, relativa à adequada formação cultural e profissional do educando.

- Trabalho de Curso:

O Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) é um trabalho desenvolvido no sétimo e oitavo semestres, totalizando uma carga horária de 120 horas aula, obedecendo a um regulamento próprio. O objetivo geral do TCC é proporcionar ao discente a oportunidade de utilizar os

conhecimentos adquiridos durante o curso de bacharelado na solução de um problema real, assim como desenvolver no estudante o espírito pesquisador, a capacidade de síntese e a expansão de sua visão da área de abrangência do curso.

- Atividades Complementares;

As atividades complementares constituem atividades extraclasse, limitadas em 200 horas-aula, a serem desenvolvidas pelos alunos durante o período de duração do curso. A forma de acompanhamento das atividades complementares e avaliação serão feitas por equipe de tutoria previamente orientada e destinada a esse fim.

- Acompanhamento;

Em termos de orientação e acompanhamento de atividades, a coordenação do CURSO DE LICENCIATURA EM COMPUTAÇÃO funciona diariamente em instalações equipadas com computador, telefone e acesso à Internet. As informações sobre o curso encontram-se disponíveis no site <http://www.ufgd.edu.br/ead/licenciaturaemcomputação> e para facilitar a comunicação entre a coordenação do curso, discentes, docentes e outros se disponibilizam neste site um formulário eletrônico para envio de e-mails ao coordenador do curso.

- Avaliação.

Art. 16 - A avaliação do plano de trabalho e do relatório parcial será feita pelo orientador e a avaliação do relatório final de pesquisa será feita, em primeira instância, pelo orientador para encaminhar ou não à apresentação oral pública da avaliação final.

§ 1º - Serão atribuídos conceitos, de forma parcial, ao e ao projeto de pesquisa e relatório final em forma de artigo (ambos em TCC I); ao relatório parcial de pesquisa e ao relatório final da pesquisa (ambos em TCC II).

§ 2º - Para a aprovação do acadêmico em TCC I e TCC II o mesmo precisará obter o conceito final de Aprovado.

- Tópicos Gerais (Topicos_Gerais), esses tópicos são definidos por Pareceres e Resoluções específicos. A seguir estão as Subclasses:

- Definição de Carga Horária: 3055;

- Definição de Duração do Curso: 8 módulos;

- Definição de Integralização do Curso: Mínimo 8 módulos e máximo 14 módulos.

5. Pareceres e Resoluções do Órgão de supervisão e deliberação das diretrizes (Pareceres_Resolucoes) e as seguintes Subclasses:

- Supervisão de Instituições: Não foram utilizados.
- Deliberações das Diretrizes Curriculares:
 - Orientações de definição das Diretrizes Curriculares: Parecer CNE/CES nº 109, de 13 de março de 2002;
 - Recurso contra decisões: Não foi utilizado;
 - Retificação de Pareceres e Resoluções: Não foi utilizado;
 - Respostas de consultas: Não foi utilizado;
 - Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação de determinado curso: Parecer CNE/CES nº 136/2012, aprovado em 8 de março de 2012;
- Supervisão de cursos:
 - Credenciamento de Cursos: Parecer e Resolução de Credenciamento do Curso;
 - Descredenciamento de Cursos: Não foi utilizado;
 - Recredenciamento de Cursos: Não foi utilizado;
 - Autorização de Cursos: Parecer e Resolução de autorização do Curso;
 - Reconhecimento de Cursos: Não foi utilizado;
 - Avalia os Cursos: Parecer e Resolução de avaliação do Curso.
- Supervisão de currículos:
 - Credenciamento de Currículos: Parecer e Resolução de credenciamento de Currículo;
 - Descredenciamento de Currículos: Não foi utilizado;
 - Recredenciamento de Currículos: Não foi utilizado;
 - Autorização de Currículos: Parecer e Resolução de autorização do Currículo;

