



**Universidade de Brasília – UnB.
Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Ciência da
Documentação e Informação – FACE.
Departamento de Ciência da Informação e Documentação – CID.
Curso de Biblioteconomia.**

**Modelagem conceitual: a construção de uma ontologia
sobre Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) para fomentar a
disseminação de seus conceitos**

Fernanda de Souza Monteiro

Brasília, março de 2006.



**Universidade de Brasília – UnB.
Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Ciência da
Documentação e Informação – FACE.
Departamento de Ciência da Informação e Documentação – CID.
Bacharelado em Biblioteconomia.**

**Modelagem conceitual: a construção de uma ontologia
sobre Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) para fomentar a
disseminação de seus conceitos.**

Fernanda de Souza Monteiro

*Monografia apresentada ao Curso
de Biblioteconomia da Universidade
de Brasília como parte dos
requisitos para obtenção do título de
Bacharel em Biblioteconomia.*

Profa. Dra. Marisa Brascher Basílio Medeiros (CID/UnB) – Orientadora.

Prof. Dr. Jorge Henrique Cabral Fernandes (CIC/UnB) – Membro.

Profa. Dra. Elmira Simeão (CID/UnB) – Membro.

Brasília, março de 2006.

Fernanda de Souza Monteiro

Modelagem conceitual: a construção de uma ontologia sobre Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) para fomentar a disseminação de seus conceitos.

Monografia apresentada ao Curso de Biblioteconomia da Universidade de Brasília como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Biblioteconomia.

Orientadora: Profa. Dra. Marisa Brascher Basílio Medeiros.

Brasília, março de 2006.

Universidade de Brasília – UnB
 Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Ciência da Documentação
 e Informação – FACE.
 Departamento de Ciência da Informação e Documentação – CID.
 Bacharelado em Biblioteconomia.

Coordenadora do CID: Profa. Dra. Sofia Baptista Galvão
 Coordenador da graduação: Prof. Dr. Tarcísio Zandonade

Banca examinadora composta por:

Profa. Dra. Marisa Brascher Basílio Medeiros (Orientador) - CID/UnB.
 Prof. Dr. Jorge Henrique Cabral Fernandes - CiC/UnB
 Profa. Dra. Elmira Simeão - CID/UnB

CIP – Catalogação Internacional na Publicação

M772m

Monteiro, Fernanda de Souza.

Modelagem conceitual: a construção de uma ontologia sobre
 Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) para fomentar a disseminação de
 seus conceitos / Fernanda de Souza Monteiro._ 2006, 132 f : il; 29,5
 cm._Universidade de Brasília, Brasília, (Monografia) – Universidade
 de Brasília, Brasília, 2006.

1. Modelagem conceitual	2. Representação	do
Conhecimento	3. Ontologias	4. Protégé
I. Título.		5. ACV
		CDU 004.414.23:002

Endereço: Universidade de Brasília
 Campus Universitário Darcy Ribeiro – Asa Norte
 CEP 70910-900

Brasília – DF – Brasil

FERNANDA DE SOUZA MONTEIRO

Modelagem conceitual: a construção de uma ontologia sobre Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) para fomentar a disseminação de seus conceitos.

Monografia apresentada ao Curso de Biblioteconomia da Universidade de Brasília como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Biblioteconomia.

Aprovada em: _____

BANCA EXAMINADORA:

Profa. Dra. Marisa Brascher Basílio Medeiros
(CID/UnB) – Orientadora

Prof. Dr. Jorge Henrique Cabral Fernandes
(CIC/UnB) – Membro

Profa. Dra. Elmira Simeão
(CID/UnB) – Membro

Brasília, março de 2006.

Dedicatória

A meus amigos e familiares, pela afetuosidade, pelo reconhecimento e por aturar, corajosamente, minha inquietude. A todos àqueles que me fazem feliz ao ver seus esforços recompensados.

Agradecimentos

A conclusão de um trabalho como este é mais um passo dado em direção ao desenvolvimento pessoal. Aprimorar meus conhecimentos e contribuir intelectualmente, ainda que de forma singela, aos pares e demais pessoas afetadas pelos esforços desta pesquisa é almejar o melhor e procurar novas oportunidades, enfrentando com destreza os desafios que freqüentemente insistem em aparecer. Ao concretizar esta monografia, é justo expressar minha gratidão a pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para sua realização. Pessoas que, sem perceber, me motivaram e me fizeram passar por cima das tantas dificuldades encontradas. Agradeço a uma força superior que me ínsita a percorrer o caminho mais longo para enaltecer o mérito de superar obstáculos e cumprir metas. Um caloroso agradecimento a meus familiares e amigos que, sem dúvidas, estão satisfeitos e orgulhosos por esta etapa vencida, especialmente àqueles que têm a grandeza de reconhecer que todo esforço é válido quando se têm objetivos. Obrigado a minha amiga Conceição pelo apoio incondicional e paciência durante toda essa trajetória. Aos seres especiais, Juan, Paulo e Kalivan, uma enorme gratidão pelos momentos de prazer e carinho que, afetosamente, complementam esta vitória. Agradeço a meus professores e colegas da UnB, pelo incentivo e amizade. Ao professor Jorge Fernandes, uma pessoa formidável, que engrandece a Academia com seus princípios e sabedoria e muito contribuiu no desenvolvimento deste trabalho, sempre sendo gentil e solícito. A professora Marisa Bascher, paciência e objetividade num mesmo sorriso, pela sua disponibilidade, apoio e perseverança. Sem citar nomes, mas com respeito e carinho, agradeço as pessoas que passaram pela minha vida (ou que ainda fazem parte dela) e, com um gesto ou simples palavras, acrescentaram em mim algo de virtuoso sem mesmo saberem o quão são especiais para mim. Valeu a correria, o sufoco, as experiências, os momentos de risadas e o conhecimento adquirido ao longo desta caminhada.

**"As coisas do espírito que não passaram
pelos sentidos são inúteis".**
Leonardo da Vinci (1452-1519)

Resumo

Este trabalho propõe uma modelagem conceitual, efetivada com o desenvolvimento de uma ontologia, a Ontologia ACV, para fomentar a disseminação dos conceitos do domínio Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). ACV é uma metodologia para avaliar o impacto ambiental de um produto, tida como uma ferramenta de gestão ambiental. No contexto brasileiro, o IBICT vem desenvolvendo projetos que viabilizam a sua aplicação, sendo neste ambiente que se insere esta pesquisa. Com foco na organização e no acesso à informação sobre esta área de conhecimento, desenvolveu-se uma ontologia de domínio, para estruturar os conceitos e definir regras de combinação e relação entre termos. Isto permite o entendimento comum e compartilhado do domínio, favorecendo sua exploração e compreensão. Para tanto, apresenta-se uma fundamentação teórica composta pela abordagem de modelagem conceitual, ontologias, a ferramenta utilizada para edição de ontologias, Protégé, e o domínio estruturado, ACV. Foi elaborado também, um Roteiro para construção da Ontologia ACV que descreve todas as etapas deste processo, como seu planejamento, desenvolvimento, manutenção e utilização prática, compondo assim, sua documentação. O modelo desenvolvido constitui uma representação simplificada e abstrata do universo do discurso, que permite descrever e fornecer informações que servem de referência para a observação, estudo ou análise do mesmo, de acordo com o objetivo proposto pela pesquisa.

Palavras-chave

Modelagem conceitual; Representação do conhecimento; Ontologias; Protégé; Avaliação de Ciclo de Vida (ACV).

Abstract

Researches considers a modelling of knowledge, accomplished with the development of a ontology, Ontologia ACV, to foment the dissemination of the concepts of the domain Life Cycle Assessment (LCA). LCA is a methodology to evaluate the ambient impact of a product, had as a tool of ambient management. With focus in the organization and the access to the information on this area of knowledge, a ontology of domain was developed, to structuralize the concepts and to define rules of combination and relation between terms. This allows the agreement common and shared of the domain, favoring its exploration and understanding. For in such a way, one presents a overview of modelling of knowledge, ontologies, the tool used for edition of ontologies, Protégé, and the structuralized domain, LCA. It was also elaborated, a Script for construction of Ontologia ACV that describes all the stages of this process, as its planning, development, maintenance and practical use, thus composing, its documentation. Model developed constitutes representation simplified and abstract of universe of speech, that it allows to describe and to supply information that serve of reference for the comment, study or analysis of exactly, in accordance with the objective considered for the research.

Keywords

Modelling of knowledge; Knowledge representation; Ontologies; Protégé; Life Cycle Assessment (LCA).

Lista de ilustrações

Figura 1 – Ciclo de revisão da ontologia de um projeto no Protégé.....	43
Figura 2 – Relacionamento entre conceitos.....	45
Figura 3 – Classe <i>ACV: análise do ICV</i> e seus <i>slots</i>	48
Figura 4 – Classe <i>produto</i>	49
Figura 5 – Classe <i>Ciclo de Vida (CV)</i>	49
Figura 6 – Instância da classe <i>produto</i>	50
Figura 7 – Instância da classe <i>Ciclo de Vida (CV)</i>	50
Figura 8 – Formulário gerado automaticamente pelo Protégé.....	51
Figura 9 – Formulário personalizado pelo usuário do Protégé.....	51
Figura 10 – Interface gráfica do Protégé: abas de edição em destaque.....	52
Figura 11 – Aspecto geral da aba de navegação e edição de classes do Protégé.....	53
Figura 12 – Aspecto geral da aba de navegação e edição de <i>slots</i> do Protégé.....	53
Figura 13 – Aspecto geral da aba de personalização de formulários do Protégé.....	54
Figura 14 – Aspecto geral da aba de navegação e edição de instâncias do Protégé.....	54
Figura 15 – Aspecto geral da aba de busca nas instancias do Protégé.....	55
Figura 16 – Representação do ciclo de vida de um produto “do berço à cova”	58
Figura 17 – Atividades nos cinco estágios de ciclo de vida de um produto.....	60
Figura 18 – Ilustração da metodologia da pesquisa.....	64
Figura 19 – Ilustração da Modelagem de conceitos.....	68
Figura 20 – Ilustração do Roteiro para construção da ontologia.....	70
Figura 21 – Documentação da classe <i>sistema de produto</i> , que pode ser tido como um conjunto de unidades de processo.....	80
Figura 22 – Classe abstrata <i>etapas do CV</i> e suas subclasses.....	81
Figura 23 – Classe <i>unidade de processo</i> , sua documentação e seus <i>slots</i>	81

Figura 24 – Slots da classe <i>relatório</i> e de sua subclasse <i>relatório de terceira parte</i>	83
Figura 25 – Definição de <i>impacto ambiental potencial</i> como atributo da classe <i>produto</i>	84
Figura 26 – <i>Impacto ambiental potencial</i> redefinido como uma classe com seus próprios slots.....	84
Figura 27 – Definição do slot <i>impacto ambiental causado</i> que faz referência às instâncias da classe <i>impacto ambiental potencial</i>	85
Figura 28 – <i>Slot descrição</i> , sua documentação genérica e os domínios aos quais pertence.....	86
Figura 29 – <i>Slot fronteiras do sistema de produto</i> , pertencente à classe <i>sistema de produto</i> , e seus valores.....	87
Figura 30 – Representação da herança dos slots da classe <i>fluxo</i>	87
Figura 31 – Nota do slot <i>balanço de entrada e saída</i>	88
Figura 32 – <i>Slot tipo de análise crítica</i> e suas características.....	89
Figura 33 – <i>Slot afirmação comparativa</i> com cardinalidade requerida.....	90
Figura 34 – Seleção da opção “visualizar o slot nesta classe” para alterar as características do slot <i>nome</i> para classe <i>Ciclo de Vida (CV)</i>	91
Figura 35 – Valor de <i>default</i> estipulado para o slot <i>afirmação comparativa</i>	92
Figura 36 – Hierarquia de conceitos relacionados à classe <i>análise crítica</i>	93
Figura 37 – Herança entre classes: slot tipo de relatório, herdado da classe relatório para afirmação comparativa pela classe relatório.....	94
Figura 38 – Relacionamento entre as classes saída e unidade de processo efetivado por meio do slot saídas.....	95
Figura 39 – Relacionamento entre categorias representado por uma expressão de busca na aba <i>Queries</i>	96
Figura 40 – Customização de formulários: disposição adequada dos campos	98
Figura 41 – Customização de formulários: modificação dos campos.....	98
Figura 42 – Formulário da classe <i>relatório para afirmação comparativa</i>	100
Figura 43 – Formulário da classe <i>relatório de terceira parte</i>	101
Figura 44 – Falha na representação da hierarquia de conceitos.....	104
Figura 45 – Obtenção e uso de informações para documentar o Sistema de produto Massa de celulose por meio do preenchimento de uma instância.....	111
Figura 46 – Instrução para que uma ACV atenda as especificações da norma ISO 14040 por meio do preenchimento de uma instância.....	112

Lista de Quadros

Quadro 1 – Tipos de ontologias.....	37
Quadro 2 – Ferramentas para construção, uso e edição de ontologias.....	39
Quadro 3 – Tipificação das classes no Protégé	44
Quadro 4 – Tipificação dos <i>slots</i> no Protégé.....	46
Quadro 5 – Valores possíveis para um <i>slot</i> no Protégé.....	46
Quadro 6 – Identificação dos termos da Ontologia ACV.....	79

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Cronograma das atividades relativas à pesquisa.....	73
Tabela 2 – Resumo quantitativo dos elementos que compõem a Ontologia ACV.....	119

Lista de abreviaturas e siglas

ABNT/CB38	Associação Brasileira de Normas Técnicas / Comitê Brasileiro de Gestão Ambiental.
ACV	Avaliação do Ciclo de Vida.
APEC	Ásia-Pacific Economic Cooperation.
CV	Ciclo de Vida.
CIC	Departamento de Ciência da Computação
CID	Departamento de Ciência da Informação e Documentação
EUA	Estados Unidos da América.
FID/CR	Comitê Técnico de Pesquisa de Classificação.
Finep	Empresa Financiadora de Estudos e Projetos.
HTML	<i>Hypertext Markup Language.</i>
IBICT	Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia.
ICV	Inventário do Ciclo de Vida.
JVM	<i>Java Virtual Machine.</i>
MCT	Ministério de Ciência e Tecnologia.
OWL	<i>Web Ontology Language.</i>
RDF	<i>Resource Description Framework.</i>
SISTIB	Sistema de Informação para Tecnologia Industrial Básica.
UE	União Européia.
UnB	Universidade de Brasília.
XML	<i>Extensible Markup Language.</i>
TC 207	Comissão Técnica 207 da Isso.
ISO 14040	Avaliação do ciclo de vida – Princípios e Estrutura.
ISO 14041	Avaliação do ciclo de vida – Definições de escopo e análise do inventário.
ISO 14042	Avaliação do ciclo de vida – Avaliação do impacto do ciclo de vida.
ISO 14043	Avaliação do ciclo de vida – Interpretação do ciclo de vida.
ISO TR 14047	Exemplos para a aplicação da ISO 14042.
ISO TS 14048	Formato da apresentação de dados.
ISO TR 14049	Exemplos de aplicação da ISO 14041 para definição de objetivos e escopo e análise de inventário.
ISO 14020	Rótulos e Declarações Ambientais – Princípios Básicos.
W3C	<i>World Wide Web Consortium.</i>
www	<i>World Wide Web.</i>

Sumário

1 Introdução.....	17
2 Problema.....	20
3 Justificativa.....	21
4 Objetivo geral.....	22
4.1 Objetivos Específicos.....	22
5 Revisão de literatura.....	23
5.1 Modelagem conceitual.....	23
5.1.2 Teorias que respaldam a modelagem de conceitos.....	25
5.1.2.1 A definição dos conceitos.....	25
5.1.2.2 Organização do domínio de conhecimento a ser modelado..	26
5.1.2.3 Relações conceituais.....	28
5.1.2.3 Instrumentos ou métodos para representar e organizar o conhecimento.....	30
5.2 Ontologia.....	33
5.2.1 Definições e conceitos de ontologia.....	34
5.2.2 Características de uma ontologia.....	35
5.2.3 Tipos de ontologia.....	37
5.2.4 Ferramentas utilizadas na construção de ontologias.....	38
5.3 Ferramenta Protégé: editor de ontologias e bases de conhecimento.....	40
5.3.1 Desenvolvimento de um projeto no Protégé.....	41
5.3.2 Terminologia Utilizada no Protégé.....	43
<i>Class (classe)</i>	44
<i>Slot (Atributo)</i>	46
<i>Instance (Instancia)</i>	48
<i>Form (Formulários)</i>	51
5.3.3 Visão geral do Protégé.....	52
5.4 O domínio ACV.....	55
5.4.1 ACV.....	57
5.4.2 Fases de uma ACV.....	60

<i>Definição de objetivos e escopo</i>	61
<i>Análise de ICV</i>	61
<i>Avaliação do impacto do ciclo de vida</i>	62
<i>Interpretação de resultados</i>	63
6 Metodologia	64
6.1 Revisão bibliográfica	65
6.2 Realização: procedimentos iniciais	66
6.3 Realização: Roteiro para o desenvolvimento da ontologia	66
6.4 Realização: procedimentos finais	70
7 Aplicação da metodologia e seus resultados	71
7.1 Execução dos procedimentos iniciais	71
7.1.1 Planejamento das tarefas	71
<i>Organização</i>	71
<i>Recursos necessários</i>	72
<i>Tempo investido</i>	72
7.1.2 Instalação e configuração da ferramenta Protégé	73
7.1.3 Leitura das normas	74
7.1.4 Esboço da estrutura	75
7.2 Execução do roteiro para o desenvolvimento da ontologia	75
7.2.1 Planejamento da Ontologia ACV	76
7.2.1.1 Determinação dos objetivos	76
7.2.1.2 Definição do domínio	76
7.2.1.3 Delimitação do escopo	76
7.2.1.4 Considerações à cerca da reutilização de ontologias	77
7.2.1.5 Considerações à cerca da reutilização da Ontologia ACV	78
7.2.2 Construção da Ontologia ACV	78
7.2.2.1 Modelagem dos conceitos	78
<i>Listagem dos principais termos que compõem o domínio</i>	79
<i>Especificação de classes</i>	80
<i>Estabelecimento de agrupamentos e hierarquias</i>	82
<i>Determinação de atributos</i>	83

<i>Caracterização de atributos</i>	88
<i>Estabelecimento de relacionamentos</i>	92
<i>Utilização do formulário criado pela ferramenta</i>	96
<i>Customização do formulário</i>	97
<i>Povoamento da ontologia</i>	99
7.2.3 Manutenção da ontologia.....	102
7.2.3.1 Avaliação da Ontologia ACV.....	102
7.2.3.2 Revisão da Ontologia ACV.....	103
7.2.3.3 Documentação da Ontologia ACV.....	104
7.2.4 Utilização da ontologia.....	105
7.2.4.1 Aplicação da Ontologia ACV.....	105
7.3 Execução dos procedimentos finais.....	105
7.3.1 Disponibilização.....	106
7.3.2 Sugestões de uso.....	107
<i>Web semântica e a recuperação da informação</i>	107
<i>Construção de interfaces intuitivas para sistemas de informação na Web</i>	108
<i>Indexação de documentos</i>	109
<i>Didática e aprendizado</i>	110
<i>Sistemas de informação</i>	113
7.3.3 Efeito multiplicador.....	114
8 Considerações finais.....	116
8.1 A modelagem conceitual.....	116
8.2 O uso de ontologias.....	118
8.3 O uso da ferramenta Protégé.....	121
8.4 A metodologia desenvolvida.....	121
9 Sugestões e trabalhos futuros.....	123
10 Conclusão.....	124
11 Bibliografia.....	125
Anexo A.....	130
Anexo B.....	132

1 Introdução

Todo produto do trabalho humano causa de alguma forma impacto sobre o meio ambiente. Esse impacto pode ocorrer durante a extração das matérias-primas utilizadas no processo de fabricação, no próprio processo produtivo, na sua distribuição, no seu uso, ou na sua disposição final, estas etapas constituem o Ciclo de Vida (CV) de um produto. A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma metodologia para avaliar o impacto ambiental de um produto, processo ou atividade abrangendo cada uma destas etapas (Avaliação..., 2005). Diante disto, especialistas apostam na caracterização e análise do CV como uma ferramenta de gestão ambiental em resposta à crescente preocupação em otimizar o uso dos recursos naturais, criando bases para o consumo sustentável no planeta. Esta valoração das questões ambientais pela sociedade faz da performance ambiental um requisito e, a ACV, capaz de diagnosticar potenciais conseqüências, afirma sua importância neste cenário com o estabelecimento de seus padrões na série ISO14040¹.

No Brasil, assim como em outros países da América Latina, as demandas por ações pró-ativas com relação ao consumo sustentável tiveram lugar tardiamente, se comparados, por exemplo, com as regiões econômicas União Européia (UE) e Ásia-Pacific Economic Cooperation (APEC). O processo de decisão baseado em uma ACV conduz a ações mais efetivas, por conseguinte com maior sustentação no longo prazo, com relação à redução dos custos econômicos e ambientais. O governo e as empresas brasileiras vêm lançando atenções cada vez maiores aos problemas ambientais e timidamente desponta a utilização da ACV, visto que, a exigência no mercado nacional e, principalmente, no internacional tende a aumentar valendo-se de barreiras técnicas baseadas em normas internacionais que delimitam a conformidade ambiental de produtos e serviços, momento em que esta metodologia será um argumento qualificador. Para tanto, seu conceito vem sendo difundido e sua utilização estimulada.

¹ Normas do Sistema de Gestão Ambiental com foco na avaliação de produtos e serviços para fornecer assistência às organizações de acordo com o conceito de desenvolvimento sustentável. Esta série especifica a estrutura, os princípios e requisitos metodológicos para conduzir e relatar estudos de ACV (Avaliação..., 2005).

Neste contexto, no ano de 2001, o Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT) juntamente com a empresa Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), com a aprovação do projeto para formulação e elaboração de um Sistema de Informação para Tecnologia Industrial Básica (SISTIB), reúnem um conjunto de subprojetos especialmente dirigidos à informação tecnológica da empresa nacional no tocante ao atendimento dos requisitos do comércio internacional. No âmbito destes subprojetos, encontram-se sob a responsabilidade do Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT), o desenvolvimento de bases de dados sobre a oferta e a demanda de serviços tecnológicos e de um *site* de informação sobre ACV.

Entendendo que qualquer iniciativa formal, por exemplo, de certificação com base em ACV, necessita do suporte de um inventário sobre processos industriais, ou melhor, um Inventário de Ciclo de Vida (ICV) confiável, que tenha credibilidade científica, técnica e informacional, de acordo com normas e formatos internacionais, observando-se as especificidades do Brasil, o IBICT apresentou ao MCT, o projeto *Inventário do ciclo de vida para a competitividade ambiental da indústria brasileira* (INVENTÁRIO..., 2005), com o objetivo de desenvolver uma estrutura de ICV brasileiro para armazenar e dispor dados para estudos de ACV. Este sistema de inventário será parte fundamental para a aplicação da metodologia ACV, como especificado pela série de normas ISO 14040.

A partir destas considerações, o presente estudo objetiva elaborar uma ontologia de domínio especificando relacionamentos e conceitos, extraídos de parte da série de normas ISO 14040. As informações contidas nestas normas são relevantes devido ao seu reconhecimento, porém necessitam de uma complementação com o uso de outras fontes e, os conceitos inerentes a este domínio devem ser melhor difundidos, justificando o empenho na sua disseminação por meio da modelagem de conhecimento.

Para representar o domínio ACV estruturado e formalizado, desenvolveu-se uma ontologia que preenche requisitos de abstração e significação dos conceitos (GUARINO, 1997). A utilização da ontologia na modelagem compõe uma estrutura de conceitos que define as regras que regulam a combinação e relação entre termos para viabilizar o entendimento comum e compartilhado do domínio de conhecimento,

de forma que o mesmo possa ser compreendido e explorado por pessoas e computadores (ALMEIDA; BAX, 2003).

Tendo em vista o problema que circunda a pesquisa e o respaldo de sua justificativa, optar pela modelagem dos conceitos com o uso de uma ontologia, levantou importantes aspectos a serem observados para tornar isto viável, tais como, escolher um editor de ontologias e obter conhecimento do assunto a ser modelado. Em decorrência, percebeu-se a necessidade de desenvolver uma metodologia capaz de se adequar ao contexto vislumbrado, considerando que a fundamentação teórica do estudo será obtida através de pesquisas bibliográficas em diversas fontes, abordando a modelagem conceitual, o uso de ontologias para representar conhecimento, a ferramenta para edição de ontologias Protégé, utilizada nesta modelagem e, uma explanação sobre o domínio a ser estruturado, Avaliação de Ciclo de Vida.

2 Problema

A ACV não está ainda totalmente estabelecida e difundida como uma metodologia de auxílio à tomada de decisão no setor industrial. Isto se dá devido à complexidade da metodologia, a ausência de dados para realizar a avaliação e a dificuldade na organização e utilização de dados existentes. Estes dados são um conjunto de informações coletadas e quantificadas referentes às entradas e saídas de um sistema de produto, ou seja, um balanço de massa e energia dos fluxos envolvidos no processo produtivo, denominado ICV.

Neste sentido, como suporte de apoio à disseminação de informação sobre ACV, no âmbito do projeto apresentado pelo IBICT (INVENTÁRIO..., 2005), especificado na seção anterior, cujo objetivo é divulgar a metodologia e desenvolver um ICV brasileiro, surge a proposta de organizar o domínio ACV em uma modelagem conceitual. Uma iniciativa como esta pretende otimizar o acesso à informação ao passo que provê a construção de uma ontologia com abstrações dependentes do domínio particular, especificando relacionamentos e conceitos extraídos da série de normas ISO 14040.

3 Justificativa

Documentos como a família de normas ISO 14040, anteriormente citadas, trazem informações reconhecidas sobre ACV, entretanto, pesquisadores, industriais e a sociedade em geral ainda possuem uma lacuna no conhecimento sobre essa metodologia, seus conceitos e abrangência. Esta necessidade informacional justifica o empenho na disseminação de conceitos, o que incita a modelagem de conhecimento dentro do domínio ACV. A utilização de ontologia, “especificação explícita de uma conceitualização” (GRUBER, 1999), para modelar o domínio em questão, expressa o formalismo de seus conceitos, relações, objetos e restrições de modo que possa viabilizar inferências semânticas. Ao definir os termos utilizados para descrever e representar o conhecimento sobre ACV pode se dizer que a ontologia a ser construída compor-se-á de um conjunto de regras que possibilitem a abstração de informações oferecendo vantagens como: possibilitar o compartilhamento e a interoperabilidade do conhecimento, estruturar o domínio ACV de forma que permita sua compreensão com maior clareza e objetividade, permitir a reutilização de seus conceitos em outro domínio (LUSTOSA, 2004).

4 Objetivo geral

Elaborar uma ontologia de domínio para modelar o conhecimento sobre ACV com o intuito de fornecer informação estruturada a pesquisadores, industriais e demais interessados.

4.1 Objetivos Específicos

- 1) Apresentar um roteiro para construção da ontologia, instrumento a ser utilizado na modelagem conceitual, descrevendo as etapas que podem compor este processo;
- 2) Construir e desenvolver uma ontologia utilizando a ferramenta Protégé para modelar o domínio de conhecimento ACV com base em conceitos fundamentais dispostos na série de normas ISO 14040;
- 3) Disponibilizar o modelo conceitual obtido, tendo em vista seu acesso e utilização.

5 Revisão de literatura

Apresenta-se neste capítulo o fundamento teórico necessário para atingir o objetivo do trabalho. Isto se dá, a partir de uma abordagem sobre modelagem conceitual, as teorias e os instrumentos ou métodos de abstração que permitem a representação do conhecimento inerente a conceitos. Depura-se o estudo com a escolha do uso de ontologias para a modelagem em questão, explorando sua definição, características e outros fatores que permitem atingir um bom desempenho na construção dos conceitos. Além disto, a ferramenta para edição de ontologias Protégé, utilizada nesta modelagem, será apresentada, colaborando com a realização técnica do estudo. Parte deste capítulo refere-se ainda, ao domínio estruturado, Avaliação de Ciclo de Vida.

5.1 Modelagem conceitual

Dahlberg (1978), em sua Teoria do Conceito, define conceito como a reunião e compilação de enunciados verdadeiros a respeito de determinado objeto, fixada por um símbolo lingüístico. *Objeto*, por sua vez, é tudo aquilo que nos circunda e é designado pelo homem. Estes podem ser, individuais, caracterizados por tempo e espaço, ou gerais, independentes destas duas características. Um conceito possui *atributos* ou *características* referenciadas em cada um dos seus enunciados constituindo os *elementos do conceito*, obtidos através da análise do conceito e síntese das características (método analítico-sintético). A soma das características de um conceito é a sua *intensão* e, a *extensão do conceito* é a classe dos conceitos para os quais a intensão é verdadeira. Contudo, *definição* é a delimitação ou fixação do conteúdo de um conceito (conteúdo de conceito = intensão).

Um modelo, oportunamente utilizado na organização do conhecimento a partir das relações entre os conceitos de um domínio, é a “representação simplificada e

abstrata de fenômeno ou situação concreta, e que serve de referência para a observação, estudo ou análise” (FERREIRA, 2004, p. 1345).

Diante destas duas definições, concebendo modelagem conceitual, temos Le Moigne (1977, apud CAMPOS, 2004, p. 23), que em sua Teoria do Sistema Geral, também denominada 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”. Este autor discorre sobre os princípios que possibilitam a modelagem ressaltando que o modelizador deve possuir flexibilidade frente aos modelos.

A modelagem conceitual possibilita a representação do conhecimento² contido nas definições de forma sistêmica, apoiando-se em alguns princípios comuns encontrados em instrumentos para a organização do conhecimento³. Tais princípios advêm da Teoria do Conceito, Teoria da Classificação Facetada e Teoria Geral da Terminologia (CAMPOS, 1994). Esta base teórica respalda a definição dos conceitos, a organização do domínio e o estabelecimento de relações conceituais. Logo, com o entendimento de conceito, modelo e modelagem conceitual faz-se necessário a investigação destas teorias que, mais nitidamente, viabilizam a construção de estruturas de conceitos possibilitando a abstração de conhecimento e permitindo comunicações mais precisas no campo da ciência e da técnica. (CAMPOS, 1995).

² Para este estudo, o conceito de representação de conhecimento pode ser extraído de Davis et alii (1992, apud CAMPOS, 2004, p. 24): “Uma representação de conhecimento é uma teoria fragmentada de raciocínio que especifica que inferências são válidas e quais são recomendadas. [...] É motivada por alguma percepção de como as pessoas argumentam ou por alguma crença sobre o que significa raciocinar de forma inteligente [...]”.

³ A exemplo, dicionário, tesouro, taxonomia e ontologia (TRISTÃO; FACHIN; ALARCON, 2004; CAMPOS, 1995).

5.1.2 Teorias que respaldam a modelagem de conceitos

A representação da informação e do conhecimento está sendo abordada por estudiosos de diversas áreas como, por exemplo, a Ciência da Informação que, categoricamente, estuda a ordenação e representação de conhecimento e conta com a indiscutível contribuição de Ranganathan (1967) e a Classificação Facetada; a Teoria do Conceito de I. Dahlberg (1978), voltada para a representação e definição de conceitos; Nedobity (1985, apud CAMPOS, 1995, p. 4) que identifica nos princípios teóricos da terminologia aspectos que devem ser observados no desenvolvimento de sistemas especialistas e pesquisa na área de inteligência artificial, áreas que lidam com conceitos, sistemas de conceitos, ligações de conceitos. etc.; e, de acordo com Campos (2004), a Ciência da Computação com os modelos representacionais associados à modelagem de banco de dados, e a ontologia, que repensa as possibilidades representacionais e de organização de domínios de conhecimento e também pretendem auxiliar o modelizador em sua atividade.

5.1.2.1 A definição dos conceitos

Parte fundamental na modelagem conceitual, a definição dos conceitos dentro do domínio a ser estruturado, precede a formulação de axiomas a partir dos conceitos que originarão outros conceitos.

A Teoria do Conceito (DAHLBERG, 1978) esquematiza a formação de conceitos ao passo que define, estabelece sua composição e seus relacionamentos. Os princípios desta teoria que permeiam a modelagem conceitual procuram responder o que é o conceito, quais suas partes e para que este serve. Segundo esta autora, existem conceitos individuais e gerais, relativos aos diferentes tipos de objetos. “Os elementos contidos nos conceitos gerais encontram-se também nos conceitos individuais, sendo, portanto, possível reduzir os conceitos individuais aos gerais e ordená-los de acordo com os conceitos gerais” (DAHLBERG, 1978, p. 102).

A característica de um conceito (ou atributo, a nível de objeto) apresentada em um enunciado pode ser sujeito de um novo enunciado até o estabelecimento de uma característica generalista considerada categoria. Tudo isso converge a uma representação semântica mais apurada.

A Lingüística traz outras soluções para a formação e definição dos termos em uma estrutura conceitual, especificamente para classificações e tesouros, mas estas ficam apenas no campo da língua e não da representação dos conceitos (CAMPOS, 1995). Leska (1981, apud CAMPOS, 1995), aponta na Terminologia princípios para expandir as referências lexicais e tornar os conceitos mais precisos e bem definidos, qualificando-os de acordo com seu relacionamento com outros descritores. Este terminólogo afirma ainda, que “a atividade de desenvolvimento e aperfeiçoamento do sistema de conceitos não fica fora da influência das regras gramaticais que governam os nomes que representam esses conceitos (...)” (Leska, 1981, apud CAMPOS, 1995, p. 4). Segundo Wüester, autor da Teoria Geral da Terminologia, (1981, apud CAMPOS, 1995; LARA, 2004) a normalização terminológica é pertinente à elaboração de sistemas de conceitos.

5.1.2.2 Organização do domínio de conhecimento a ser modelado

A estrutura do domínio deve ser entendida como a exteriorização do conhecimento organizado conforme as inferências e abstrações pretendidas. Ranganathan elabora a Teoria da Classificação Facetada (RANGANATHAN, 1967), potencialmente auxiliando a organização de conceitos hierarquicamente estruturados. A teoria do autor encontra-se no âmbito da Ciência da Informação e propõe um conjunto de categorias capazes de identificar os conceitos de acordo com sua natureza, predeterminando a perspectiva a ser analisada. As categorias são: Matéria – característica ou propriedade do que esta sendo descrito, Energia – referente aos processos envolvidos, Espaço – aspecto de localização, Tempo – aspecto temporal e Personalidade – entidades relacionadas à definição e demais atributos.

Frente à Teoria Geral da Terminologia (Wüester, 1981, apud CAMPOS, 2003) a principal contribuição para a estrutura dos conceitos está na sua organização alfabética, não linear e associativa que, insuficiente para uma organização sistemática, retorna à classificação, não mais restrita às estruturas hierárquicas. O Comitê Técnico de Pesquisa de Classificação (FID/CR), citado por Campos (1995, p. 1), define “classificação” como “qualquer método de reconhecimento de relações genéricas ou outras, entre itens de informação, não importando o grau de hierarquia usada, nem se aqueles métodos são aplicados em conexão com sistemas de informação tradicionais ou computadorizados”. A terminologia, por causa de sua natureza sistemática, ao lado da classificação, tem contribuído para o desenvolvimento de outras áreas que, de alguma forma trabalham com representação da informação. Estas teorias, Terminologia e Classificação, possuem uma complementaridade explicitada por Nedobity (1986/1987, apud Campos, 1995, p. 4):

As terminologias devem se apresentar de forma sistemática e não alfabética. Este aspecto tem levado à necessidade de empregar notação, aproximando a terminologia da classificação. O conteúdo de um conceito é estabelecido a partir da área de conhecimento e do propósito da terminologia. Por sua natureza sistemática, o “código de assunto é um dos elementos mais importantes na entrada dos bancos de dados terminológicos⁴... Uma lista alfabética não ajuda... Somente um esquema de classificação pode mostrar em que detalhe um campo de assunto que foi estruturado...” (Nedobity, 1986/1987, p. 12). [...].

⁴ Bancos de dados terminológicos são sistemas de classificação que agrupam conceitos ligados hierarquicamente (CAMPOS, 1995).

5.1.2.3 Relações conceituais

“As relações entre os objetos de um dado contexto formam a estrutura conceitual deste contexto e são de natureza diversa”. (CAMPOS, 2004, p. 27). A forma como o conhecimento é disposto e organizado no modelo constitui um todo coeso com as definições ligadas umas as outras até o ponto em que podem ser estabelecidos exemplos. Campos (2004), enumera alguns tipos de relações estabelecidas para associar conceitos:

- Relação categorial – reúne, em um primeiro grande agrupamento, os objetos por sua natureza, ou seja, entidades, processos, entre outros. Constitui uma classe de maior amplitude que possibilita uma classificação generalista. Esta relação possibilita, muitas vezes, diminuir erros lógicos no estabelecimento das ligações entre os conceitos, pois determina a natureza do objeto.

A noção de categoria, na Teoria do Conceito e na Teoria da Classificação Facetada se coloca como um elemento agregador que reúne os conceitos em um nível mais alto de uma dada taxonomia. Na Teoria da Classificação Facetada as categorias são predefinidas por Ranganathan (1967) para classificar o domínio de conhecimento e, na Teoria do Conceito, que possui um número maior de categorias, Dalhberg (1978) utiliza a classificação proposta por Aristóteles na antiguidade clássica para predefinir categorias para o entendimento do conceito, e não para classificar um domínio. A Teoria da Terminologia não possui esta relação, pois seu maior nível de agrupamento de conceitos, o sistema de conceitos, possui significado próprio representando uma classe de conceitos, e não a reunião de todas as classes. Isto porque, essa teoria utiliza um método indutivo partindo de cadeias ascendentes para a definição do conceito, e o contexto é relevante somente para a definição do conceito, não para possibilitar uma representação do domínio.

- Relação hierárquica – permite relacionar objetos de uma mesma natureza ou não, dependendo da abordagem realizada. É uma das principais relações em qualquer estrutura classificatória formando a espinha dorsal da mesma. Em processos definitórios de um conceito, como a terminologia e a ontologia

formal, ela é imprescindível, sendo a partir dela que se estabelece o primeiro elemento de uma definição.

Na Teoria do Conceito, a relação hierárquica é de dois tipos: relação de abstração de gênero e espécie, que forma cadeias de conceitos, e relação lateral, que forma renques de conceitos. Para Dalhberg (1978), a relação hierárquica baseia-se em uma relação lógica de implicação, ou seja, nela os conceitos devem ser da mesma natureza. Entretanto, para Ranganathan (1967), uma relação hierárquica possui conceitos que não estão somente em uma relação de generalização e especialização, mas também em uma relação parte-todo. Para o todo e suas partes, em muitos casos, os conceitos são de natureza diferentes. Já na Teoria da Terminologia, esta denomina-se *relação lógica* e especifica muito mais os seus tipos: relação de comparação (subordinação lógica, coordenação lógica, interseção lógica e diagonal) e relação de combinação (determinação, conjunção, disjunção). Para a Terminologia, com o objetivo de evidenciar as relações entre os conceitos e não de especificar uma estrutura sistemática, esta relação é fundamental na elaboração de definições, pois permite a compreensão do conceito.

- Relação partitiva – recai sobre a constituição do objeto, ou seja, quais são suas partes e elementos.

Esta relação, na maioria das teorias, é tratada simplesmente como a parte de um todo, não especificando o que é o todo ou o que é à parte. Porém, a Terminologia apresenta uma tipologia das relações partitivas em que as possibilidades de coordenação e interseção entre os objetos auxiliam nesta distinção. A relação partitiva para a Teoria da Classificação, é um tipo de relação hierárquica.

- Relação entre categorias – dá-se a partir da ligação prescritiva entre objetos de natureza distinta. Esta relação pode ser reconhecida por tornar evidente uma determinada demanda, ou função, entre os objetos no mundo fenomenal, não objetivando explicitar o objeto e suas propriedades. É a interseção daquilo que se deseja inferir.

Apresentada, na Teoria do Conceito, como relação funcional sintagmática, ou seja, relações que se estabelecem entre categorias, esta relação, é mais flexível que as demais por não definir claramente que tipo de objeto pode estar relacionado a outro, como consequência, isto provoca algumas inconsistências. A Teoria da Terminologia, por sua vez, procura disciplinar este tipo de relação classificando-a como relação ontológica de encadeamento, que relaciona contigüidades no tempo, e relação ontológica de causalidade, que estabelece um elo sucessivo de causas. A Teoria da Classificação Facetada não apresenta esta relação devido a sua estrutura evidentemente hierárquica com cadeias e renques especificando uma temática determinada.

- Relação de equivalência – encontrada na forma de expressar os conceitos, no âmbito da denominação. Faz parte do plano da representação gráfica e é pouco apresentada nos modelos que compõem as relações entre conceitos.

Representada, na maioria das vezes, nas teorias do Conceito e da Terminologia, diante da premissa comunicacional das mesmas. Entretanto, na Teoria da Classificação facetada já foi citada por Ranganathan (1967) como pertencente ao plano verbal, irrelevante [ou pouco relevante] na representação de conhecimento.

5.1.2.4 Instrumentos ou métodos para representar e organizar o conhecimento

Existem diferentes formas de organizar o conhecimento resultante da abstração e representação de um domínio específico. A representação possui funcionalidades distintas que demandam instrumentos capazes de contemplar seus objetivos. Brachman (1979, apud CAMPOS, 2004, p. 24) classifica a representação do conhecimento de acordo com os tipos de primitivas oferecidas ao usuário, em quatro níveis: lógico, epistemológico, ontológico e conceitual:

O nível lógico é o nível da formalização. Não existe, entretanto, preocupação com a semântica em termos dos conceitos e de suas

relações; [...] No nível epistemológico, a noção genérica de um conceito é introduzida como uma primitiva de estruturação de conhecimento; ele é o nível da estruturação. O nível ontológico tem por objetivo restringir o número de possibilidades de interpretação do conceito dentro de um dado contexto, a partir de um formalismo que pretende representar o conteúdo do conceito. No nível conceitual, independentemente de um formalismo, os conceitos possuem, a priori, uma interpretação definida. [...] (Brachman, 1979, apud CAMPOS, 2004, p. 24).