- Reconhecimento de Currículos: Parecer e Resolução de reconhecimento do Currículo;
 - Avalia as Currículos: Parecer e Resolução de avaliação do Currículo.
- Pareceres e Resoluções específicos para a definição de Tópicos gerais:
 - Definição de Carga Horária: 3055;
 - Definição de Duração do Curso: Define_Duracao;
 - Definição de Integralização do Curso: Mínimo 8 módulos e máximo 14 módulos.
6. Câmara de Ensino Superior: Câmara de Ensino Superior do CNE;
 7. Órgão de supervisão e deliberação: Conselho Nacional de Educação - CNE;
 8. Órgão proponente: Ministério da Educação - MEC;
 9. Diretrizes Curriculares dos Cursos de Graduação: Diretrizes Curriculares do Curso de Graduação em Computação Licenciatura;
 10. Gestores das IES's: Comissão da UFGD;
 11. Instituições de Ensino Superior:
 - Faculdades: Não se aplica;
 - Universidades: Universidade Federal da Grande Dourados;
 - Centros Universitários: Não se aplica;
 - Institutos Federais de Educação Ciência e Tecnologia: Não se aplica;
 - Centros Federais de Educação Tecnológica (Cefets): Não se aplica.

Depois de instanciar todas as classes acima, o passo 7 da Metodologia 101 está completo. Com o auxílio da Metodologia e da Ferramenta escolhida foi possível implementar a ontologia e instanciá-la. Na figura 4.11 pode ser observada a instanciamento da classe Objetivos Gerais.

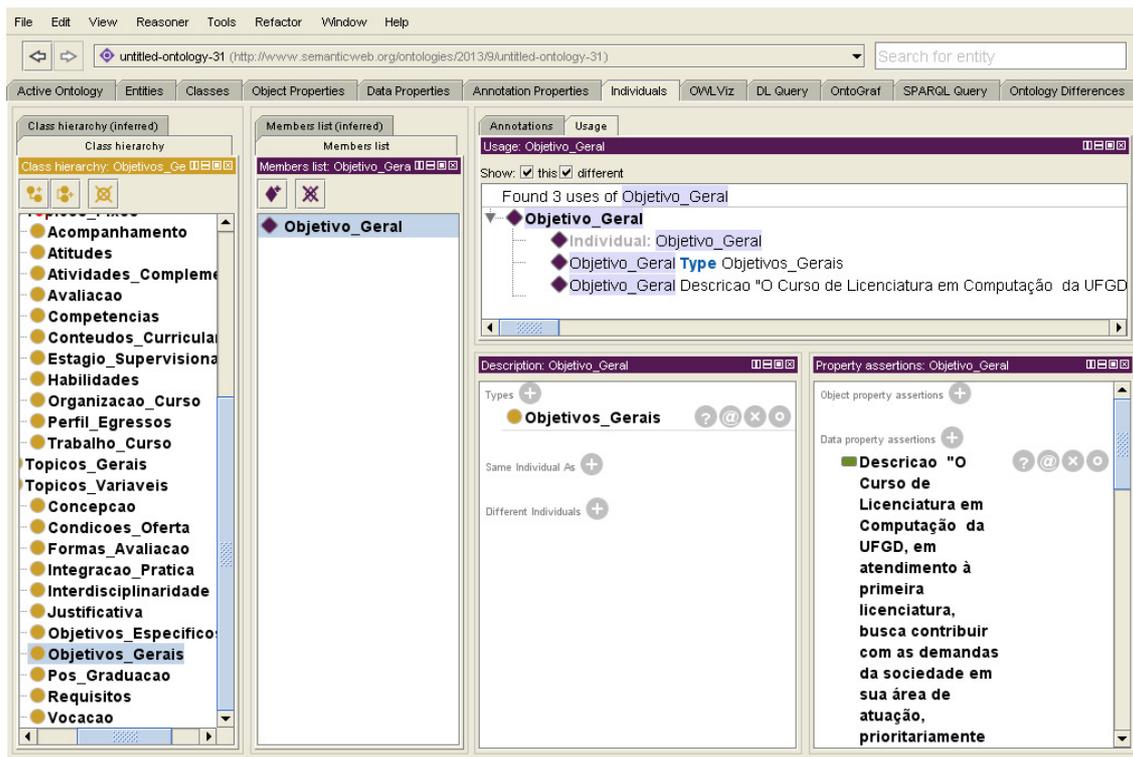


Figura 4.11: Classe Objetivo Geral. Fonte: (Protégé).