Os esquemas de representação do conhecimento, largamente utilizados, são processos que envolvem um objeto, alguma coisa que o representa e o efeito da representação, na ausência do objeto, na mente de um usuário (PIERCE, 1977). Partindo dos diferentes níveis de representação que podem ser buscados em uma modelagem conceitual, alguns exemplos de instrumentos e modelos são indicados a seguir:

- Terminologia – “sistema definicional que reflete a organização estruturada e delimitada de domínios específicos. A definição terminológica é classificadora, hierarquizante, estruturante; relaciona-se à definição da coisa [...]”. (LARA, 2004, p. 94) Uma terminologia busca definir o conceito, e não um significado, estabelecendo relações entre estes;
- Classificação – conjunto de conceitos organizados de acordo com um critério específico (ISO TR 14177, 1994, apud TRISTÃO; FACHIN; ALARCON, 2004), usualmente aplicada na organização física de documentos. Este método produz o encadeamento termos organizados a partir de notações para evidenciar grupos de termos afins. (TRISTÃO; FACHIN; ALARCON, 2004);
- Tesouro – constitui um “vocabulário de termos relacionados genérica e semanticamente sobre determinada área do conhecimento” (Motta, 1987, apud TRISTÃO; FACHIN; ALARCON, 2004, p. 161). É um sistema de conceitos no qual todos os conceitos relevantes devem encontrar seu lugar apropriado (Leska, 1981 apud CAMPOS, 1995) permitindo tanto a classificação de novos conceitos como a visualização do todo;

- Taxonomia – classificação de palavras (LUSTOSA, 2003), ou seja, organização de termos em categorias e subcategorias interconectadas com a função de restringir inferências (SILVA, 2004a). A taxonomia diferencia-se da ontologia justamente porque apenas classifica enquanto a ontologia possui, além de uma classificação implícita ou explícita, regras de relacionamento e restrições que permitem raciocínios sobre o universo do discurso. (GRUBER, 1996);
- Ontologia – estrutura de conceitos que define as regras que regulam a combinação e relação entre termos para viabilizar o entendimento comum e compartilhado de um domínio de conhecimento, de forma que o mesmo possa ser compreendido e explorado por pessoas e computadores (ALMEIDA; BAX, 2003). Uma ontologia provê um vocabulário de termos e relações com os quais um domínio pode ser modelado (STUDER, 1998).

Em nosso contexto, o interesse apóia-se nos instrumentos e métodos que possibilitam a representação de domínios de conhecimento estruturado e formalizado, objetivando a modelagem do conhecimento através da definição dos conceitos e de seus relacionamentos. A construção de uma ontologia preenche os requisitos que circundam a abstração e significação dos conceitos e permite a representação formal do conhecimento (GUARINO, 1997). Essas características determinam a escolha do método utilizado na modelagem conceitual do domínio explorado neste estudo e incita sua investigação, apresentada na próxima seção.

5.2 Ontologia

O uso de ontologias tem sido efetivo em diferentes aplicações ao solucionar algumas deficiências encontradas na representação do conhecimento de um domínio. Isso ocorre principalmente, devido a sua característica de ser compartilhável e independente da aplicação, podendo assim, ser utilizada por diversos sistemas. Silva (2004b, apud OWL, 2004, p. 16) ressalta esta afirmativa:

A ontologia é então sugerida para fornecer uma representação que permita a compreensão do significado semântico das informações. [De forma que], não só as pessoas seriam capazes de entender o conteúdo da informação, mas as máquinas também conseguiriam realizar esse tipo de tarefa. Atualmente, as ontologias estão se consolidando para serem aplicadas em tarefas como: busca e recuperação semânticas, agentes de software, suporte de decisão, compreensão do discurso e da linguagem natural, gerência do conhecimento, base de dados inteligentes e comércio eletrônico.

Pretende-se, neste estudo, construir uma ontologia do domínio ACV que facilite o entendimento dos seus conceitos e conseqüentemente sua disseminação. Neste intento, a utilização deste instrumento para a modelagem vislumbra a construção de uma estrutura de conhecimento organizada que permita identificar as definições e significados bem como, realizar inferências do assunto que está sendo modelado. A partir de então, surgem considerações como a escolha da ferramenta e a forma mais adequada para o desenvolvimento da ontologia. Esta seção, parte das definições e conceitos de ontologia mais referenciados na literatura para transmitir uma noção sobre o tema. Apresenta uma investigação de suas características e tipos e sugere ferramentas disponíveis para construção, edição e uso de ontologias.

5.2.1 Definições e conceitos de ontologia

Ontologia, embora um termo de criação moderna, foi sistematizado e definido como estudo do ser enquanto ser, por Aristóteles. Já antes dele os eleatas iniciavam o estudo do ser, mas sem distinguir esta disciplina de outras, nem lhe dando nome (PAULI, 1997). O termo surge em 1646 e o filósofo alemão Johann Clauberg traduz literalmente como o nome grego ón, - tos (= ente), apondo-lhe o sufixo logia (= ciência). Porém – o arcabouço filosófico deixado amiúde – o termo ontologia possui um sentido especial em organização da informação. Existem diversas definições encontradas na literatura e decorrentes contradições. Uma das definições mais conhecidas é proposta por Gruber (1996, apud ALMEIDA e BAX, 2003, p. 8):

Uma ontologia é uma especificação explícita de uma conceitualização. [...] Em tal ontologia, definições associam nomes de entidades no universo do discurso (por exemplo, classes, relações, funções etc. com textos que descrevem o que os nomes significam e os axiomas formais que restringem a interpretação e o uso desses termos) [...].

Esta definição, proposta por Gruber (1996), é discutida por Guarino & Giaretta (1995, apud ALMEIDA e BAX, 2003, p. 8):

[...] um ponto inicial nesse esforço de tornar claro o termo será uma análise da interpretação adotada por Gruber. O principal problema com tal interpretação é que ela é baseada na noção de conceitualização, a qual não corresponde à nossa intuição. [...] Uma conceitualização é um grupo de relações extensionais descrevendo um ‘estado das coisas’ particular, enquanto a noção que temos em mente é uma relação intencional, nomeando algo como uma rede conceitual a qual se superpõe a vários possíveis ‘estados das coisas’.

Guarino (1998, apud ALMEIDA e BAX, 2003, p. 9), revê a definição de conceitualização fazendo uso do aspecto intensional:

[...] ontologia se refere a um artefato constituído por um vocabulário usado para descrever uma certa realidade, mais um conjunto de fatos explícitos e aceitos que dizem respeito ao sentido pretendido para as palavras do vocabulário. Este conjunto de fatos tem a forma [de um modelo para a teoria] da lógica de primeira ordem, onde as palavras do vocabulário aparecem como predicados unários ou binários.

Borst (1997), apresenta uma definição objetiva que será adotada neste trabalho: ontologia é uma especificação formal e explícita de uma conceitualização compartilhada. Nessa definição, “*formal*” significa legível por computadores; “*especificação explícita*” diz respeito a conceitos, propriedades, relações, funções, restrições e axiomas claramente definidos⁵; “*compartilhado*” quer dizer conhecimento consensual; e “*conceitualização*” diz respeito a um modelo abstrato de algum fenômeno do mundo real. A mesma definição é afirmada por Studer (1998).

⁵ Embora seja parte da definição adotada, axiomas não foram definidos na ontologia desenvolvida neste trabalho.

5.2.2 Características de uma ontologia

Guizzardi (2000, apud SILVA, 2004b), considera ontologia como sendo um artefato computacional composto por um vocabulário de conceitos, suas definições e propriedades, um modelo gráfico que mostra as relações entre os conceitos e também um conjunto de axiomas formais para restringir a interpretação dos conceitos e relações. Em outras palavras, uma ontologia define os termos, relacionamentos e demais elementos usados para descrever e representar uma temática formalizando o conhecimento do domínio e o que pode ser interpretado sobre o mesmo. Assim, podemos enumerar algumas características básicas para que a ontologia possibilite realizar inferências e obter o conteúdo das informações:

- Definição e estruturação dos termos;
- Estabelecimento de propriedades inerentes ao conceito representado por um termo;
- Povoamento da estrutura através de exemplos que satisfaçam um conceito e as suas propriedades;
- Estabelecimento de relações entre os conceitos;
- Elaboração de sentenças para restringir inferências de conhecimento baseadas na estrutura.

Existem ainda, as características consideradas comuns à maioria das ontologias e a generalidade do conceito de Souza e Alvarenga (2004, p. 137), pode ser utilizada para expressar isto: “as ontologias se apresentam como um modelo de relacionamento de entidades e suas interações, em algum domínio particular do conhecimento ou específico a alguma atividade”.

O “*modelo de relacionamento de entidades*”, como coloca o autor, é mais conhecido como entidade-relacionamento e traz a organização das ontologias em

classes com definições claras de seus atributos e os objetos que possuem estes atributos e integram estas classes; “*interações*” remete à relação que pode existir entre os conceitos; “*domínio particular do conhecimento ou específico a alguma atividade*” à especificidade da conceitualização descrevendo um possível ‘estado das coisas’.

De acordo com Gruber (1996), alguns componentes básicos e comuns a uma ontologia podem ser enumerados. São estes: classes (organizadas em uma taxonomia), relações (representam o tipo de interação entre os conceitos do domínio), axiomas (usados para modelar sentenças sempre verdadeiras) e instâncias (utilizadas para representar elementos específicos, ou seja, os próprios dados).

5.2.3 Tipos de ontologia

Existem diferentes aplicações, conteúdos e funções para as ontologias. Isto dificulta sua tipificação ao mesmo tempo em que aumenta a quantidade de abordagens utilizadas neste intuito. Almeida e Bax (2003) distinguem alguns tipos de ontologias classificadas quanto à função, ao grau de formalismo, à aplicação, à estrutura e ao conteúdo. O Quadro 1 expressa um breve resumo dos mesmos:

Quadro 1 – Tipos de ontologias.

Abordagem	Classificação	Descrição
Quanto à função Mizoguchi; Vanwelkenbuyse n; Ikeda (1995)	Ontologias de domínio	Reutilizáveis no domínio, fornecem vocabulário sobre conceitos e seus relacionamentos, sobre as atividades e regras que os governam.
	Ontologias de tarefa	Fornecem um vocabulário sistematizado de termos, por meio da especificação de tarefas que podem ou não estar no mesmo domínio.
	Ontologias gerais	Incluem um vocabulário relacionado a coisas, eventos, tempo, espaço, casualidade, comportamento, funções etc.
Quanto ao grau de formalismo Uschold; Gruninger (1996)	Ontologias altamente informais	Expressa livremente em linguagem natural.
	Ontologias semi-informais	Expressa em linguagem natural de forma restrita e estruturada.
	Ontologias semiformais	Expressa em uma linguagem artificial definida formalmente.
	Ontologias rigorosamente formais	Os termos são definidos com semântica formal, teoremas e provas.
Quanto à aplicação Jasper; Uschold (1999)	Ontologias de autoria neutra	Uma ontologia escrita em uma única língua e depois convertida para uso em diversos sistemas, reutilizando-se as informações.
	Ontologias como especificação	Cria-se uma ontologia para um domínio, a qual é usada para documentação e manutenção no desenvolvimento de softwares.
	Ontologias de acesso comum à informação	Quando o vocabulário é inacessível, a ontologia torna inteligível a informação, proporcionando conhecimento compartilhado dos termos.

Abordagem	Classificação	Descrição
Quanto à estrutura Haav; Lubi (2001)	Ontologias de alto nível	Descrevem conceitos gerais relacionados a todos os elementos da ontologia (espaço, tempo, matéria, objeto, evento 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, diagnósticos ou compras, mediante inserção de termos especializados na ontologia.
Quanto ao conteúdo Van-Heijst; Schreiber; Wielinga (2002)	Ontologias de informação	Especificam a estrutura de registros de bancos de dados (por exemplo, os esquemas de bancos de dados).
	Ontologias terminológicas	Especificam termos que serão usados para representar o conhecimento em um domínio (por exemplo, os léxicos).
	Ontologias de modelagem do conhecimento	Especificam conceituações do conhecimento, têm uma estrutura interna semanticamente rica e são refinadas para uso no domínio do conhecimento que descrevem.
	Ontologias de aplicação	Contêm as definições necessárias para modelar o conhecimento em uma aplicação.
	Ontologias de domínio	Expressam conceituações que são específicas para um determinado domínio do conhecimento.
	Ontologias genéricas	Similares às ontologias de domínio, mas os conceitos que as definem são considerados genéricos e comuns a vários campos.
	Ontologias de representação	Explicam as conceituações que estão por trás dos formalismos de representação do conhecimento.

Fonte: (ALMEIDA e BAX, 2003, p. 10).

5.2.4 Ferramentas utilizadas na construção de ontologias

Como afirma Campos (2004, p. 31), “um modelo conceitual deve ser visto, também, como um espaço comunicacional em que transpomos o mundo fenomenal para um espaço de representação”. Para tanto, algumas ferramentas têm sido

utilizadas como auxílio no desenvolvimento de ontologias garantindo o projeto lógico da modelagem ao passo que possibilitam a visualização dos conceitos e das relações e, muitas vezes, permitem a interação do usuário com o mundo representacional por meio de uma interface gráfica. Segue, a breve descrição de algumas ferramentas:

Quadro 2 – Ferramentas para construção, uso e edição de ontologias.

Ferramentas	Breve descrição
GKB-Editor (<i>Generic Knowledge Base Editor</i>)	Ferramenta para navegação e edição de ontologias por meio de sistemas de representação baseados em <i>frames</i> . Oferece interface gráfica, em que os usuários podem editar diretamente a base de conhecimento e selecionar a parte que é de seu interesse (Paley e Karp, 1997).
Ferramentas	Breve descrição
JOE (<i>Java Ontology Editor</i>)	Ferramenta para construção e visualização de ontologias. Proporciona gerenciamento do conhecimento em ambientes abertos, heterogêneos e com diversos usuários. As ontologias são visualizadas como um diagrama entidade-relacionamento, como o gerenciador de arquivos do <i>MS Windows</i> ou como uma estrutura em árvore (Mahalingam e Huhns, 1997).
OntoEdit	É um ambiente gráfico para edição de ontologias que permite inspeção, navegação, codificação e alteração de ontologias. O modelo conceitual é armazenado usando um modelo de ontologia que pode ser mapeado em diferentes linguagens de representação. As ontologias são armazenadas em bancos relacionais e podem ser implementadas em XML, FLogic, RDF(S) e DAML+OIL (Maedche et alii, 2000).
Protégé	Ambiente interativo para projeto de ontologias, de código aberto, que oferece uma interface gráfica para edição de ontologias e uma arquitetura para a criação de ferramentas baseadas em conhecimento. A Arquitetura é modulada e permite a inserção de novos recursos (Noy, Ferguson e Musen, 2000)
WebODE	Ambiente para engenharia ontológica que dá suporte à maioria das atividades de desenvolvimento de ontologias. A integração com outros sistemas é possível, importando e exportando ontologias de linguagens de marcação (Arpírez et alii, 2001)
WebOnto	Ferramenta que possibilita a navegação, criação e edição de ontologias, representadas na linguagem de modelagem OCML. Permite o gerenciamento de ontologias por interface gráfica, inspeção de elementos, verificação da consistência da herança e trabalho cooperativo. Possui uma biblioteca com mais de cem ontologias (Domingue, 1998)

Fonte: (ALMEIDA e BAX, 2003, p. 15).

5.3 Ferramenta Protégé: editor de ontologias e bases de conhecimento

Para a construção da ontologia do domínio ACV, denominada Ontologia ACV, foi escolhida, dentre as opções mencionadas, a ferramenta Protégé, em sua versão 3.1.1. O Protégé foi desenvolvido pelo *Stanford Medical Informatics* na escola de medicina da universidade de Stanford (Califórnia, EUA) com o apoio de diversos colaboradores. Esta ferramenta dispõe de uma interface gráfica para edição de ontologias e uma arquitetura para a criação de ferramentas baseadas em conhecimento. Pode ser usada tanto por desenvolvedores de sistema como por especialistas em domínio para criar bases de conhecimento, permitindo representar facilmente o conhecimento de uma área. Este editor é capaz de tratar classes, com sua definição e exemplos, simultaneamente. Assim, um exemplo singular pode ser usado no nível de uma definição de classe, e uma classe pode ser armazenada como um exemplo. Similarmente, os atributos empregados dentro da classe, podem ser elevados ao mesmo nível que uma classe. (PROTÉGÉ..., 2005).

A interface gráfica da ferramenta permite o acesso a todas as suas funções por meio de abas para edição. Um projeto desenvolvido no Protégé integra a modelagem de classes que descrevem um assunto particular, a criação de uma ferramenta de aquisição de conhecimento, a inserção de exemplos específicos dos dados que compõem a base de conhecimento e a execução de diversas aplicações. A base de conhecimento resultante é utilizada para resolver problemas e responder perguntas a respeito do domínio. Uma aplicação é o produto final criado quando a base de conhecimento é usada para resolver um problema específico. Por fim, esta ferramenta permite o reuso das ontologias e das aplicações uma vez desenvolvidas. (USER GUIDE..., 2005).

A escolha do editor de ontologias e bases de conhecimento Protégé, como ferramenta a ser utilizada neste trabalho, foi favorecida pelos seguintes aspectos (PROTÉGÉ..., 2005):

- Ferramenta gratuita e de código aberto, não apresentando custos financeiros para a sua utilização;

- Arquitetura modulada que permite a inserção de novos recursos através de *plug-ins* ou extensões desenvolvidas para sua customização;
- Desenvolvida em Java e, portanto, multiplataforma. Funciona em ambientes Windows, Mac OS X, Linux, e outros;
- Possui interface gráfica interativa e amigável, ou seja, de fácil utilização;
- É multiusuário. Permite que vários usuários editem simultaneamente uma mesma ontologia, promovendo maior interatividade durante a representação, o uso e a visualização de conhecimento;
- É extensível, facilitando a inclusão de gráficos, tabelas e mídias como, imagem, som e vídeo;
- Suporta diferentes tipos de formatos de armazenamento, tais como: OWL, RDF, XML e HTML, para serem utilizados de acordo com as aplicações, inclusive externas a ferramenta;
- É amplamente difundida e utilizada. Conta com uma comunidade ativa de usuários por todo mundo que realiza pesquisas e projetos que otimizam o uso da ferramenta.

5.3.1 Desenvolvimento de um projeto no Protégé

A construção de uma ontologia refere-se ao desenvolvimento de um projeto no Protégé. Um projeto é um conjunto de arquivos que abriga classes e instâncias de uma ontologia. Este pode ser armazenado em um formato próprio da ferramenta ou padronizado para Bancos de Dados ou para linguagens específicas de ontologias, como OWL e RDF. Uma base de conhecimento, bem sucedida, construída com Protégé é mais uma arte do que uma ciência (USER GUIDE..., 2005).

A ferramenta suporta o desenvolvimento iterativo, com ciclos de revisão da ontologia, por conseqüência, os desenvolvedores não devem esperar o 'término' da ontologia sem considerar alguns aspectos do processo. Esses aspectos são

sugeridos a partir de passos documentados no Guia *online* Protégé⁶ e servem para evitar alguns problemas possíveis no desenvolvimento de ontologias. Segue, um breve resumo dos passos recomendados (USER GUIDE..., 2005):

- 1) Planejar a aplicação e os usos pretendidos para a base de conhecimento. Devem ser levados em consideração os problemas que podem ser resolvidos com a construção de uma ontologia;
- 2) Construir uma ontologia inicialmente pequena, com classes e atributos;
- 3) Utilizar os formulários que o Protégé gera automaticamente. Estes formulários servem para povoar a base de conhecimento a medida em que são preenchidos os atributos de uma classe constituindo instancias ou exemplos;
- 4) Revisar a ontologia e seus formulários. É apropriado que especialistas no domínio ou usuários finais da modelagem conceitual façam isto. Grandes modificações na estrutura podem ser complicadas, por isso a importância da revisão que possibilita acompanhar a construção da ontologia evitando reconstruir alguma parte ou toda a base de conhecimento;
- 5) Customizar os formulários de acordo com as necessidades e, se preciso, retornar a edição da ontologia;
- 6) Expandir a base de conhecimento com especialidade no domínio modelado para testar as aplicações desejadas;
- 7) Testar a aplicação com os usuários finais. Esta etapa pode conduzir a revisões adicionais da ontologia.

Podemos inferir a partir desses passos, um ciclo de revisão da ontologia a ser utilizado na manutenção da mesma, como ilustra a figura a seguir:

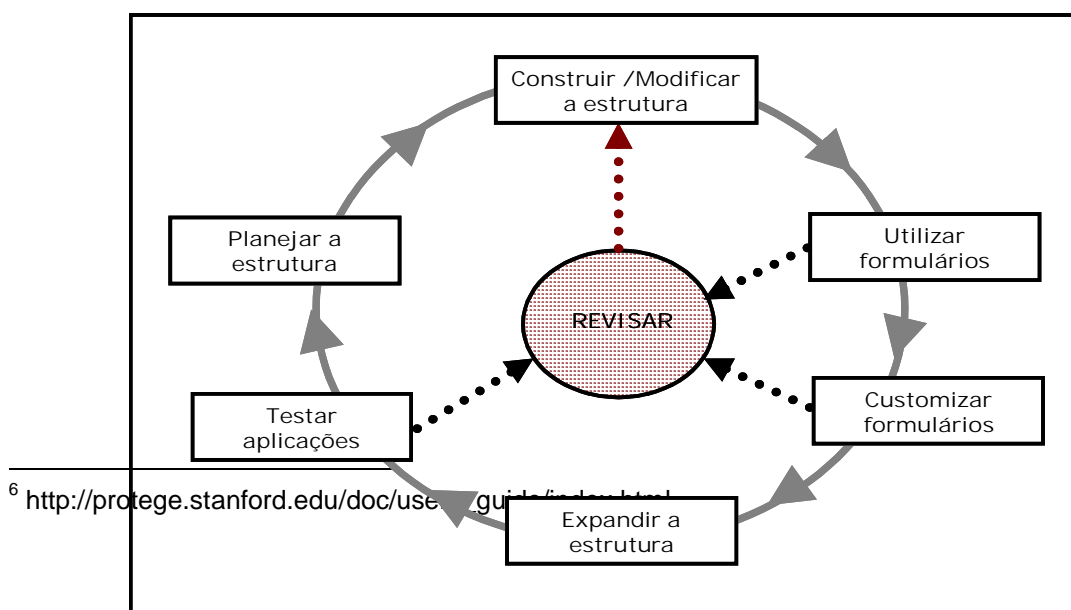


Figura 1 – Ciclo de revisão da ontologia de um projeto no *Protégé*.

5.3.2 Terminologia Utilizada no Protégé

“Para representar conceitos e as relações entre eles, o Protégé trabalha com os seguintes elementos básicos: *class* (classe), *slot* (atributo ou propriedade) e *instance* (instância)”. (PASCHOAL, 2005, p. 19). Faremos um estudo destes elementos já mencionados como ‘componentes básicos e comuns de uma ontologia’ por Gruber (1996), na seção 5.2.2, e agora carecem de melhor definição. Cabe também, uma explanação a cerca dos formulários do Protégé.

Class (classe)

No Protégé, uma classe é a representação abstrata de um conceito, identificada por um nome que o define. Um conceito, por sua vez, possui atributos. Como exemplo, as classes sistema *produto* e *material* com suas propriedades características, são entendidas como conceitos. As classes podem conter subclasses, por exemplo, a classe *material* pode conter a subclasse *matéria-prima* e *produto*. Ao mesmo tempo uma classe possui, ao menos, uma superclasse que a contem até que seja atingido o nível da superclasse *thing* que agrupa todas as demais, para ilustrar, temos a classe *matéria-prima* como subclasse da superclasse *material* que é parte da superclasse *thing*. Vale ressaltar, que uma classe recebe os atributos de sua superclasse e a estes são adicionados outros, esta característica denomina-se herança múltipla. Logo, a hierarquia em que uma classe se insere complementa a definição de um conceito à medida que este herda propriedades, esta definição se completa com o estabelecimento de seus próprios atributos. Por fim, um conceito pode ser exemplificado individualmente (ou instanciado). Existem, diferentes tipos de classes como ilustrado no Quadro 3:

Quadro 3 – Tipificação das classes no Protégé.

Ícone Identificador	Papel (Role)	Descrição
	Classe concreta	Classe que pode ter instância direta.
	Classe abstrata	Classe que não pode ter instância direta.
	Classe concreta incluída de outro projeto	Classe concreta incluída a partir de outros projetos e que não pode ser editada e pode ter instância direta.
	Classe interna abstrata incluída de outro projeto	Classe concreta incluída a partir de outros projetos e que não pode ser editada e não pode ter instância direta.

Como ilustração de conceitos representados por classes e suas relações, temos a figura 2, a seguir, que por meio da representação gráfica produzida pelo *plug-in Jambalaya*, exemplifica o relacionamento entre a classe *unidade de processo* e a subclasse *impacto ambiental potencial*, realizado com a definição do *slot impacto*

associado que é do tipo *instance* com referência à subclasse *impacto ambiental potencial*. As linhas representam tipos de relações, conforme as cores, os retângulos amarelos as classes e os azuis as instâncias.

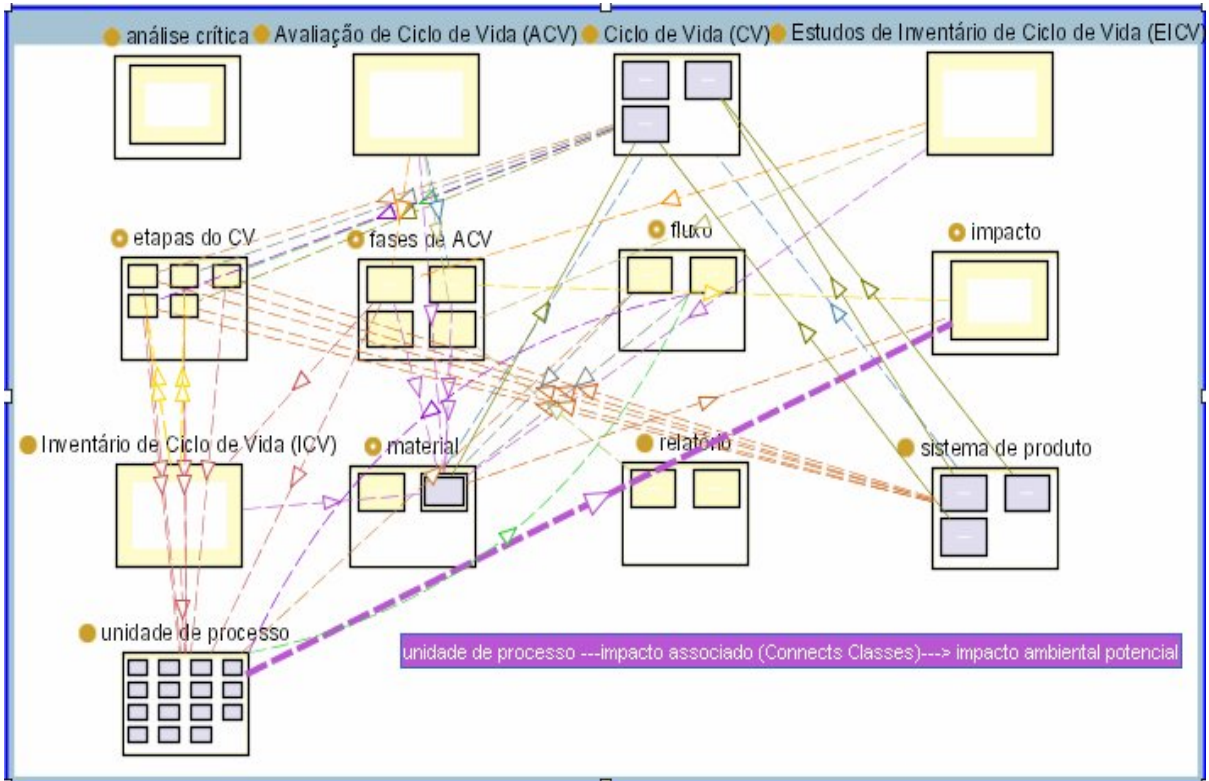






Figura 2 – Relacionamento entre conceitos.

Slot (Atributo)

Os atributos, ou propriedades, que individualizam ou qualificam uma classe são denominados *slots* (Quadro 4). Através destes é possível relacionar classes ou instâncias, conferindo a estas propriedades em comum. Os atributos são herdados dentro de uma hierarquia de classes e podem ser reutilizados em mais de uma classe ao mesmo tempo, acumulando funções específicas em cada uma delas. A informação contida em um *slot* pode remeter a uma instância, a uma classe ou ter um outro valor conforme o Quadro 5:

Quadro 4 – Tipificação dos *slots* no Protégé.

Ícone Identificador	Role (Papel)	Descrição
	<i>Slot</i>	Propriedade que individualiza ou qualifica a classe.
	<i>Slot herdado</i>	Propriedade herdada de uma superclasse.
	<i>Slot overridden</i>	Propriedade alterada para uma classe específica.
	<i>Slot overridden herdado</i>	Propriedade herdada alterada para uma classe específica.

Quadro 5 – Valores possíveis para um *slot* no Protégé.

Campo	Em português	Descrição	
<i>Name</i>	Nome	Nome que identifica o <i>slot</i>	
<i>Value Type</i>	Tipo de valor	Tipo de informação que o <i>slot</i> abrigará.	
Value Types Possíveis	<i>Any</i>	Qualquer	Qualquer um dos tipos abaixo.
	<i>Boolean</i>	Lógico	Falso ou Verdadeiro.
	<i>Class</i>	Classe	Associação com ou referência para outra Classe.
	<i>Float</i>	Número	Número com casas decimais.
	<i>Instance</i>	racional	Associação com ou referência para outra Instância.
	<i>Integer</i>	Instância	Instância.
	<i>String</i>	Número inteiro	Número sem casas decimais.
	<i>Symbol</i>	Alfanumérico	Cadeia de caracteres.
		Símbolo	Lista enumerada de cadeias de caracteres.
<i>Minimum</i>	Valor mínimo	Valor mínimo aceito para este <i>slot</i> .	
<i>Maximum</i>	Valor máximo	Valor máximo aceito para este <i>slot</i> .	

Campo	Em português	Descrição
<i>Documentation</i>	Documentação	Descritivo a respeito do que o <i>slot</i> representa. (definição)
<i>Cardinality Required at least</i>	Ocorrências exigidas pelo menos	Se marcado, faz com que seja exigida uma quantidade mínima de elementos para este <i>slot</i> , especificada no campo <i>at least</i> ...
<i>Cardinality Multiple at most</i>	Ocorrências múltiplas até no máximo	Se marcado, faz com que o <i>slot</i> aceite múltiplas ocorrências de elementos, sobretudo de instâncias, na quantidade máxima estipulada pelo campo <i>at most</i> .
<i>Inverse Slot</i>	Atributo inverso	Realiza referência cruzada entre duas classes por meio do apontamento de um <i>slot</i> de uma para o <i>slot</i> da outra. Muito útil em casos que o preenchimento de um atributo de uma instância subentende uma contrapartida em um atributo de outra instância. Por exemplo: organizações possuem sub e supra-organizações. Logo, se uma é sub da outra, a outra é necessariamente supra da primeira.
<i>Template Value</i>	Valor modelo	Faz com que o <i>slot</i> possua obrigatoriamente o valor descrito em <i>Template Value</i> .
<i>Default Value</i>	Valor padrão	Nos casos de múltipla escolha, apresenta um valor como o valor padrão.
<i>Domain</i>	Domínio	Classe(s) na(s) qual(is) o <i>slot</i> está sendo empregado.

Fonte: (PASCHOAL, 2005, p.115).

A Figura 3, a seguir, ilustra uma classe e seus atributos. O nome (*Name: ACV: análise do ICV*) e a descrição fazem parte da definição do conceito. As propriedades inerentes ao conceito expresso pela classe são enumeradas por seus *slots*:

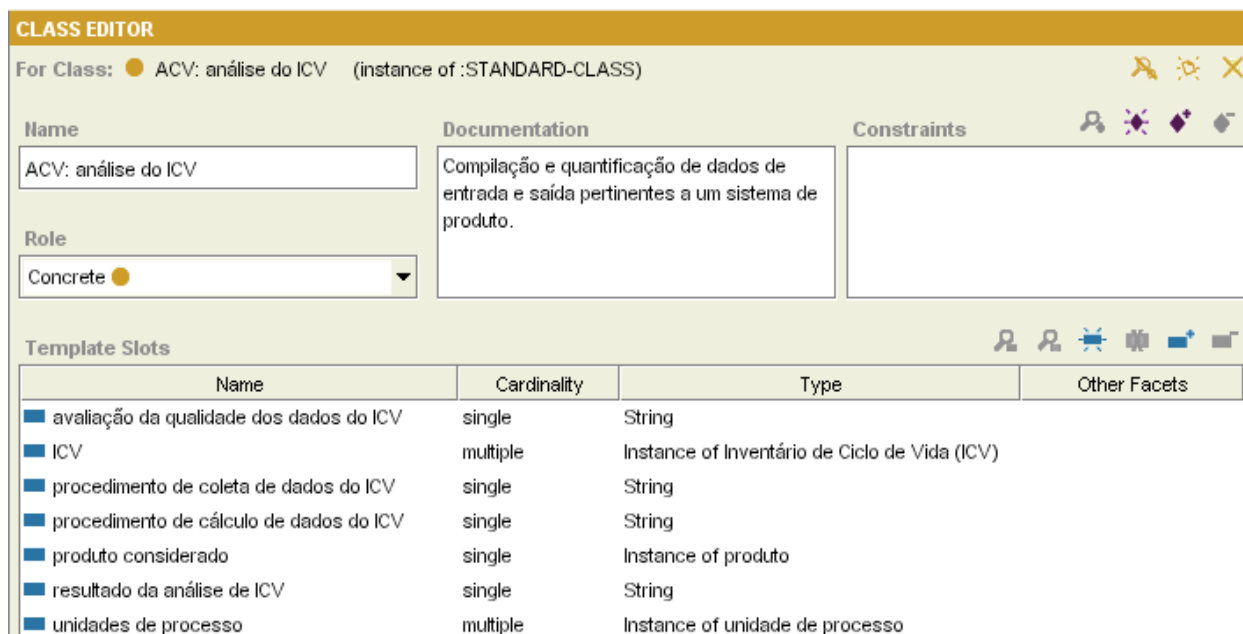


Figura 3 – Classe *ACV: análise do ICV* e seus *slots*.

Instance (Instância)

A instância de uma classe é entendida como um exemplo individual que preenche os atributos desta classe. *Plástico* que, possui seu CV e seu sistema de produto, é um exemplo de matéria-prima secundária, ou seja, *plástico* é uma instância da classe *matéria-prima secundária* e possui os atributos necessários para sê-lo. Vale lembrar que os atributos de uma classe podem ser herdados de sua superclasse. As informações de uma instância são preenchidas em formulários onde os campos são atributos de uma classe, conseqüentemente o exemplo (ou instância) de uma classe é único devido às particularidades das informações contidas em seus atributos. As instâncias povoam a base de conhecimento à medida que são estabelecidas. Por exemplo, *toalha de papel*, com seu CV e seu sistema de produto, é uma instância da classe *produto*. Ao mesmo tempo, as informações referentes ao CV da *toalha de papel* compõe uma instância da classe *Ciclo de Vida (CV)*. As figuras a seguir (4,5,6 e 7) ilustram classes e instâncias, sendo que, os *slots* da classe *produto*, *ICV*, *impacto ambiental causado* e *sistema de produto considerado*, fazem referência a instâncias das respectivas classes *Ciclo de Vida (CV)*, *categoria*

geral de impacto ambiental e sistema de produto. Este artifício mostra a relação entre classes e, por consequência, entre instâncias de classes:

CLASS EDITOR

For Class: ● produto (instance of :STANDARD-CLASS)

Name: produto

Documentation: Manufatura passível de consumo. (também considera-se para este caso, produto como sendo um serviço ou atividade)

Constraints:

Role: Concrete ●

Template Slots

Name	Cardinality	Type	Other Facets
aspecto ambiental	single	String	
CV	multiple	Instance of Ciclo de Vida (CV)	
impacto ambiental causado	single	Instance of categoria geral de impacto ambier...	
nome	single	String	
sistema de produto considerado	multiple	Instance of sistema de produto	

Figura 4 – Classe *produto*.

CLASS EDITOR

For Class: ● Ciclo de Vida (CV) (instance of :STANDARD-CLASS)

Name: Ciclo de Vida (CV)

Documentation: Estágios sucessivos e encadeados de um sistema de produto.

Constraints:

Role: Concrete ●

Template Slots

Name	Cardinality	Type	Other Facets
aquisição de matéria prima	multiple	Instance of CV: aquisição de matéria prima	
disposição	multiple	Instance of CV: disposição	
distribuição	multiple	Instance of CV: distribuição	
nome	single	String	default=Ciclo de vida do produto
produção	multiple	Instance of CV: produção	
uso	multiple	Instance of CV: uso	

Figura 5 – Classe *Ciclo de Vida (CV)*.

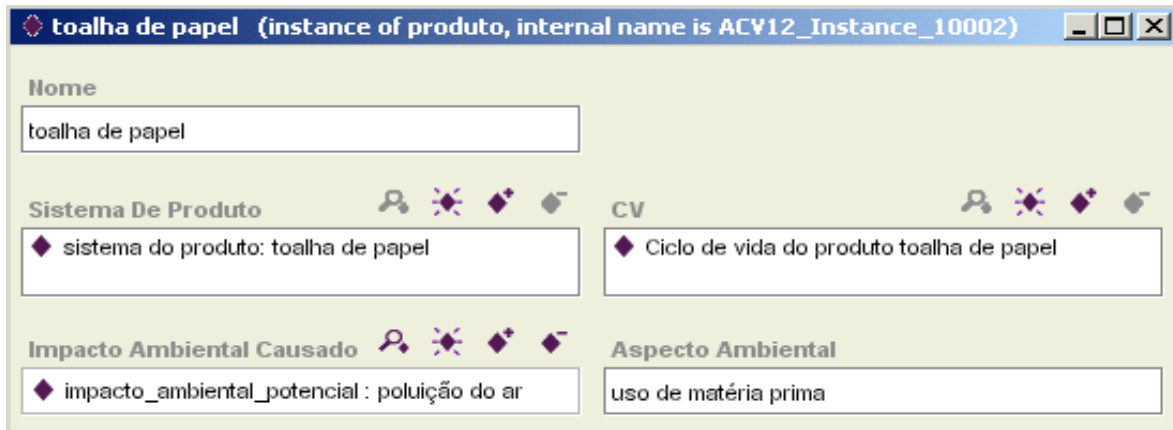


Figura 6 – Instância da classe *produto*.

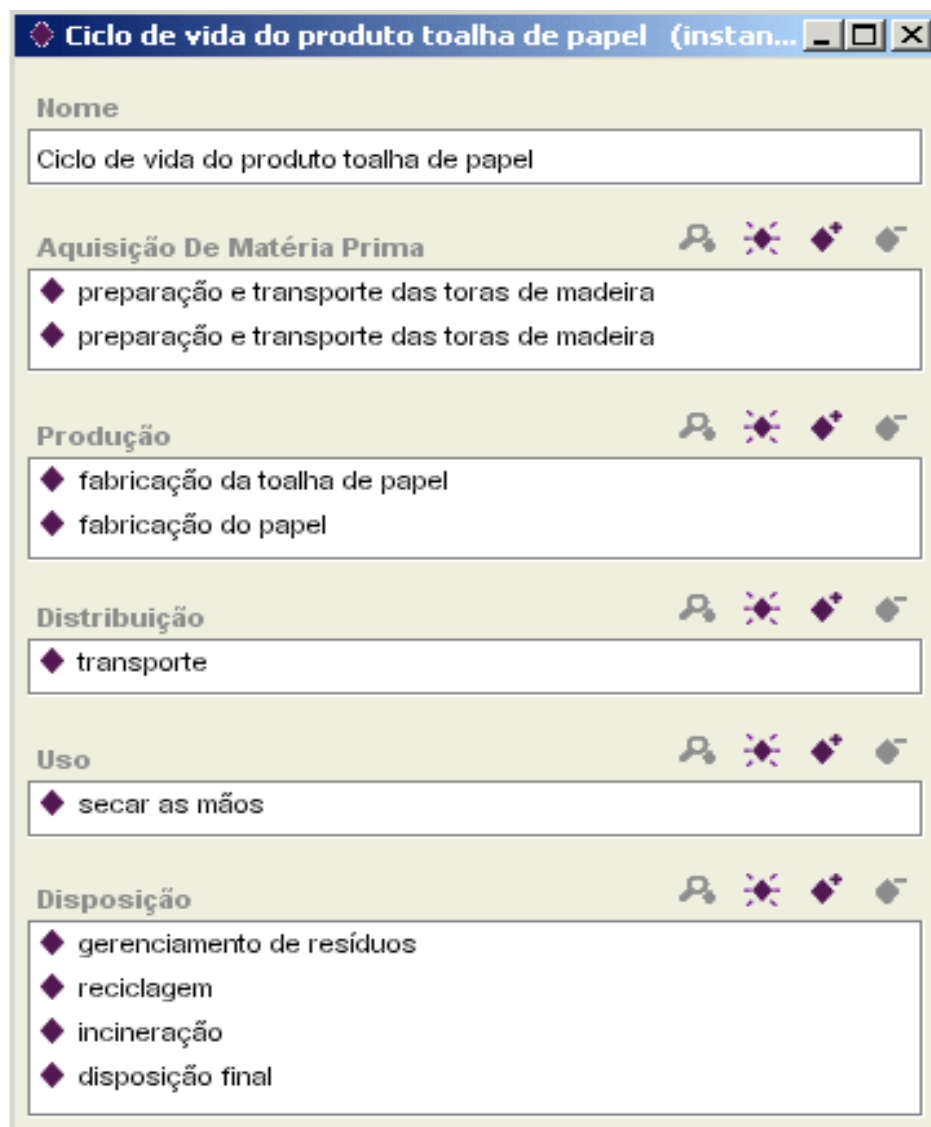


Figura 7 – Instância da classe *Ciclo de Vida (CV)*.