Capítulo 6

Considerações Finais e Trabalhos Futuros

Considerações Finais

A Modelagem de Dados possibilitou, através da abstração do mundo real, a identificação dos processos e dos atores, assim como suas possíveis relações. A ontologia por sua vez possibilitou a explicitação das propriedades e restrições existentes entre os processos e os atores. O desenvolvimento da ontologia para o apoio a atividade de elaboração e gestão de Currículos de cursos de Graduação explicitou conceitos relacionados ao domínio, facilitando e auxiliando na compreensão do processo de gestão e elaboração de Currículos. Esse compartilhamento de conhecimento explicita a motivação inicial deste trabalho, frisada por Santos (2006), “uma das principais motivações na construção de uma ontologia é a possibilidade de compartilhamento do conhecimento”.

A metodologia 101 se mostrou eficaz ao ser trabalhada em conjunto com a ferramenta Protégé. Foi possível seguir os passos descritos no método para a construção da ontologia através da ferramenta, que proporciona um ambiente de fácil manipulação para usuários iniciantes em ontologia. Assim, fica reforçada a possibilidade de uma manutenção futura da ontologia, conforme necessidades específicas. Quanto à linguagem OWL, a ferramenta Protégé possibilita a exportação do código nessa linguagem, possibilitando assim o reuso do código que será disponibilizado em bibliotecas de ontologias

Um ponto fundamental alcançado nesse trabalho é a possibilidade de troca de informações, partindo do pressuposto utilizado por Marietto (2002) apud Araujo (2006) que enfatiza o reuso do conhecimento através da disponibilização e manutenção de uma ontologia. A disponibilização da ontologia desenvolvida neste trabalho estimula pessoas interessadas no assunto para que atuem diretamente na manutenção, inserindo e modificando a estrutura da ontologia de acordo com suas necessidades específicas e alterações no contexto do domínio trabalhado.

É necessário ressaltar a importância do desenho metodológico utilizado, o qual mostrou-se eficaz na investigação, identificação e solução do problema proposto. Com a utilização da problematização foi possível estabelecer uma investigação partindo da realidade, com o levantamento de pontos importantes, e uma posterior aplicação da hipótese, por meio da instanciação da ontologia, retornando a realidade como sugere o método do Arco de Maguerez.

Este trabalho proporcionou um ganho pessoal expressivo, pesquisas sobre os Currículos e todo o processo de elaboração e gestão geraram um ganho pessoal

imensurável. Com a teorização e a implementação da Modelagem de Dados e da ontologia, foi possível trabalhar com uma grande quantidade de conceitos, além de poder colocar em prática vários conhecimentos já adquiridos ao longo da minha graduação.

Trabalhos Futuros

Dentre as possibilidades futuras de investigações, identifica-se a constante busca pelo aprimoramento da ontologia, por meio de modificações decorrentes de necessidades específicas de pessoas interessadas na atividade de gestão e elaboração de Currículos de Cursos de Graduação, para que seja possível adequar a ontologia.

Deve ser levado em consideração o princípio da Reusabilidade e Manutenção, assim a ontologia será disponibilizada para que assim esteja sempre em manutenção afim de que não caia em desuso por Obsolescência. Modificações devem ser feitas de acordo com necessidades e modificações apresentadas com o passar do tempo.

Uma investigação futura interessante é a possível implementação de uma aplicação que forneça uma interface para comunicação com o usuário, utilizando a ontologia como base.

Referências

- CENSO. Censo da Educação Superior. Disponível em:
<http://portal.inep.gov.br/web/centso-da-educacao-superior/centso-da-educacao-superior>.
Acessado em: 03/10/2013
- INEP. Resumo técnico Censo da Educação Superior. Disponível em:
<http://portal.inep.gov.br/web/centso-da-educacao-superior/resumos-tecnicos>. Acessado em:
03/10/2013
- LDB. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, Lei nº 9.394. Disponível em:
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm. Acessado em: 07/09/2013
- LEI nº 9.131. Lei nº 9.131, de 24 de Novembro de 1995. Disponível em:
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19131.htm . Acessado em: 07/09/2013
- E. S. SANTOS. Uma proposta de integração de sistemas computacionais utilizando ontologias. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília. Departamento de Ciência da Computação, 2006. Disponível em : <http://monografias.cic.unb.br/dspace/handle/123456789/62>. Acessado em: 05/10/2013
- K. C. DUARTE and R. A. FALBO. Uma ontologia de qualidade de software. In Anais do VII Workshop de Qualidade de Software, João Pessoa - Paraíba. Brasil, 2000.
- M. ARAUJO. Educação a distância e a web semântica: modelagem ontológica de materiais e objetos de aprendizagem para a plataforma COL. Master's thesis, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. Disponível em: www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3141/tde-22072005-165858/publico/lastTese.pdf. Acessado em: 06/10/2013
- J. BORDENAVE and A. PEREIRA. Estratégias de ensino aprendizagem. Vozes, Rio de Janeiro, 1982.
- T. R. GRUBER. A translation approach to portable ontology specifications. *Knowl. Acquis.*, 5(2):199–220, June 1993.
- N. GUARINO, N. Formal Ontology, Conceptual Analysis and Knowledge Representation, *International Journal of Human-Computer Studies*, 43(5-6):625–640, 1995.
- ARISTÓTELES, *Metafísica*. Tradução de Leonel Vallandro. Porto Alegre: Globo, 1969.
- J. MCCARTHY. Circumscription -- A Form of Non-Monotonic Reasoning, *Artificial Intelligence*, 5(13): 27-39, 1980.
- P. J. HAYES. The Second Naive Physics Manifesto, in Hobbs and Moore (eds.), *Formal Theories of the Common-Sense World*, Norwood: Ablex, 1985.
- J.F. SOWA. *Conceptual Structures. Information Processing in Mind and Machine*, Reading, MA: Addison Wesley, 1984.

Standard Upper Ontology Working Group (SUO) IEEE P1600.1. Disponível em: <http://suo.ieee.org>. Acessado em 06/10/2013

O. CORCHO, M. FERNÁNDEZ-LÓPEZ, A. GÓMEZ-PÉREZ, “Chapter 3: Ontological Engineering: what are ontologies and how can we build them”, in J. Cardoso eds., “Semantic Web Services: Theory, Tools and Applications”, IGI Global Publisher, March 31, 2007.

N.Y. KOBASHI. Vocabulário controlado: Estrutura e utilização. 2008.

V. LINEU. *Carlos Genera Plantarum, secundum ordines naturales disposita juxta methodum in Horto Regio Parisiensi exaratam, anno 1774*. MS. notes. Paris, 1789.

ANSI/NISO Padrão norte-americano. ANSI/NISO Z39.19, 2003.

L. ROSENFELD and P. MORVILLE. *Information architecture for the World Wide Web*. Sebastopol. CA: O'Reilly, 2002.

R. NECHES, R. E. FIKES, T. FININ, T. R. GRUBER, T. SENATOR, W. R. SWARTOUT, “Enabling technology for knowledge sharing”, *AI Magazine*, Vol.12(3):36-56, 1991.

T. R. GRUBER, “Toward Principles for Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing”, In: N. Guarino and R. Poli (eds.), *Formal Ontology in Conceptual Analysis and Knowledge Representation*, Kluwer Academic Publishers, 1993.