Form (Formulários)

A medida em que o usuário vai definindo as classes e seus respectivos *slots*, o Protégé automaticamente cria formulários para entrada de dados, ou seja, preenchimento de instâncias. Cada formulário está relacionado a apenas uma classe e é gerado a partir dos slots nela definidos. Os formulários são altamente personalizáveis, tanto a posição dos campos para entrada de dados quanto os valores destes dados, que representam um atributo, podem ser modificados como ilustra as figuras a seguir:

The screenshot shows the 'FORM EDITOR' interface. At the top, it says 'For Class: categoria geral de impacto ambiental'. Below that, the 'Display Slot' is set to 'tipo de impacto : nome'. A dropdown menu on the right says 'Select a Widget in the Form Below'. The form itself contains four fields: a large text area for 'Descrição', a text area for 'Metodologia Da Avaliação De Impacto Do CV', a text input for 'Nome', and a dropdown menu for 'Tipo De Impacto'.

Figura 8 – Formulário gerado automaticamente pelo Protégé.

This screenshot shows the same 'FORM EDITOR' interface, but with a customized layout. The 'Tipo De Impacto' dropdown and 'Nome' text input are now side-by-side at the top. Below them is the 'Descrição' text area, and at the bottom is the 'Metodologia Da Avaliação De Impacto Do CV' text area. The 'Display Slot' and 'Select a Widget in the Form Below' dropdown remain the same.

Figura 9 – Formulário personalizado pelo usuário do Protégé.

5.3.3 Visão geral do Protégé

O Protégé é uma ferramenta que permite construir ontologias de domínio, personalizar formulários de entrada de dados, inserir e editar dados, possibilitando então, a criação de bases de conhecimento guiadas por uma ontologia. Sua interface gráfica provê acesso a barra de menus e barra de ferramentas, além de apresentar cinco áreas de visualização (*views*) que funcionam como módulos de navegação e edição de classes, atributos, formulários, instâncias e pesquisas na base de conhecimento, propiciando a entrada de dados e a recuperação das informações. (PASCHOAL, 2005). O acesso a estas áreas é realizado por meio das abas *Classes*, *Slots*, *Forms*, *Instances* e *Queries*, como mostra a Figura 10.



Figura 10 – Interface gráfica do Protégé: abas de edição em destaque.

Funções específicas da aba *Class*: visualizar e organizar a hierarquia de classes, definir e editar classes e subclasses, criar *slots* (atributos da classe), estabelecer restrições (*constraints*) para os dados inseridos nos *slots*, determinar relacionamentos entre classes e as propriedades desses relacionamentos. A figura 11 mostra esta aba:

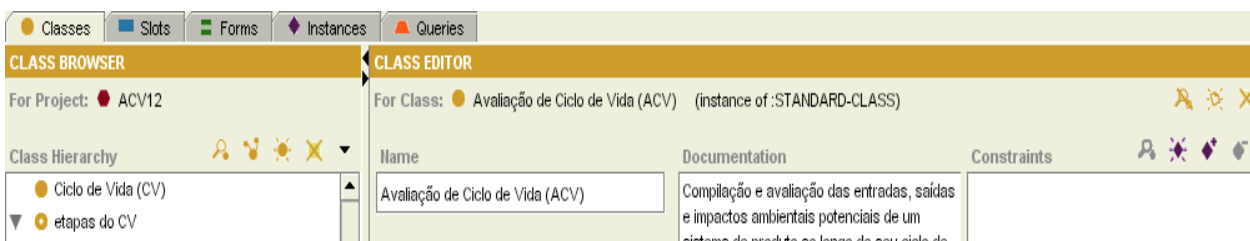


Figura 11 - Aspecto geral da aba de navegação e edição de classes do Protégé.

Funções específicas da aba *Slot*: apresentar todos os atributos criados em uma ontologia, criar e editar slots inclusive sem que estes já tenham sido definidos em uma classe, restringir os valores permitidos para um *slot*. A figura 12 exhibe esta aba:

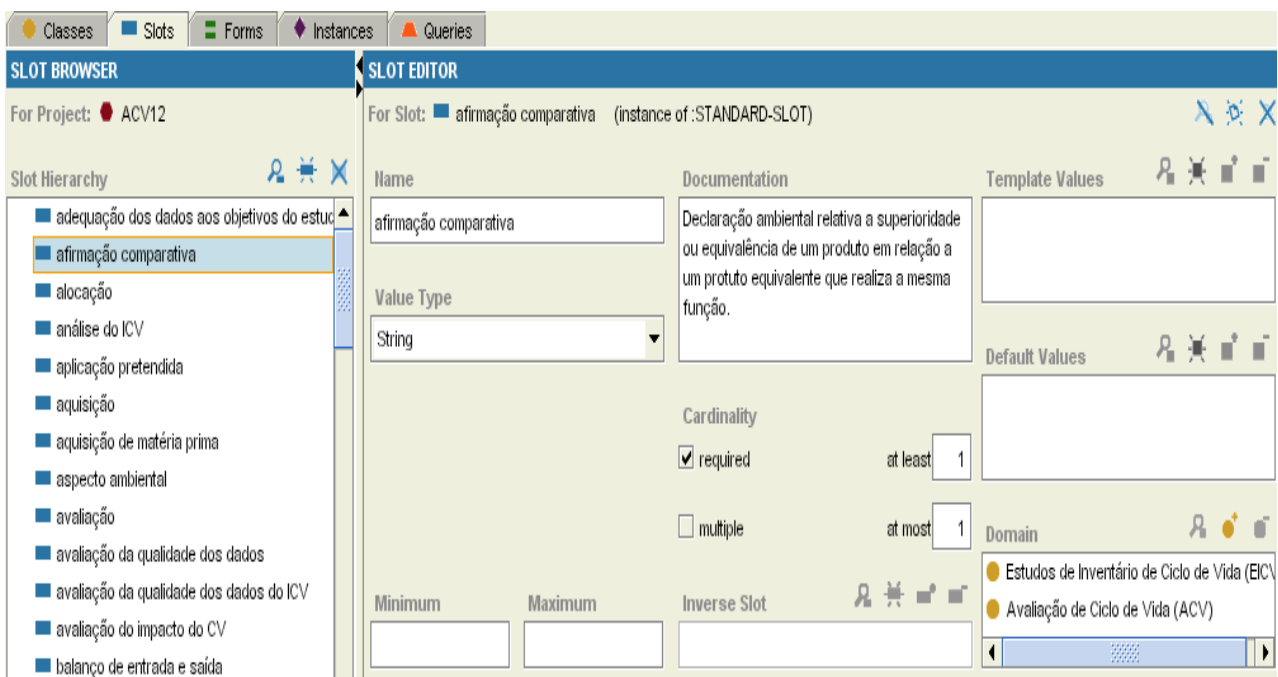


Figura 12 - Aspecto geral da aba de navegação e edição de *slots* do Protégé.

Funções específicas da aba *Forms*: como já mencionado, editar formulários gerados pela ferramenta, modificar o arranjo dos campos na tela, alterar o tamanho destes campos, seus rótulos e outras características de quaisquer *slots*. A figura 13 exhibe esta aba:

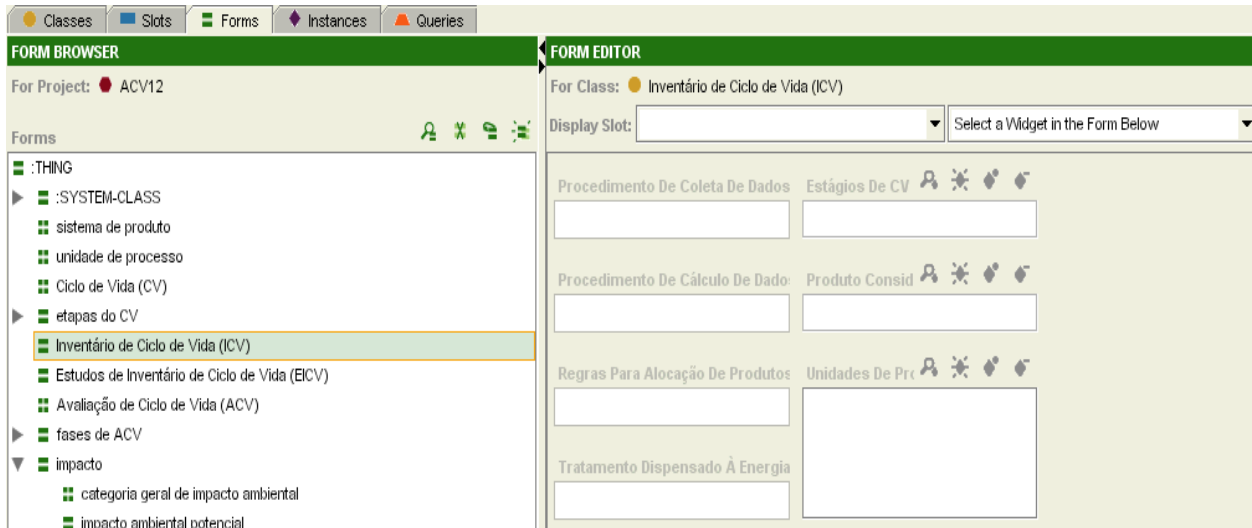


Figura 13 - Aspecto geral da aba de personalização de formulários do Protégé.

Funções específicas da aba *Instances*: criar instancias, ou seja, inserir informações na base de conhecimento, visualizar e editar as mesmas. A figura 14 exhibe esta aba:

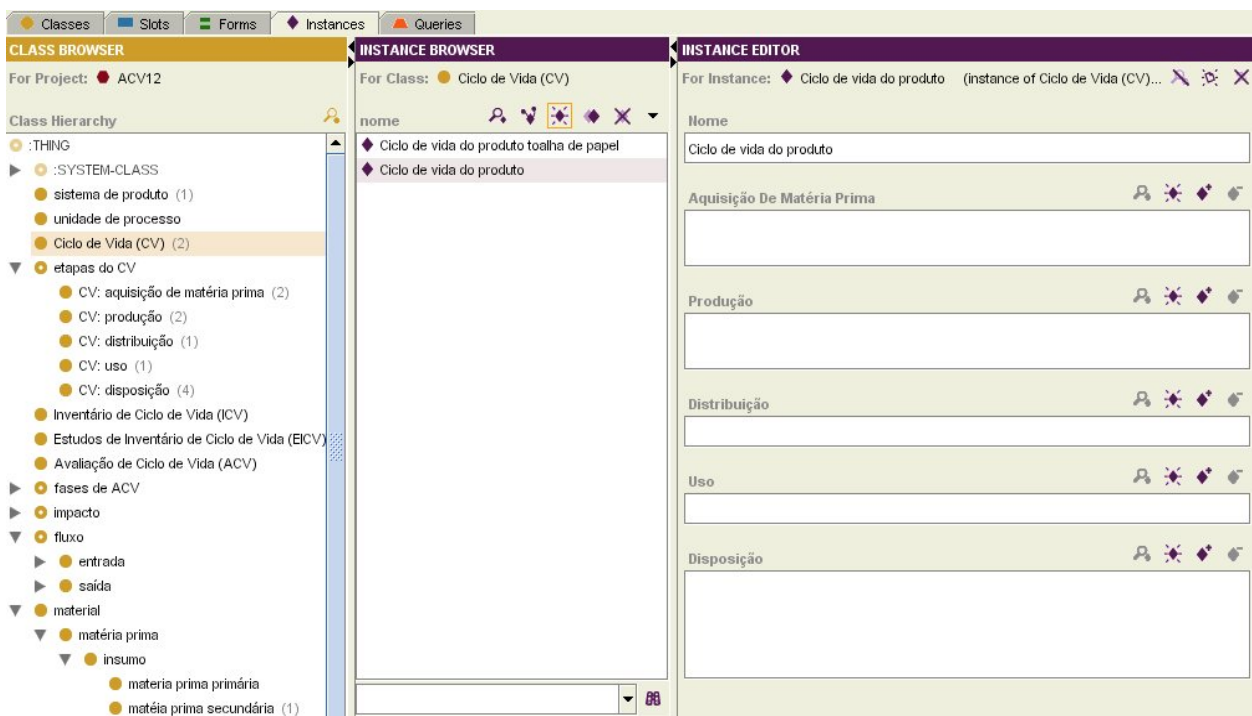


Figura 14 - Aspecto geral da aba de navegação e edição de instâncias do Protégé.

Funções específicas da aba *Queries*: à medida que a ontologia aumenta torna-se difícil a localização de uma instância. A aba *Queries* possui a função de localizar instâncias por meio de buscas detalhadas e permite também o armazenamento das buscas para posterior utilização. A figura 15 exibe esta aba:

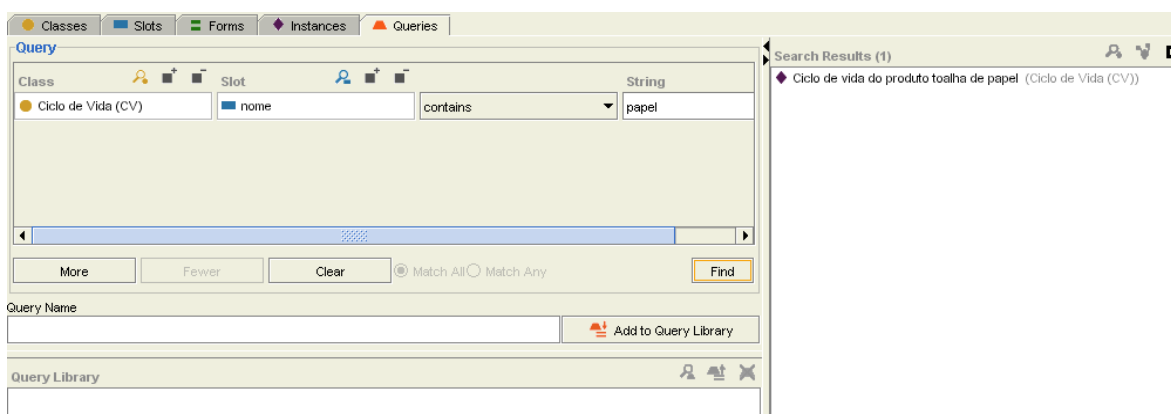


Figura 15 – Aspecto geral da aba de busca nas instancias do Protégé.

O sucesso de um projeto no Protégé conta com a boa elaboração das classes e da estrutura dos atributos. Ao construir uma ontologia deve-se balancear a intervenção de um especialista no domínio e de um desenvolvedor. Entretanto, o desenvolvimento da modelagem cabe a ambos, desde que, considere-se, a clareza do domínio, o problema a ser resolvido e as potencialidades que a ontologia construída pode conter (USER GUIDE..., 2005).

5.4 O domínio ACV

Compreender o domínio de conhecimento que esta sendo abordado é parte primordial da modelagem de conceitos. Fazer definições, criar relações e povoar uma estrutura conceitual requer, além do entendimento do assunto, a consciência do que se pretende a partir da iniciativa de criar uma ontologia. Neste estudo, com a premissa de desenvolver uma modelagem de conceitos do domínio ACV para fomentar a disseminação de seus conceitos, tomaremos como base uma parcela dentro do universo de normas ISO 14000, desenvolvidas pela Comissão Técnica 207 da ISO (TC 207), como resposta à demanda mundial por uma gestão ambiental

mais confiável, onde o meio ambiente foi introduzido como uma variável importante na estratégia dos negócios. Dentro desse vasto universo, as normas que correspondem aos objetivos deste projeto são a família ISO 14040 que possuem o foco nos produtos e serviços para construir uma base comum e racional aos vários esquemas, privados, nacionais e regionais de avaliações de produtos. Esta família constitui as normas do Sistema de Gestão Ambiental que visam fornecer assistência às organizações de acordo com o conceito de desenvolvimento sustentável. A ACV e as normas da família ISO 14040 podem e devem ser usadas como ferramentas de apoio ao planejamento do sistema de gestão (NORMAS..., 2005). Para tanto, são citados os documentos a serem utilizados, parte série ISO 14040 - Gestão Ambiental:

- ISO 14040 – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e Estrutura: norma que fornece a estrutura geral, princípios e requisitos metodológicos para conduzir e relatar estudos de ACV, não incluindo suas técnicas em detalhes (NBR ISO 14040);
- ISO 14041: – Avaliação do ciclo de vida – Definições de escopo e análise do inventário: norma orienta como o escopo deve ser suficientemente bem definido para assegurar que a extensão, a profundidade e o grau de detalhe do estudo sejam compatíveis e suficientes para atender ao objetivo estabelecido. Da mesma forma, esta norma orienta como realizar a análise de inventário, que envolve a coleta de dados e procedimentos de cálculo para quantificar as entradas e saídas pertinentes de um sistema de produto (NBR ISO 14041);
- ISO 14042 – Avaliação do ciclo de vida – Avaliação do impacto do ciclo de vida: norma que especifica os elementos essenciais para a estruturação dos dados, caracterização e avaliação quantitativa e qualitativa dos impactos do ciclo de vida identificados na etapa da análise do inventário, mostra ainda, as limitações da avaliação do impacto do ciclo de vida e suas relações com outras etapas; (NBR ISO 14042);

- ISO 14043 – Avaliação do ciclo de vida – Interpretação do ciclo de vida: norma que estabelece requisitos e recomendações para conduzir a interpretação do ciclo de vida definindo um procedimento sistemático para identificar, qualificar, conferir e avaliar as informações dos resultados do ICV ou da ACV; (NBR ISO 14043);
- ISO TR 14047: Exemplos para a aplicação da ISO 14042: Este relatório técnico fornece exemplos de algumas das formas de aplicação da Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida conforme descrito conforme a norma ISO 14042 (ISO TR 14047).

Outras informações e dúvidas relacionadas ao domínio, que não sejam sustentadas pela interpretação das normas supra citadas, serão requeridas com especialistas, documentos específicos e quaisquer outras fontes de informação que, em momento oportuno, venha sanar as questões levantadas à cerca do assunto. Neste momento, para tornar claro as considerações e acertos básicos sobre o domínio ACV, cabe uma breve explanação.

5.4.1 ACV

ACV é uma “técnica para avaliar aspectos ambientais e impactos potenciais associados a um produto” (NBR ISO 14040), utilizada para gestão ambiental. Esta técnica consiste em um estudo composto por diferentes fases que contemplam todo o ciclo de vida de um produto, o ciclo de vida é entendido como “os estágios sucessivos e encadeados de um sistema de produto, desde a aquisição de matéria-prima ou geração de recursos naturais à disposição final” (NBR ISO 14040), em outras palavras, é a história do produto, desde seu nascimento, passando pela fase de produção, distribuição, consumo, uso e até sua transformação em lixo ou resíduo. Por exemplo, quando se avalia o impacto ambiental de um carro deve-se considerar não só a extração de matérias-primas para sua confecção, mas também, os possíveis danos causados por seu processo de fabricação, pela energia que utiliza, pela produção de seus diversos componentes, como pneus, vidros e combustível, a

poluição causada por sua emissão de resíduos, sua utilização e destino final. A avaliação do ciclo de vida leva em conta as etapas “do berço à cova” (Figura 15), ou considerando-se o aproveitamento do produto após o uso, do “berço ao berço”.

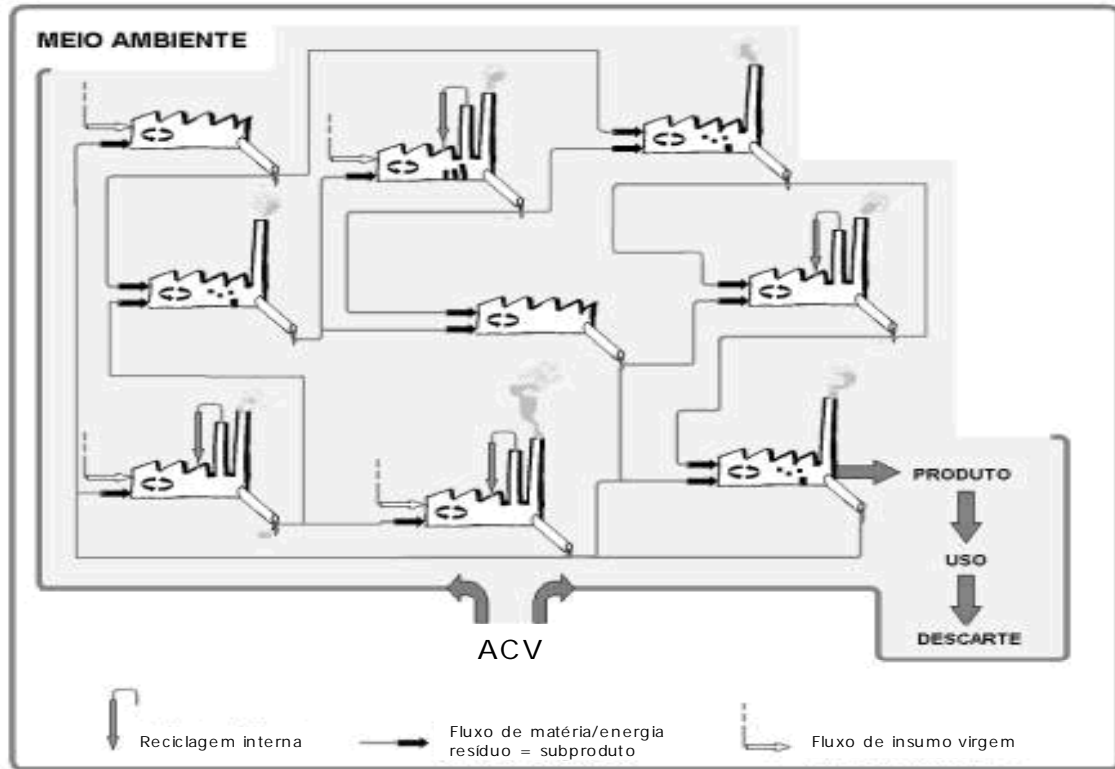


Figura 16 – Representação do ciclo de vida de um produto “do berço à cova” (RIBEIRO et al, 1993).