W. N. BORST, “Construction of Engineering Ontologies”, University of Twente, Enschede, The Netherlands - Centre for Telematica and Information Technology, 1997.

N. GUARINO. Formal ontology and information systems. In FOIS 98: Proceedings of the International Conference On Formal Ontology In Information Systems, Trento, Italy. Amsterdam, 1998, IOS Press, pp. 3-15.

N. F. NOY. And D. L. MCGUINNESS. “Ontology Development 101: A Guide to Creating your First Ontology”, Stanford Knowledge Systems Laboratory Technical Report KSL-01-05, 2001.

A. G. PÉREZ. *Ontological engineering: A state of the art*. Expert Update. British Computer Society, 1999. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.28.8567>. Acessado em: 07/10/2013.

T. R. GRUBER. Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing. *International Journal Human-Computer Studies*, 43. November 1995, pp. 907-928. Disponível em: http://ksl-web.stanford.edu/KSL_Abstracts/KSL-93-04.html. Acessado em: 08/10/2013

T. R. GRUBER. “Toward Principles for Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing”, In: N. Guarino and R. Poli (eds.), *Formal Ontology in Conceptual Analysis and Knowledge representation*, Kluwer Academic Publishers, 1993.

M. GRÜNINGER. And J. LEE. “Ontology Applications and Design”, *Communications of the ACM*, 45(2), pp. 39–41, 2002.

M. USCHOLD. M. GRÜNINGER. “Ontologies: Principles, Methods and Applications”, *Knowledge Engineering Review*, Vol.11(2):93-155, 1996.

G. Van HEIJST, A. Th. SCHREIBER, B. J. WIELINGA, “Using explicit ontologies in kbs development”, *International Journal of Human-Computer Studies*, Vol.45:184-292, 1997.

N. GUARINO, “Formal ontology and information systems”, *Proceedings of Formal Ontology and Information Systems (FOIS 1998)*, pp. 3–15, 1998.

O. LASSILA, D. L. MCGUINNESS, “The Role of Frame-Based Representation on the Semantic Web”, *Knowledge Systems Laboratory, Report KSL-01-02*, January, 2001.

M. FERNANDEZ, A. GÓMEZ-PÉREZ, N. JURISTO, “METHONTOLOGY: from ontological art towards ontological engineering”, *Proceedings of the AAAI97 Spring Symposium Series on Ontological Engineering*, pp. 33–40, 1997.

M. B. ALMEIDA. M. P. MAX. Uma visão geral sobre ontologias: pesquisa sobre definições, tipos, aplicações, métodos de avaliação e de construção. *Ciência e Informação*, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ci/v32n3/19019.pdf>. Acessado em: 08/10/2013.

A. De NICOLA, and M. MISSIKOFF, “A proposal for a unified process for ontology building: UPON”, *Lecture Notes in Computer Science*, Volume 3588, Pages 655 – 664, 2005.

M. S. FOX. M. GRUNINGER. Enterprise modeling. *AI Magazine*, AAAIPress, Fall 1998.

D. B. LENAT. R. V. GUHA. Building large knowledge-based systems. Massachusetts: Addison-Wesley 372 p., 1990.

S. STAAB. Knowledge processes and ontologie. *Intelligent systems. IEEE*, v.16, n. 1, p. 26-34, Jan./Feb. 2001.

B. SWARTOUT. Toward distributed use of large-scale ontologies. In: *Proceedings of AAAI97, Spring Symposium Series Workshop on Ontological Engineering, 1997.*[S. l.] : AAAI Press, 1997. p. 138-148.

A. FARQUHAR, R. FIKES and J. RICE. The ontolingua server: a tool for collaborative ontology construction. In the 10th Knowledge Acquisition for Knowledge-Based Systems (KAW'96), Canada, 1996.

J. DOMINGUE. Tadzebao and WebOnto: Discussing, browsing, and editing ontologies on the Web. *Proceedings of the 11th Banff Knowledge Acquisition Workshop*, Banff, Alberta, Canada, April 18-23, 1998.

A. GÓMEZ-PÉREZ, J. C. ARPÍREZ, O. CORCHO and M. FERNÁNDEZ-LÓPEZ. WebODE: a workbench for ontological engineering. *First International Conference on Knowledge Capture (K-CAP'01)*. Victoria B. C. (Canada). 2001.

A. MAEDCHE, H. P. SCHNURR, S. STAAB, and R. STUDER. Representation language-neutral modeling of ontologies. In *workshop: Modellierung 2000*, St. Goar, Germany, 2000.

S. BECHHOFFER, I. HORROCKS, C. GOBLE, and R. STEVENS. Oiled: a reasonable ontology editor for the semantic web. In *Working Notes of the 2001 Int. Description Logics*

Workshop (DL-2001), 2001. <http://SunSITE.Informatik.RWTH-Aachen.DE/Publications/CEUR-WS/>.

K. BREITMAN. Web Semântica: a Internet do Futuro, volume 1. LTC, 2005.

N. F. NOY, R. W. FERGERSON and M. A. MUSEN. The knowledge model of protégé-2000: combining inter-operability and flexibility. In proceeding of the 2nd International Conference on Knowledge Engineering and Knowledge Management(EKAW'2000), Juan-les-Pins, France, 2000.

M. B. ALMEIDA and M. P. BAX. Uma visão geral sobre Ontologias: pesquisa sobre definições, tipos, aplicações, métodos de avaliação e de construção. n. 3, Ci. Inf., Brasília, v. 32, set./dez. 2003, p. 7-20.

J. DOMINGUE, E. MOTTA, O. CORCHO Garcia. “Knowledge Modelling in WebOnto and OCML: A User Guide”, Version 2.4, Knowledge Media Institute, The Open University, 1999. Disponível em <http://kmi.open.ac.uk/projects/ocml/ocml-webonto-guide.zip>. Acessado em: 10/10/2013.

M. KIFER, G. LAUSEN, J. WU, “Logical Foundations of Object-Oriented and Frame-based Languages”, Journal of the ACM, Vol.42(4):741-843, 1995.

M. R. GENESERETH, R. E. FIKES. “Knowledge Interchange Format”, Version 3.0, Reference Manual, Technical Report 92-1. Computer Science Department. Stanford University, California, 1992. Disponível em <http://logic.stanford.edu/kif/Hypertext/kif-manual.html>. Acessado em: 10/10/2013.

V. CHAUDHRI, A. FARQUHAR, R. FIKES, P. KARP, J. RICE, “Open Knowledge Base Connectivity 2.0.3”, Protocol proposed by: Artificial Intelligence Center of SRI International and the Knowledge Systems Laboratory of Stanford University, 1998.

T. BRAY, J. PAOLI, C. M. SPERBERG-MCQUEEN, E. MALER, F. YERGEAU, “Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Third Edition)”, W3C Recommendation, February, 2004. Disponível em <http://www.w3.org/TR/REC-xml>. Acessado em: 10/10/2013.

O. LASSILA, R. SWICK. “Resource Description Frame-work (RDF) Model and Syntax Specification”, W3C Recommendation, 1999. Disponível em <http://www.w3.org/TR/REC-rdf-syntax>. Acessado em: 11/10/2013.

D. BRICKLEY, R. V. GUHA, “RDF Vocabulary Description Language 1.0: RDF Schema”, W3C Working Draft, 2002. Disponível em <http://www.w3.org/TR/PR-rdf-schema>. Acessado em: 11/10/2013.

D. FENSEL, I. HORROCKS, F. van HARMELEN, S. DECKER, M. ERDMANN, M. KLEIN, “OIL in a nutshell”, “Knowledge Acquisition, Modelling, and Management”, In Proceedings of the European Knowledge Acquisition Conference (EKAW-2000), LNAI, Springer-Verlag, 2000.