A figura expressa um CV de produto com a otimização dos fluxos de materiais/energia devido à formação de uma rede. A ACV segue os principais fluxos de material e energia que participam da formação do determinado produto e considera, também, o impacto causado pelo uso do produto e por seu descarte. (RIBEIRO et al, 1993).

Uma ACV como ferramenta para avaliar, de forma holística, um produto ou uma atividade durante todo seu ciclo de vida (CHEHEBE, 1997) pode auxiliar:

- Identificar oportunidades para melhorar os aspectos ambientais de um produto permitindo identificar quais unidades de processo são mais

preocupantes, com relação ao desempenho ambiental, em um sistema de produto;

- Tomada de decisões, como por exemplo, planejamento estratégico, definição de prioridades, projeto de produtos, etc.;
- Selecionar indicadores ambientais, como a iniciativa, ainda com caráter sugestivo, de utilizar Rótulos e Declarações Ambientais para conduzir a seleção de produtos ocasionando impacto direto na comercialização dos mesmos. A norma ISO 14020, dentre outras, contém princípios para todos os tipos de rotulagem ambiental e recomenda que, sempre que apropriado, seja levada em consideração a ACV;
- Marketing e divulgação de produtos que possuem conformidade com os requisitos do desenvolvimento sustentável atestada, por exemplo, por meio da Rotulagem Ambiental.

Para que se dê início a uma ACV, um fluxograma do processo é construído, especificando todos os fluxos de material e energia que entram e saem do sistema. O diagrama simplificado da Figura 16 mostra os principais estágios do ciclo de vida de um produto. O primeiro passo é a aquisição de matéria prima, através da extração de recursos naturais, como exemplo, a extração de petróleo ou a plantação de árvores, dependendo do produto estudado (1). No estágio seguinte a matéria prima é processada para obtenção dos materiais ou peças de, por exemplo, papel ou plástico. Estes materiais já processados são transformados em produtos como copos descartáveis, objetos de plástico ou papel, no estágio de manufatura do produto (2). Depois destas etapas, ocorre a embalagem e o transporte, que podem ou não ser de responsabilidade do fabricante (3), o uso (4) e o descarte ou a reciclagem (5) (RIBEIRO et al, 2005).

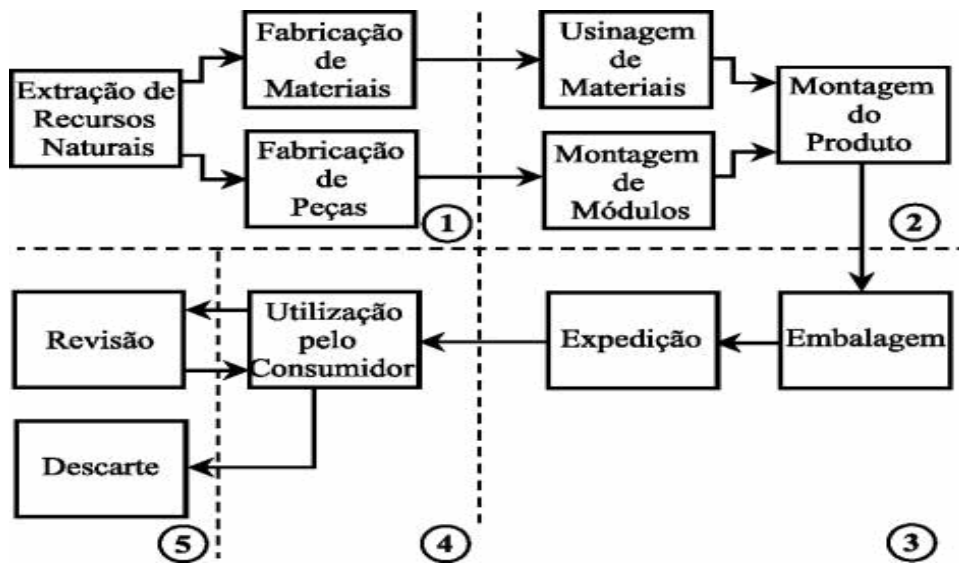


Figura 17 – Atividades nos cinco estágios de ciclo de vida de um produto (Ribeiro et al, 2005, apud GRAEDEL; ALLENBY, 1995).

5.4.2 Fases de uma ACV

Por ser uma análise complexa e com muitas variáveis a ACV esta dividida em fases que delineiam o estudo propondo uma estrutura metodológica para o mesmo. Cada uma dessas fases é descrita a seguir, conforme as informações das normas ISO 14040, ISO 14041, ISO 14042 e ISO 14043.

Definição de objetivos e escopo

O objetivo deve ser claro e explicitar a aplicação pretendida, as razões motivadoras e os interessados no resultado do estudo. É a partir deste ponto que são determinados os passos da ACV.

O escopo, tendo em vista os objetivos propostos, prescreve um conjunto de informações que fornecem parâmetros e delimitam o estudo. Um escopo deve precisar, necessariamente, entre outros detalhes:

- As funções do sistema de produto, ou seja, descrever o conjunto de unidades do processo produtivo que, encadeadas, completam uma ou mais funções. Deve-se, contudo, adotar uma unidade funcional que consiste na medida quantificada do desempenho de um referido sistema de produto, para que assim, possa haver comparabilidade de resultados;
- As fronteiras do sistema de produto consideradas para o estudo, determinando quais unidades de processo devem ser incluídas na ACV. Os critérios que influenciam neste estabelecimento de limites requerem identificação e justificativa;
- Os requisitos da qualidade dos dados relevantes ao estudo, considerando: período de tempo e área geográfica cobertos, fontes, precisão, completeza e representatividade dos dados.

Análise de ICV

Etapa que requer o estudo de um ICV previamente elaborado, sua análise e interpretação de resultados. O Inventário de Ciclo de Vida, objeto considerado nesta fase do estudo, é um conjunto de dados coletados e quantificados que dizem respeito às entradas e saídas de um sistema de produto, ou seja, é basicamente um

balanço de massa e energia em que todos os fluxos de entrada devem corresponder a um fluxo de saída quantificado como produto, resíduo ou emissão. A elaboração do inventário leva ao conhecimento detalhado do processo de produção. Com isto, pode-se identificar pontos de produção de resíduos e sua destinação, as quantidades de material que circulam no sistema e as quantidades que deixam o sistema, determinar a poluição associada a uma unidade do sistema e identificar pontos críticos de desperdício de matéria prima ou de produção de resíduos. “O inventário, por si só, permite a tomada de decisões sobre os investimentos necessários em determinadas partes do processo e a análise técnica para a escolha de soluções para os problemas determinados (reciclagem, reutilização, mudança de processo ou parte dele)” (CICLO DE VIDA..., 2005, p. 1).

Durante a coleta de dados para um inventário permite-se apurar o sistema em estudo e este fato, muitas vezes, traz novos requisitos ou limitações que implicam em mudanças nos procedimentos de coleta para que os objetivos da ACV não se percam. O procedimento de coleta e cálculo dos dados permeia todas as unidades de processo delimitadas para o estudo, os números referentes aos cálculos de fluxos de materiais e energias envolvidos, bem como, as liberações residuais no ambiente devem ser associados a cada produto dentro de um sistema de produtos.

Avaliação do impacto do ciclo de vida

A Avaliação do impacto recorre aos dados de ICV para inferir quais são os impactos ambientais potenciais que ocorrem ao longo do CV de um produto. É possível, sobretudo, realizar uma avaliação comparativa de produtos ou processos e, sendo a ACV utilizada para este fim, esta etapa é a que recomenda qual produto seria ambientalmente preferível, além de identificar oportunidades de melhoria de desempenho ambiental no CV de ambos. Nesta fase, inclui-se ainda uma análise crítica do objetivo e escopo do estudo da ACV para verificar a pertinência dos mesmos.

Interpretação de resultados

Neste momento são feitas constatações sobre a Análise do inventário e/ou da Avaliação de impacto visando fornecer conclusões e recomendações aos tomadores de decisões de acordo com o objetivo e o escopo do estudo. Estas determinações da avaliação, mais uma vez, podem ser revisadas. Da mesma forma, a natureza e a qualidade dos dados podem passar um processo interativo de análise crítica e revisão. Vale ressaltar que medidas subseqüentes às considerações obtidas por meio de uma ACV não fazem parte do escopo do estudo.

6 Metodologia

A partir do momento em que se optou modelar os conceitos inerentes ao domínio ACV com o uso de uma ontologia, observou-se importantes aspectos para tornar isto viável, tais como, utilizar um editor de ontologias e obter conhecimento do assunto a ser estruturado. Em decorrência, percebeu-se a necessidade de desenvolver uma metodologia capaz de se adequar ao contexto vislumbrado, considerando que a aquisição de conhecimento necessário para o estudo foi obtida através de pesquisas bibliográficas em diversas fontes citadas e que foram feitas escolhas com foco nos objetivos predefinidos para o projeto. A metodologia da pesquisa, desenvolvida nesta seção, prescreve as etapas de caráter teórico e prático para a conclusão bem sucedida do estudo. Desta forma, apresenta-se a seguir, as diretrizes metodológicas para o andamento e realização da pesquisa, organizada em quatro etapas distintas, cada qual com seu respectivo detalhamento (Figura 17):

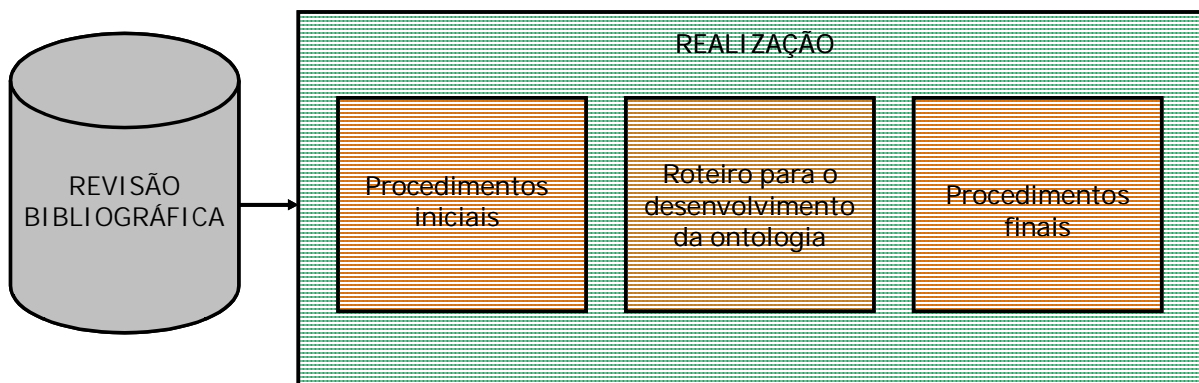


Figura 18 – Ilustração da metodologia da pesquisa.

6.1 Revisão bibliográfica

Etapa designada ao levantamento bibliográfico dos assuntos que respaldam nosso estudo para guiar as escolhas que melhor atendem a intenção de organizar o conhecimento do domínio ACV através de uma modelagem conceitual:

- 1) Modelagem conceitual: para representar de maneira estruturada um domínio de conhecimento delimitado, as teorias, relações, instrumentos e métodos, entre outros aspectos referentes à modelagem de conceitos, devem ser explorados;
- 2) Ontologia: a partir do conhecimento sobre modelagem conceitual, fez-se a escolha da construção de uma ontologia como instrumento mais atrativo para expressar e descrever os conceitos. Oportunamente, este assunto deve ser abordado;
- 3) Ferramenta Protegé: diante de algumas ferramentas para construir e editar ontologias realizou-se um estudo sobre o Protegé, neste caso, utilizado para guiar o processo de criação e extensão de conceitos, considerando suas potencialidades para representar e estruturar o conteúdo do domínio;
- 4) O domínio ACV: para tornar familiar os conceitos e a área de conhecimento da modelagem, foi feita uma explanação, situando o domínio considerado na construção da ontologia.

6.2 Realização: procedimentos iniciais

Adquirida a base teórica, o aprendizado foi aplicado para desenvolver a ontologia ACV e os procedimentos a seguir constituem a primeira fase da realização da pesquisa:

- 1) Planejar as principais tarefas que serão executadas com relação à organização, tempo gasto e recursos necessários para o estudo;
- 2) Instalar e configurar a ferramenta Protegé, versão 3.1.1;
- 3) Fazer uma leitura interpretativa e minuciosa da norma ISO 14040, pois esta fornece a estrutura geral da ACV;
- 4) Esboçar em papel, e posteriormente na ferramenta, alguns conceitos, suas relações, atributos e definições, com caráter experimental, para identificar questões e necessidades fundamentais a serem consideradas na constituição de um roteiro para desenvolver a ontologia.

6.3 Realização: Roteiro para o desenvolvimento da ontologia

A idéia de uma “Engenharia de Ontologias” ainda não está concretizada e o que se tem atualmente são algumas propostas de modelo que permitem a construção de ontologias (SILVA, 2004b), por tanto, nesta etapa, as atividades consideradas no desenvolvimento da ontologia foram definidas e adequadas às necessidades tendo por base, alguns autores, prontamente citados, que discutem os processos envolvidos na composição de ontologias, constituindo então, o Roteiro para o desenvolvimento da ontologia, cujos passos são dispostos a seguir:

- 1) Determinar os objetivos – entendimento do propósito inicial que motiva a construção de uma ontologia fundamentando a realização desta atividade. Algumas questões enumeradas por Fernández-Lopéz et al (1999), ao serem respondidas, caracterizam este passo: Porque essa ontologia está sendo construída? O que se pretende com seu uso? Quem são seus usuários finais?;
- 2) Definir o domínio – previa abordagem do estudo e delimitação do universo de conhecimento representado na ontologia;
- 3) Delimitar o escopo – mostra da idéia inicial concebida para a ontologia, sua funcionalidade. Segundo Noy (2001), o escopo da ontologia é construído pelas questões que envolvem o domínio, as chamadas questões de competência. Essas questões expressam os requisitos da ontologia, aquilo que ela deverá ser capaz de responder através de sua representação de conhecimento;
- 4) Considerar a reutilização de ontologias – busca e análise de outras ontologias já existentes que abordem o assunto ou os conceitos em voga no estudo. Esta etapa contribui para uma possível reutilização da ontologia, ou seja, aproveitar partes de uma representação já realizada;
- 5) Considerar a reutilização da ontologia específica – relevar a idéia de que ontologias foram feitas para serem reutilizadas (Fernández-Lopéz *et al*, 1999), considerando a possibilidade de facilitar o reuso e a extensão do domínio modelado;
- 6) Modelar os conceitos – fase na qual a estrutura de conceitos é delineada ao passo que o conhecimento sobre o domínio é obtido. A modelagem conceitual, expressa na ferramenta para desenvolvimento e edição de ontologias, constitui-se de um conjunto de atividades sem ordem fixa para serem realizadas ou indicação do nível de detalhamento de sua execução, estas são especificadas a seguir:

alcançado, ou seja, assegurar que os objetivos identificados no início do projeto sejam atendidos com a ontologia criada. Segundo Guizzardi (2000), os critérios utilizados para avaliar a ontologia são: clareza, coerência, extensibilidade e compromissos. É pertinente utilizar as questões de competência para auxiliar na validação da representação semântica da ontologia e contar com a colaboração das pessoas envolvidas com o domínio e a utilização da estrutura construída para buscar opiniões, críticas e sugestões para aumentar a credibilidade da ontologia (HOLSAPPLE, 2002);

- 8) Revisar – etapa desenvolvida para prever e executar a manutenção da ontologia em conjunto com a avaliação, pois a qualquer momento o conhecimento no domínio coberto pela ontologia pode ser alterado, com a inclusão ou modificação de definições. Com base nos passos para o desenvolvimento de um projeto no Protégé, abordado na seção 5.3.1 deste trabalho, observamos o ciclo de revisão ilustrado pela a figura 1 que demonstra em quais momentos a revisão é viável;
- 9) Documentar – tanto as etapas anteriores quanto as seguintes devem ter seus resultados anotados para compor a documentação da ontologia, objetivando o entendimento e a utilização da mesma.
- 10) Aplicar – neste momento deve-se utilizar a ontologia diante do propósito preterido;

Dados os passos do roteiro para o desenvolvimento da ontologia é necessário concluir que os passos de 1 a 5 servem como um planejamento para a construção da estrutura a ser realizada no passo 6. Os passos, 7 e 8 e 9, ocorrem paralelamente aos demais, e são responsáveis pela manutenção da ontologia, sendo que, o processo de documentar é composto dos resultados alcançados na realização de todos os passos ao descrever *o que* foi e *como* foi realizado. O capítulo 7 fornece a elaboração desta documentação em sua seção 7.2, e fornece outras informações sobre a pesquisa a partir dos resultados da metodologia. Por fim, o passo 10, diz respeito à utilização prática da estrutura. A figura a seguir ilustra o Roteiro para o desenvolvimento da ontologia:

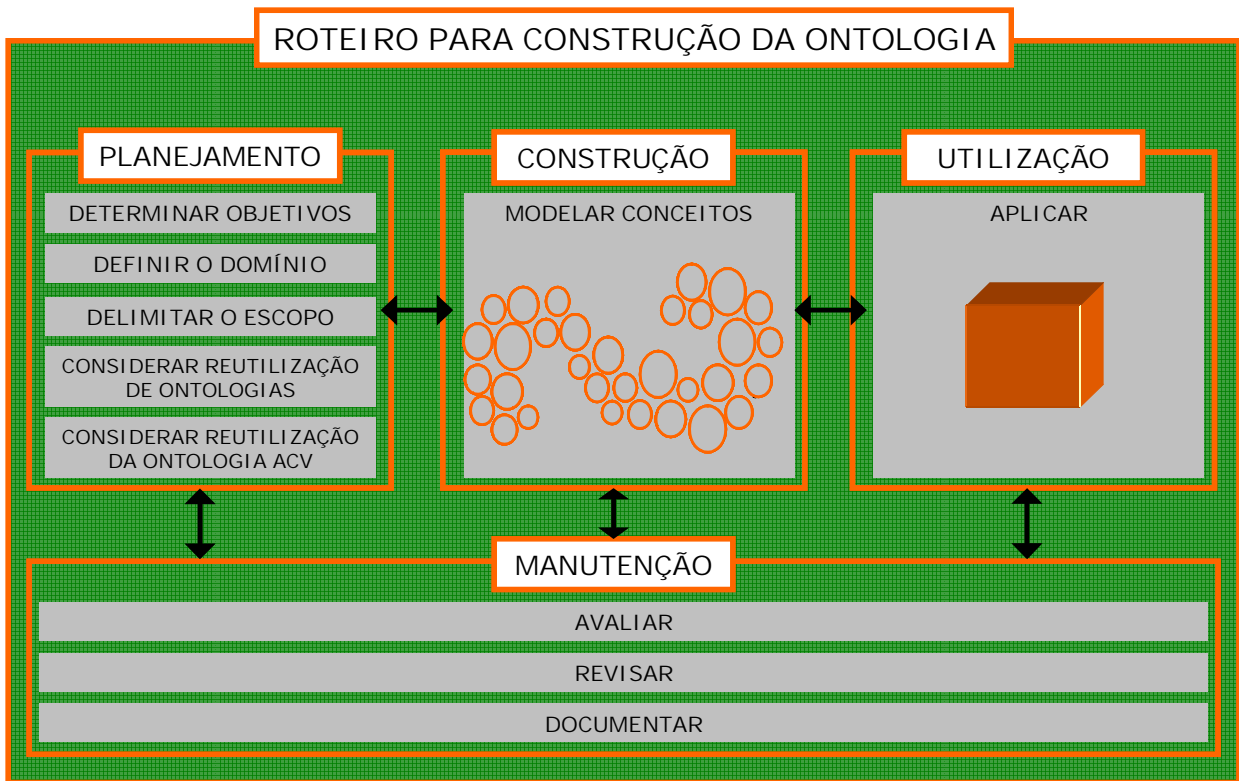


Figura 20 – Ilustração do Roteiro para construção da ontologia.

6.4 Realização: procedimentos finais

- 1) Disponibilizar – dispor a modelagem conceitual para consulta e utilização, primeiramente no formato padrão da ferramenta Protégé (pons. and pins.);
- 2) Utilizar – realizar estudo de possíveis aplicações da ontologia construída. Discorrer com caráter sugestivo;
- 3) Efeito multiplicador – enumerar contribuições não consideradas no escopo do trabalho.

7 Aplicação da metodologia e seus resultados

Este capítulo discorre sobre a realização da pesquisa a partir da aplicação da metodologia (capítulo 6) e de seus resultados, considerando que o referencial teórico fora abordado no capítulo que trata da revisão de literatura (capítulo 5). São apresentados a seguir o relato da execução dos procedimentos iniciais, a documentação do desenvolvimento da ontologia ACV e a execução dos procedimentos finais. Vale ressaltar que a redação da monografia compreende os esforços realizados no sentido da materialização deste documento escrito que tem como função organizar, sistematizar e descrever todo o processo de pesquisa.

7.1 Execução dos procedimentos iniciais

Os procedimentos iniciais são imprescindíveis para a realização da pesquisa e têm o papel operacional, ou seja, são recursos utilizados para dar seguimento ao trabalho.

7.1.1 Planejamento das tarefas

Organização

Esta pesquisa foi realizada no cerne do Departamento de Ciência da Informação e Documentação (CID) da Universidade de Brasília (UnB) para compor a monografia apresentada ao curso de Biblioteconomia como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Biblioteconomia. Para tanto, foram estabelecidas reuniões com o orientador e demais envolvidos no trabalho e estipuladas metas que

conferiam o andamento do trabalho. Os documentos bibliográficos utilizados e as anotações pertinentes, foram separados por área de concentração e mantidos, na maioria das vezes, em versão impressa e *online*. Cada versão do documento monográfico alterada foi datada e arquivada digitalmente para eventuais consultas.

Recursos necessários

Para efetivar a pesquisa, foi necessário a utilização de equipamentos de hardware (Pentium II, 900 Mhz e 128 Mb de RAM) e software (Microsoft Windows 2000 Professional; Microsoft Office 2000; Internet Explorer 6.0; Acrobat Reader 6.0; Protégé versão 3.1.1) específicos, entre outros materiais. Os recursos foram de responsabilidade pessoal, buscados no âmbito da própria universidade, mais especificamente nos laboratórios de informática do CID e CIC ou, em algumas ocasiões, em qualquer computador pessoal acessível.

O material bibliográfico, um recurso indispensável, foi adquirido por meio de pesquisas em bases referenciais de publicações científicas, internet e bibliotecas. Foram verificados trabalhos de conclusão de curso, monografias, dissertações de Mestrado, teses, publicações científicas, artigos, livros e *sites* diversos.

Tempo investido

O interesse para o desenvolvimento deste estudo foi manifestado no primeiro semestre de 2005 no curso da disciplina Estudos em Sistemas de Informação, ministrada no Departamento de Ciência da Computação (CIC) pelo Prof. Dr. Jorge Henrique Cabral Fernandes. Contudo, a pesquisa em si realizou-se no segundo semestre de 2005 no curso da disciplina Monografia em Biblioteconomia e Ciência da Informação, ministrada no CID sob orientação da Profa. Dr. Marisa Brascher.

Durante realização da pesquisa, certo período de tempo foi investido para garantir a concretização dos objetivos do estudo com devida qualidade. Vale ressaltar que quantidade de horas dedicadas a cada uma das etapas da pesquisa, conforme a Tabela 1, foram estipuladas tendo em vista os prazos do 2º semestre letivo de 2005 da UnB que, eventualmente, foi estendido por motivo de greve. O tempo investido adequou-se confortavelmente ao novo calendário, porém acredita-se que o caráter extensivo do estudo permite a delimitação e realização de outras tarefas que podem culminar em estudos futuros.

Tabela 1 – Cronograma das atividades relativas à pesquisa.

Atividade	Início	Término	Qtd. de Dias	Qtd. Média de Horas/Dia	Qtd. de Horas investidas
Levantamento bibliográfico e revisão de literatura	28/08/2005	30/09/2005	26	4'	104'
Preparação da metodologia	03/10/2005	17/10/2005	12	6'	72'
Desenvolvimento da ontologia	19/10/2005	15/12/2005	39	4'	156'
Descrição dos resultados	12/01/2006	21/02/2006	19	3'30"	66'30"
Conclusão	21/02/2006	06/03/2006	13	3'	39'
Revisão do documento monográfico	07/03/2006	13/03/2006	06	4'	24'
Total de tempo investido na pesquisa			115	-	461'30"

7.1.2 Instalação e configuração da ferramenta Protégé

No *site* oficial do editor de ontologias Protégé (<http://protege.stanford.edu/>) foi feito o *download* gratuito da versão 3.1.1 da ferramenta a ser utilizada neste trabalho. Os passos a seguir detalham este procedimento, a instalação e configuração do Protégé:

- 1) Registro de novo usuário com preenchimento de dados pessoais e de informações sobre o uso da ferramenta. Neste momento pôde ser feita a inscrição em diferentes listas de discussões para trocar informações com outros usuários;

- 2) Cópia (*download*), para plataforma Windows, da versão atual (versão 3.1.1 alfa) completa acrescida de todos os *plug-ins* opcionais e ainda do Java Virtual Machine (JVM), necessário para o funcionamento do Protégé, totalizando 51.7 M;
- 3) Instalação do arquivo executável e configuração da ferramenta a partir da escolha de todos os componentes a serem instalados, determinação de uma pasta pessoal no disco rígido como local onde foram salvos e seleção do JVM específico para esta aplicação;
- 4) Criação do novo projeto no Protégé a partir da escolha da opção *Create New Project...* na caixa de diálogo inicial;
- 5) Escolha do formato padrão do Protégé, *Protégé files* (pins., pons., pprj), dentre as possíveis opções oferecidas pela ferramenta, para o novo projeto;
- 6) Denominação do novo projeto como Ontologia ACV. Neste momento deu-se início o desenvolvimento da ontologia.

7.1.3 Leitura das normas

Após a revisão de literatura sobre o domínio ACV partiu-se para a leitura interpretativa e minuciosa das normas que circundam o assunto. Iniciando com a ISO 14040 – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e Estrutura (NBR ISO 14040), foi possível abstrair algumas definições e uma visão geral do estudo de ACV e suas fases. Os conceitos foram aprofundados nas normas subsequentes acessíveis **ISO 14041** – Avaliação do ciclo de vida – Definições de escopo e análise do inventário (NBR ISO 14041); ISO 14043 – Avaliação do ciclo de vida – Interpretação do ciclo de vida (NBR ISO 14043) e ISO TR 14047 – Environmental management – Life cycle impact assessment: examples of application of ISO 14042 (ISO TR 14047), norma que foi identificada para preencher determinadas instâncias da estrutura. Com essa leitura foi possível identificar necessidades de informação sobre a área de

conhecimento a serem buscadas em outras fontes, bem como, verificar algumas contribuições e aplicações possíveis a partir da construção da ontologia.

7.1.4 Esboço da estrutura

Foi realizado um esboço em papel, e posteriormente na ferramenta, de alguns conceitos, suas relações, atributos e definições, com caráter experimental, para identificar questões e necessidades fundamentais a serem consideradas na constituição do roteiro para desenvolver a ontologia.

7.2 Execução do roteiro para o desenvolvimento da ontologia

A execução do roteiro elaborado para desenvolver a ontologia, conteúdo abordado nesta seção, compõe-se pela descrição das decisões tomadas e conseqüentes atividades realizadas ao longo do desenvolvimento da Ontologia ACV. O roteiro, baseado em propostas e modelos referenciados para composição de ontologias, foi adequado às necessidades específicas deste trabalho atendendo perfeitamente a sua finalidade. Por tanto, os passos apresentados foram seguidos elucidando o desenvolvimento da Ontologia ACV, como exposto a seguir:

7.2.1 Planejamento da Ontologia ACV

7.2.1.1 Determinação dos objetivos

O objetivo que motiva a construção da Ontologia ACV é modelar o conhecimento do domínio específico Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) para fomentar a disseminação de seus conceitos. Por sua vez, o desenvolvimento desta ontologia tem o intuito de fornecer informação estruturada a pesquisadores, industriais e demais interessados.

7.2.1.2 Definição do domínio

Neste estudo foi realizada uma modelagem de conceitos do domínio ACV para fomentar a disseminação de seus conceitos. Ao considerar ACV como sendo uma técnica para avaliar os aspectos ambientais e os impactos potenciais de um produto durante todo seu ciclo de vida (CHEHEBE, 1997), podemos delimitar o universo de conhecimento representado na Ontologia ACV. Este universo restringiu-se as definições e considerações prescritas em uma parcela das normas ISO 14000 que trata especificamente de ACV, ou seja, as normas ISO 14040 (NBR ISO 14040), ISO 14041 (NBR ISO 14041) e ISO 14043 (NBR ISO 14043), pertencentes à série ISO 14040. Portanto, os conceitos de ACV relevantes e validados por essas normas em língua portuguesa foram objetos deste trabalho.

7.2.1.3 Delimitação do escopo

A Ontologia ACV pretende apoiar à disseminação da informação provendo uma ontologia com abstrações dependentes do domínio particular, especificando conceitos extraídos da série de normas ISO 14040. Esta ontologia, ao definir,

representar e relacionar os conceitos de ACV, permitirá a compreensão do significado semântico das informações de forma clara e objetiva, restringindo o número de interpretações dos conceitos no contexto de um consultante que procura informações sobre o assunto. Logo, sua funcionalidade permeia o entendimento do domínio propiciando uma visão geral de definições e termos reconhecidos.

7.2.1.4 Considerações à cerca da reutilização de ontologias

Foram feitas pesquisas com o intuito de encontrar uma ontologia ou mesmo outro tipo de esquema de representação do conhecimento, como um tesouro, classificação ou taxonomia, sobre o assunto e os conceitos inerentes ao domínio estudado. A busca se deu na Internet (Google, repositórios *online* de ontologia, fórum de discussão do Protégé e de ontologias) e em fontes de informação advindas do próprio grupo que compunha e desenvolvia o Projeto *Inventário do ciclo de vida para a competitividade ambiental da indústria brasileira* (INVENTÁRIO..., 2005) no IBICT. Contudo, não se obteve respostas positivas, foi recuperado apenas a especificação do código fonte da ontologia ISO/FDIS 15926-2 - *Industrial automation systems and integration*, em língua inglesa e dentro do domínio de Engenharia de processo ambientais que, após ser avaliada quanto à equivalência dos termos, com mesma semântica, mas com sintaxes diferentes, ou ainda com relação ao aproveitamento das definições já existentes, teve sua reutilização descartada, pois não retratava o assunto do domínio de interesse dessa pesquisa, inviabilizando a integração de seus conceitos a estrutura da Ontologia ACV.

7.2.1.5 Considerações à cerca da reutilização da Ontologia ACV

Embora a Ontologia ACV tenha sido desenvolvida em linguagem natural, existe a possibilidade da mesma ser reutilizada em uma proposta que venha a formalizar seus conceitos com o uso de uma linguagem própria como por exemplo, OWL⁷. Seu reuso também pode se dar por uma ontologia que trate deste universo do discurso, considerando a peculiaridade da Ontologia ACV. Esta reutilização foi facilitada principalmente com a constituição desta documentação, inserida no corpo da monografia, que auxilia no entendimento da ontologia e de seu processo construtivo. As especificações da ferramenta, linguagem utilizada, objetivo proposto, entre outras informações aqui fornecidas, são válidas e favoráveis à concepção de autores que ressaltam que ontologias devem ser reutilizadas.

7.2.2 Construção da Ontologia ACV

7.2.2.1 Modelagem dos conceitos

Neste momento, discorre-se sobre as atividades práticas realizadas para desenvolver a Ontologia ACV, produto desta pesquisa, considerando as prescrições relativas a seus objetivos, domínio, escopo e reuso, expostas anteriormente. A ontologia em si foi constituída a partir de um conjunto de atividades realizadas sem ordem fixa, ou seja, à medida que o nível de representação crescia, com a exploração e o conhecimento sobre o domínio, estas tornavam-se recorrentes e, muitas vezes, concomitantes. Essas atividades, aplicadas para modelar os conceitos do domínio ACV na ferramenta Protégé, são descritas a seguir, exprimindo de modo

⁷ Linguagem para criação e manipulação de ontologias definida pelo Web Ontology Working Group, parte do projeto de Web Semântica da W3C. A OWL habilita a máquina a compreender o dado, ou seja, oferece a capacidade de processamento semântico pela máquina, através de sua potencialidade em descrever relacionamentos e propriedades entre os conceitos de um domínio, ou seja, tem a intenção de prover uma linguagem que pode ser utilizada para descrever as classes e suas relações (LUSTOSA, 2003).

geral como foram realizadas e pontuando relevâncias que contribuiriam para o aperfeiçoamento da estrutura. Para esta finalidade, foram utilizadas anotações que relatam o desenvolvimento da Ontologia ACV, compostas no seu decurso para acompanhar cronologicamente seu progresso e enumerar questões a serem resolvidas. Vale ressaltar, que diferentes arquivos foram criados na ferramenta com o intuito de ilustrar e reaver alterações:

Listagem dos principais termos que compõem o domínio

Foi determinado como principal fonte de informação sobre o domínio as normas ISO 14040 (NBR ISO 14040), **ISO 14041 (NBR ISO 14041)** e ISO 14043 (NBR ISO 14043), sendo que, outras fontes também foram consultadas, como o livro *Análise do Ciclo de Vida de Produtos* (CHEHEBE, 1997). A partir da análise das informações sobre o domínio os principais termos que o compõe foram listados e especificados de maneira informal como conceitos ou propriedades. O Quadro 6 ilustra como este procedimento foi realizado:

Quadro 6 – Identificação dos termos da Ontologia ACV

Termos da Ontologia ACV	
CONCEITOS	PROPRIEDADES
Sistema de produto	Fronteira do sistema de produto, funções do sistema de produto, saída funcional.
Unidade de processo	Entradas, saídas, unidade funcional.
Objetivo	Razões para conduzir o estudo, aplicação pretendida, produto considerado, público alvo.
Escopo	Limitações, profundidade da ACV, requisitos de qualidade dos dados, extensão da ACV.

Os conceitos *sistema de produto*, *unidade de processo*, *objetivo*, *escopo*, entre outros, são definidos na ontologia como classes e as características ou propriedades destes conceitos como, por exemplo, *fronteira do sistema de produto*, *funções do sistema de produto*, *saída funcional*, *entradas*, *saídas*, *unidade funcional*, *razões para conduzir o estudo*, *aplicação pretendida*, *produto considerado*, *público*

alvo, limitações, profundidade da ACV, requisitos de qualidade dos dados e extensão da ACV, são definidos como *slots*.

A criação da lista de termos serve ainda para identificar sinônimos, desta forma é possível analisar termos que possuem sintaxes diferentes, mas tem o mesmo significado. Assim podemos representar os sinônimos na ontologia ou mesmo declará-los. No caso da Ontologia ACV, termos sinônimos não são comuns e foram declarados no campo *Documentation* como parte da documentação do conceito (Figura 20).

<p>Name</p> <input type="text" value="sistema de produto"/>	<p>Documentation</p> <p>Conjunto de unidades de processo conectadas material e energeticamente, que realiza uma ou mais funções definidas.</p>
<p>Role</p> <input type="text" value="Concrete"/>	

Figura 21 – Documentação da classe *sistema de produto*, que pode ser tido como um conjunto de unidades de processo.

Especificação de classes

Fazendo uso da lista de termos, foram definidas 13 classes, com a pretensão de representar os conceitos gerais. A partir dos conceitos gerais foram definidas e agrupadas suas especificidades, ou seja, suas 39 subclasses, totalizando 52, excluindo-se as classes e subclasse do sistema (ANEXO A). Observou-se neste momento que o relacionamento expresso pela hierarquia de classes é do tipo geral-específico. Para tornar visíveis relações do tipo todo-parte, de interesse para este estudo, recorreu-se à representação de uma classe abstrata, ou seja, não instanciável, para que a partir dessa fossem agrupados os conceitos que fazem parte de um conceito maior. A Figura 22 ilustra as classes concretas *CV: aquisição de matéria prima*, *CV: produção*, *CV: distribuição*, *CV: uso* e *CV: disposição* que tem a função de agrupar as partes que compõem a classe abstrata *etapas do CV*. Esse recurso favoreceu a visualização geral da estrutura que não permitia esboçar, por

exemplo, que *CV: aquisição de matéria prima*, *CV: produção*, *CV: distribuição*, *CV: uso* e *CV: disposição* são etapas de um Ciclo de Vida.

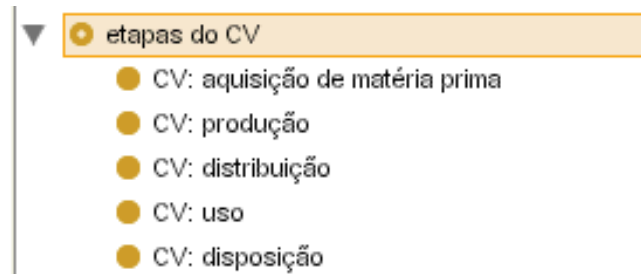


Figura 22 – Classe abstrata *etapas do CV* e suas subclasses.

A medida em que se criava uma nova classe procurava definir brevemente o conceito no campo *Documentation* e identificar quais seriam seus atributos e valores de modo que cada conceito era trabalhado intensamente para dar início à representação de um outro (Figura 23).

Name		Documentation	
unidade de processo		Menor porção de um sistema de produto da qual são coletados dados quando é realizada uma ACV. São ligadas umas às outras por fluxos intermediários de produtos e/ou resíduos para tratamento, a outros sistemas	
Role			
Concrete ●			
Template Slots			
Name	Cardinality	Type	
balanço de entrada e saída	multiple	Float	
entradas	multiple	Instance of entrada	
finalidade	single	String	
impacto associado	single	Instance of impacto ambiental potencial	
nome	single	String	
saídas	multiple	Instance of saída	
unidade funcional	single	Symbol	

Figura 23 – Classe *unidade de processo*, sua documentação e seus *slots*.

Estabelecimento de agrupamentos e hierarquias

Como mencionado na especificação das classes, foram identificados conceitos gerais e a partir disso os conceitos mais específicos foram alocados na estrutura. Logo, o processo *top-down* (NOY, 2001) teve uma maior aplicação na definição da hierarquia de conceitos. Contudo, o processo *bottom-up* (NOY, 2001) foi largamente utilizado para agrupar um conjunto de atributos em um conceito que os compreendesse. A combinação de ambos processos permitiu a organização da estrutura facilitando a atribuição dos *slots* às classes e a hierarquização das classes para que essas acolham suas respectivas subclasses.

Vale ressaltar que toda classe é parte de uma classe principal denominada pela ferramenta como *Thing*. Uma subclasse herda as propriedades de sua superclasse determinando, por exemplo, que a classe *relatório de terceira parte* possua todos os *slots* da classe *relatório* e outros especificamente seus (Figura 24). A herança entre as classes torna-se desfavorável em alguns momentos, pois limita a representação de uma subclasse à, necessariamente, possuir os atributos de sua classe.

- relatório
- relatório de terceira parte
- relatório para afirmação comparativa

Slots da classe relatório

Name	Cardinality	Type	Other Facets
declaração de análise crítica	single	Symbol	allowed-values={estudo_conduz...
formato do relatório	single	String	
relatório da análise crítica	multiple	Instance of relatório de análise crítica	
tipo de relatório	single	Symbol	allowed-values={relatório_de_tei...

Slots da classe relatório de terceira parte

Name	Cardinality	Type	Other Facets
avaliação da qualidade dos dados do ICV	single	String	
data	single	String	
declaração de análise crítica	single	Symbol	allowed-values={estudo_cc...
escopo da ACV	multiple	Instance of escopo	
executante	single	String	
formato do relatório	single	String	
interpretação do CV	multiple	Instance of ACV: Interpretação...	
metodologia da avaliação de impacto	single	String	
objetivo da ACV	multiple	Instance of objetivo	
procedimento de coleta de dados do ICV	single	String	
procedimento de cálculo de dados do ICV	single	String	
relatório da análise crítica	multiple	Instance of relatório de análise...	
resultado da avaliação de impacto do CV	single	String	
solicitante	single	String	
tipo de relatório	single	Symbol	allowed-values={relatório_c...

Figura 24 – Slots da classe *relatório* e de sua subclasse *relatório de terceira parte*.

Determinação de atributos

Os atributos correspondem aos *slots* em uma ontologia e constituem campos em um formulário de entrada de dados. Os *slots* da Ontologia ACV foram criados a medida em que as classes foram definidas, sendo excluídos e reutilizados quando necessário. Observou-se que um *slot* deve ser preenchido com um único valor determinado, pois o detalhamento de uma característica implica na declaração de uma classe. Esse fato aconteceu, por exemplo, com a definição de *impacto ambiental potencial* que a princípio foi tido como atributo da classe *produto* (Figura 25), porém diante da necessidade deste ter suas características detalhadas, o mesmo foi redefinido como uma classe com seus próprios *slots* (Figura 26) e, na classe *produto*, definiu-se o *slot* *impacto ambiental causado* que faz referência às instâncias da nova classe *impacto ambiental potencial* (Figura 27).

For Class: ● produto (instance of :STANDARD-CLASS)

Name: produto

Role: Concrete ●

Documentation: Manufatura passível de consumo. (também considera-se para este caso, produto como sendo um serviço ou atividade)

Constraints:

Template Slots:

Name	Cardinality	Type	Other Facets
aspecto ambiental	single	String	
CV	multiple	Instance of Ciclo de Vida (CV)	
impacto ambiental potencial	single	String	
nome	single	String	
sistema de produto considerado	multiple	Instance of sistema de produto	

Figura 25 – Definição de *impacto ambiental potencial* como atributo da classe *produto*.