I. HORROCKS, P. F. PATEL-SCHNEIDER and F. van HARMELEN. “Reviewing the design of DAML+OIL: An ontology language for the semantic web”, In Proceedings of the 18th National Conference on Artificial Intelligence, pp. 792-797, AAAI Press, 2002.

D. MCGUINNESS and F. HARMELEN. “OWL Web Ontology Language Overview”, W3C Recommendation, 10/Fevereiro/2004. Disponível em <http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-features-20040210/>. Acessado em: 11/10/2013.

H. HORRIDGE, H. KNUBLAUCH, A. RECTOR, R. STEVENS and C. WROE. A Practical Guide To Building OWL Ontologies Using The Protégé-OWL Plugin and CO-ODE Tools. Edition 1.0, 2004 - Disponível em: http://www.co-ode.org/resources/tutorials/ProtegeOWL_Tutorial.pdf. Acessado em: 11/10/2013.

P. COUGO. Modelagem Conceitual e Projeto de Banco de Dados. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

E. W. CAZARINI. O que é modelagem de dados. Disponível em: <http://143.107.238.234/cazarini/Sep5745/2000/Gr1/Sem-01.htm>. Acessado em: 12/10/2013.

P. P. CHEN. The entity-relationship model – Toward a Unified View of Data, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts, 1976.

S. RODRIGUES. Disponível em: http://www.sergiorodrigues.net/aulas/downloads/bd1/bd1_apostila2_Modelagem.pdf. Acessado em: 14/10/2013.

C. A. HEUSER, Carlos Alberto. Projeto de Banco de Dados, Porto Alegre: Instituto de informática da UFRGS, Sagra Luzzato, 2001 Série livros didáticos n.º 4.

C. A. HEUSER. Projeto de Banco de Dados. Artmed, 2008.

C. H. CÂNDIDO. brModelo: FERRAMENTA DE MODELAGEM CONCEITUAL DE BANCO DE DADOS. Monografia de Pós Graduação, 2004.

CNE. Conselho Nacional de Educação. Disponível em : http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=12812&Itemid=866. Acessado em: 14/10/2013.

Protégé Ontology Library. Disponível em http://protegewiki.stanford.edu/index.php/Main_Page. Acessado em: 15/10/2013

OntoLP. Disponível em: <http://www.inf.pucrs.br/~ontolp/downloads.php>. Acessado em: 15/10/2013.

DAML Ontology Library. Disponível em: <http://www.daml.org/ontologies/>. Acessado em: 15/10/2013.

L. SILVERSTON, W. H. INMON and K. GRAZIANO. The Data Model Resource Book. Wiley, 1997. ISBN 0-471-15364-8. Reviewed by Van Scott on tdan.com, 2007.

PPC Projeto Pedagógico do Curso de Primeira Licenciatura em Computação. Disponível em: http://portalead.ufgd.edu.br/wp-content/uploads/2013/04/PPC_-_LICENCIATURA_EM_COMPUTACAO_-_12-12-2012.pdf. Acessado em 28/11/2013.

BRANSKI, FRANCO e LIMA. Metodologia de estudo de caso aplicada à logística. Disponível em: http://www.lalt.fec.unicamp.br/scriba/files/como_produzir/portugues/ANPET%20%20METODOLOGIA%20DE%20ESTUDO%20DE%20CASO%20-%20COM%20AUTORIA%20-%20VF%2023-10.pdf. Acessado em: 18/12/2013.

W3C Linguagens. Dinsponivel em <http://www.w3.org/2006/Talks/1023-sb-W3CTechSemWeb/SemWebStack-tbl-2006a.png>. Acessado em 11/12/2013.

A. C. GIL. Como elaborar projetos e pesquisa. 3a ed. São Paulo: Atlas; 1995

J. GERRING and J MCDERMOTT. An experimental template for case study research. *American Journal of Political Science*, v.51, n. 3, p. 688 – 701, 2010.