For Class: ● impacto ambiental potencial (instance of :STANDARD-CLASS)

Name: impacto ambiental potencial

Role: Concrete ●

Documentation: Impacto que causa.

Constraints:

Template Slots:

Name	Cardinality	Type	Other Facets
categoria geral do impacto ambiental	required single	String	
descrição	single	String	
metodologia da avaliação de impacto	single	String	
nome	single	String	
tipo de impacto	single	Symbol	allowed-values=impacto_ambiental_potenci

Figura 26 – *Impacto ambiental potencial* redefinido como uma classe com seus próprios slots.

For Class: ● produto (instance of :STANDARD-CLASS)

Name: produto

Role:

Documentation: Manufatura passível de consumo. (também considera-se para este caso, produto como sendo um serviço ou atividade)

Constraints:

Figura 27 – Definição do *slot impacto ambiental causado* que faz referência às instâncias da classe *impacto ambiental potencial*.

Algumas vezes um mesmo *slot* foi utilizado em diferentes classes e, sendo assim, a documentação de um *slot* procurou ser genérica como no caso do *slot* descrição que foi atribuído às classes *CV: aquisição de matéria prima*, *CV: produção*, *CV: distribuição*, *CV: uso*, *CV: disposição* e *impacto ambiental potencial*, conforme indicado no campo *Domain* (Figura 28). Como na Teoria do Conceito (DAHLBERG, 1978), os atributos são sentenças verdadeiras a cerca de um conceito, na ferramenta, estes apresentam-se em lista alfabética para que, no caso de reutilizá-los, ou melhor, quando um outro conceito tenha como sentença verdadeira um *slot* já determinado, este possa ser encontrado facilmente.

The screenshot shows the 'SLOT EDITOR' window for a slot named 'descrição'. The window title is 'SLOT EDITOR' and the subtitle is 'For Slot: descrição (instance of: STANDARD-SLOT)'. The interface is divided into several sections:

- Name:** A text input field containing 'descrição'.
- Value Type:** A dropdown menu currently set to 'String'.
- Documentation:** A large text area containing 'Texto descritivo.'.
- Cardinality:** Two options: 'required' (unchecked) and 'multiple' (unchecked). The 'at most' value is set to '1'.
- Domain:** A list of three items: 'CV: aquisição de matéria prima', 'CV: produção', and 'CV: distribuição', each with a yellow circular icon.
- Template Values and Default Values:** Two empty text areas.
- Minimum, Maximum, and Inverse Slot:** Three empty text input fields.

Figura 28 – Slot *descrição*, sua documentação genérica e os domínios aos quais pertence.

Os *slots* que constituem um formulário, ao receberem um valor específico na criação de uma instância compõem um exemplo impar do conceito. Estes podem também, definir relacionamentos entre classes ao estipular que seu valor faça referencia a uma ou mais classes ou instâncias. A figura 29 mostra a relação entre a classe *sistema de produto* (que possui o *slot fronteiras do sistema de produto*) e as classes *CV: aquisição de matéria prima*, *CV: produção*, *CV: distribuição*, *CV: uso*, *CV: disposição*, uma vez que a fronteira do sistema de produto, uma característica de sistema de produto, é delimitada de acordo com as informações das etapas do CV representadas pelas subclasses supracitadas. Logo, o valor do *slot fronteiras do sistema de produto* foi definido como sendo múltiplas instâncias das classes *CV: aquisição de matéria prima*, *CV: produção*, *CV: distribuição*, *CV: uso*, *CV: disposição*.

SLOT EDITOR

For Slot: ■ fronteiras do sistema de produto (instance of :STANDARD-SLOT)

Name

Value Type

Documentation
 Interface entre um sistema de produto e o meio ambiente ou outros sistemas de produto. Determina quais unidades de processo devem ser incluídas na ACV. Devem ser justificadas.

Allowed Classes

- CV: aquisição de matéria prima
- CV: produção
- CV: distribuição

Cardinality

required at least

multiple at most

Figura 29 – Slot *fronteiras do sistema de produto*, pertencente à classe *sistema de produto*, e seus valores.

Quando um conjunto de *slots* da Ontologia ACV era comumente atribuído a um grupo de subclasses, esses *slots* eram definidos na superclasse que agrupava o referido conjunto de subclasses. Portanto, foram atribuídos a superclasse *fluxo* os *slots* *caracterização* e *quantidade* e, para completar o sentido do conceito *fluxo elementar de entrada no sistema de produto*, representado como subclasse da classe *fluxo*, além dos *slots* herdados, *caracterização* e *quantidade*, foram acrescentados os *slots* *alocação*, *tipo de material ou energia* e *unidade funcional*. Este procedimento que apresenta a vantagem de minimizar a definição dos atributos é ilustrado a seguir (Figura 30).

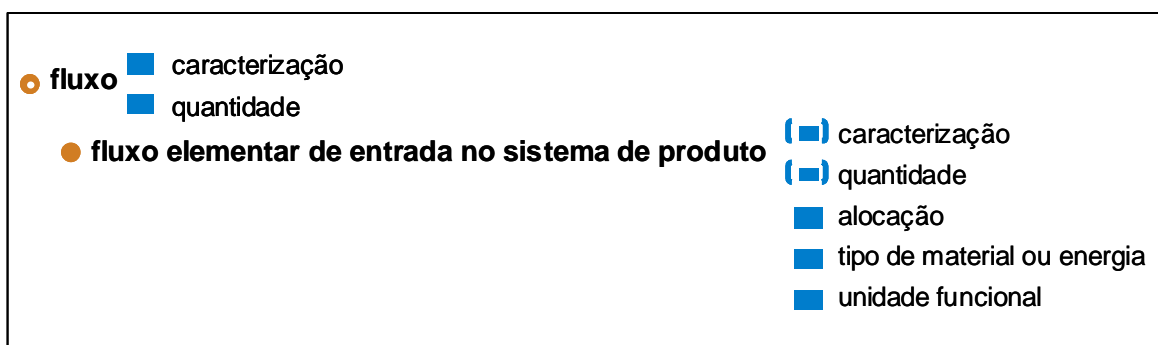


Figura 30 – Representação da herança dos *slots* da classe *fluxo*.

Por fim, foi observada a possibilidade de inserir notas aos slots durante seu processo de definição. Essas notas são livres e observadas na seleção de um slot em sua aba própria, na Ontologia ACV foram anotadas informações relativas ao preenchimento do *slot* para facilitar sua interpretação (Figura 31).

For Slot: ■ balanço de entrada e saída (instance of :STANDARD-SLOT)

<p>Name</p> <input type="text" value="balanço de entrada e saída"/>	<p>Documentation</p> <input type="text" value="Operação algébrica de entradas e saídas da unidade de processo considerada."/>
<p>Value Type</p> <input type="text" value="Float"/>	
<p>bi, Jan 30 15:20</p> <p>Neste campo devem ser inseridos os valores referentes as entradas e saídas desta unidade de processo.</p>	<p>Cardinality</p> <p><input type="checkbox"/> required at least <input type="text"/></p> <p><input type="checkbox"/> multiple at most <input type="text" value="1"/></p>

Figura 31 – Nota do *slot* balanço de entrada e saída.

Caracterização de atributos

A caracterização dos atributos da Ontologia ACV deu-se pela indicação de seu nome, especificação do seu tipo de valor, documentação, cardinalidade e, quando aplicável, valor de *default*. A figura 32 mostra os campos para a caracterização de um *slot*, devidamente preenchidos.

The screenshot shows the 'SLOT EDITOR' window for the slot 'tipo de análise crítica' (instance of :STANDARD-SLOT). The interface is divided into several sections:

- Name:** A text box containing 'tipo de análise crítica'.
- Value Type:** A dropdown menu set to 'String'.
- Documentation:** A text box containing 'Técnica para verificar se um estudo de ACV satisfaz os requisitos da norma ISO 14040.'
- Cardinality:**
 - required at least 1
 - multiple at most 1
- Template Values:** An empty text box.
- Default Values:** A text box containing 'não foi realizada análise crítica'.
- Domain:** A text box containing 'escopo'.
- Minimum, Maximum, Inverse Slot:** Three empty text boxes.

Figura 32 – Slot *tipo de análise crítica* e suas características.

O nome dos *slots* foi atribuído de forma clara, pois serve para identificar, em primeira mão, o que aquele atributo representa. Como já foi mostrado na revisão de literatura sobre a ferramenta Protégé, os atributos tem seus valores delimitados de acordo com o quadro de possibilidades da ferramenta apresentado na página 45 (seção 5.3.2). Os tipos de valores (*value types*) dos *slots* da Ontologia ACV foram determinados conforme a necessidade, ao passo em que eram representadas as classes e os próprios *slots*. A documentação, tal como no caso das classes, serviu para apresentar informações específicas, uma interpretação ou, muitas vezes, uma transcrição das definições terminológicas encontradas nas normas utilizadas na modelagem.

Também foi especificado a cardinalidade dos atributos, de acordo com as possibilidades oferecidas pela ferramenta Protégé que, inicialmente determina que “no máximo” (*at most*) um valor seja preenchido. A Cardinalidade “múltipla” (*multiple*) foi atribuída a grande parte dos *slots*, ou melhor, àqueles que podem ser preenchidos por múltiplos valores, como por exemplo, *aquisição de matéria prima*, *definição de objetivo e escopo*, *entradas*, *saídas*, *fronteiras do sistema de produto*, *objetivo da ACV*, etc. A cardinalidade “requerido” (*required*) àqueles que necessariamente devem ser preenchidos, seja “pelo menos” (*at least*) ou “no máximo” (*at most*) a quantidade de vezes indicada no campo de edição. A exemplo

temos os *slots afirmação comparativa* (Figura 33), *categoria geral do impacto ambiental e caráter confidencial*. Este último pertence à classe *escopo da análise crítica*, e tem seu valor como sendo do tipo booleano (*boolean*), implicando na necessidade de indicar se a análise crítica de uma ACV é sim/não de caráter confidencial. Entretanto, em um *slot* com cardinalidade requerida, se nenhuma das duas opções for marcada (“pelo menos” (*at least*) ou “no máximo” (*at most*)) e o valor não for indicado, o atributo fica com cardinalidade requerida, sendo seu valor no máximo 1 (um), o que configura um atributo funcional. Alguns atributos funcionais foram definidos na Ontologia ACV, ou seja, atributos que devem ser preenchidos com 1 (um) valor em cada instância que o mesmo esteja presente. Como exemplo, temos o *slot*, já citado, *afirmação comparativa*, como atributo funcional. Esse atributo é parte da classe *Avaliação de Ciclo de Vida (ACV)*, e isso significa que para cada ACV deverá existir somente uma assertiva com relação à afirmação comparativa.

For Slot: ■ afirmação comparativa (instance of :STANDARD-SLOT)

Name	Documentation
afirmação comparativa	Declaração ambiental relativa a superioridade ou equivalência de um produto em relação a um produto equivalente que realiza a mesma função.
Value Type	
String	
Cardinality	
<input checked="" type="checkbox"/> required	at least <input type="text" value="1"/>
<input type="checkbox"/> multiple	at most <input type="text" value="1"/>

Figura 33 – *Slot afirmação comparativa* com cardinalidade requerida.

Alguns *slots* foram reutilizados, durante a modelagem, com todas as suas características e restrições, ou seja, todas as definições aplicadas aos *slots* independente das classes que os contenham. Porém, em alguns casos foram necessárias características e restrições específicas ao *slot* de uma classe, conforme as possibilidades. Para tanto, com a opção “visualizar o slot nesta classe” (*view slot at class*) disponível na aba de edição de classes no *template slots*, o tipo de valor, a documentação e os valores de *default* do *slot* podem ser alterados. Como exemplo o

slot nome tem sua documentação adequada a cada classe em que o mesmo é atribuído (Figura 34).

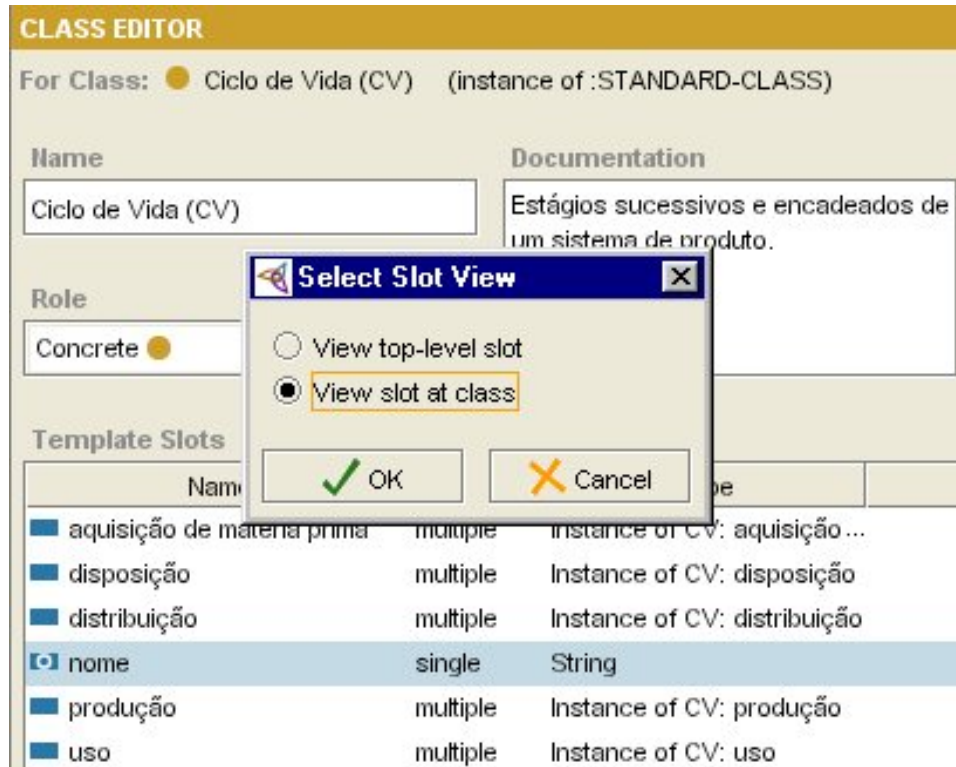


Figura 34 – Seleção da opção “visualizar o *slot* nesta classe” (*view slot at class*) para alterar as características do *slot nome* para classe *Ciclo de Vida (CV)*.

Para complementar, valores de *default* foram determinados aos atributos de acordo com a necessidade, como no *slot afirmação comparativa* que tem seu valor de *default* como sendo “não foi realizada afirmação comparativa” (Figura 35). O valor de *default*, caso o campo não seja alterado, é naturalmente exibido na instância que contem o *slot* com esta determinação.

For Slot: ■ afirmação comparativa (instance of :STANDARD-SLOT)

Name
afirmação comparativa

Value Type
String

Documentation
Declaração ambiental relativa a superioridade ou equivalência de um produto em relação a um produto equivalente que realiza a mesma função.

Cardinality
 required at least 1
 multiple at most 1

Template Values

Default Values
não foi realizada afirmação comparativa

Domain
 Estudos de Inventário de Ciclo de Vida
 Avaliação de Ciclo de Vida (ACV)

Minimum **Maximum** **Inverse Slot**

Figura 35 – Valor de *default* estipulado para o *slot* *afirmação comparativa*

Estabelecimento de relacionamentos

Os relacionamentos estabelecidos entre os conceitos da Ontologia ACV formam a estrutura conceitual necessária para representar o conhecimento do domínio modelado. A revisão de literatura trouxe alguns tipos de relacionamentos passíveis a uma modelagem conceitual e isso serviu como base no estabelecimento dos relacionamentos da ontologia. Observou-se a importância de conhecer os recursos fornecidos pelo Protégé relativos a esse aspecto, pois como ferramenta utilizada no estudo, foi necessário transferir para a mesma a representação de um relacionamento visualizado entre conceitos.

Diversos relacionamentos foram traçados, sendo o primeiro deles a própria relação categorial estabelecida no momento em que os termos foram listados e discernidos entre conceitos e propriedades. Ao representar inicialmente esta discriminação na ferramenta procurou-se diminuir erros lógicos no estabelecimento das ligações entre os conceitos, pois foi determinada a natureza do objeto a ser representado.

A hierarquização das classes possibilitou que a estrutura dos conceitos fosse visualmente delineada, pois na representação de um conceito na ontologia, a relação hierárquica estabelece o primeiro elemento da definição e permite relacionar objetos de uma mesma natureza, ou seja, classes e subclasses foram relacionadas e organizadas de acordo com suas características comuns, expressas por seus *slots*. Vale lembrar, que as classes são o elemento agregador da ontologia e foram estabelecidas para facilitar o entendimento do conceito e não para, simplesmente, classificar o domínio. Como exemplo, a classe *análise crítica* possui significado próprio e representa a classe de conceitos relacionados a ela como subclasses (Figura 36).

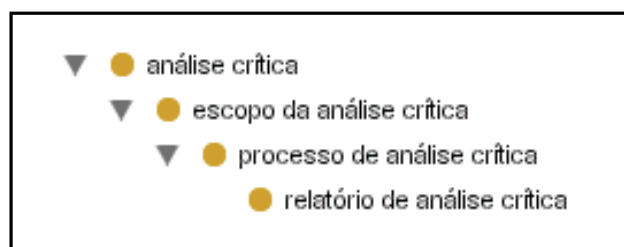


Figura 36 – Hierarquia de conceitos relacionados à classe *análise crítica*.

É possível agregar hierarquicamente os conceitos, porém existem limitações impostas pela ferramenta. Os conceitos devem ser hierarquizados por meio de uma relação de generalização e especialização formando cadeias de conceitos, em analogia a Teoria do Conceito de Dalhberg (1978) que estabelece a relação hierárquica com base em uma relação lógica de implicação, ou seja, os conceitos relacionados devem ser da mesma natureza. Como já fora mencionado anteriormente, em uma hierarquia existe a herança dos atributos. O *slot tipo de relatório*, herdado da classe *relatório para afirmação comparativa* pela classe *relatório*, ilustra esta afirmação (figura 37).

For Class: ● relatório para afirmação comparativa (instance of :STANDARD-CLASS)

Name: relatório para afirmação comparativa

Documentation: Relatório gerado para apresentação em uma afirmação comparativa.

Constraints:

Role: Concrete ●

Template Slots

Name	Cardinality	Type	Other Facets
avaliação da qualidade...	single	String	
declaração de análise ...	single	Symbol	allowed-values={estudo_conduzido_de_acordo_com_..
equivalência dos siste...	single	String	
formato do relatório	single	String	
relatório da análise crí...	multiple	Instance of relatório de ...	
resultado da análise d...	single	String	
tipo de relatório	single	Symbol	allowed-values={relatório_de_terceira_parte,relatório_..

tipo de relatório is inherited from **relatório**

Figura 37 – Herança entre classes: *slot tipo de relatório*, herdado da classe *relatório para afirmação comparativa* pela classe *relatório*.

Entretanto, para representar uma relação hierárquica parte-todo, como proposto por Ranganathan (1967), ou relação partitiva, para a Terminologia (Nedobity, 1985, apud CAMPOS, 1995), recorreu-se, como mencionado anteriormente, a definição de uma classe abstrata, representando o todo, para agrupar subclasses, representando as partes. Este tipo de relação contribuiu para tornar a estrutura visivelmente mais organizada, como ilustrado no ANEXO A que resume a definição da hierarquia de classes.

A partir do momento em que foram identificadas classes e *slots*, alguns relacionamentos foram obtidos fazendo uso de uma propriedade que requer as informações de um conceito, esta propriedade é considerada um relacionamento. Como exemplo, a existência tanto da propriedade *saídas* como de um conceito *saída*, sendo que, a propriedade *saídas* pertencente a classe *unidade de processo* e tem como valor as instancias da classe *saída*. Isso indica que a propriedade determina o relacionamento de seu conceito, neste caso entre as classes *saída* e *unidade de processo* (Figura 38).

The screenshot shows a configuration window for a slot named 'saídas'. The window title is 'saídas (instance of :STANDARD-SLOT)'. The interface is organized into several sections:

- Name:** A text field containing 'saídas'.
- Value Type:** A dropdown menu set to 'Instance'.
- Allowed Classes:** A list box containing 'saída' with a yellow dot next to it.
- Cardinality:** Two options: 'required' (unchecked) and 'multiple' (checked). There are also 'at least' and 'at most' fields, both currently empty.
- Inverse Slot:** A list box containing 'unidades de processo' with a blue square next to it.
- Documentation:** A text area containing 'Material ou energia que deixa uma unidade de processo.'
- Template Value:** An empty text area.
- Default Values:** An empty text area.
- Domain:** A list box containing 'unidade de processo' with a yellow dot next to it.
- Minimum and Maximum:** Two empty text fields.

Figura 38 – Relacionamento entre as classes *saída* e *unidade de processo* efetivado por meio do *slot saídas*.

Neste exemplo, ilustrado pela Figura 38, o tipo do valor (*value type*) do *slot saídas* é instância (*instance*), e está especificado na lista de classes (*allowed classes*) que a classe *saída* conterà as instâncias necessárias para preenche-lo. Isso foi definido na classe *unidade de processo*, possibilitando o relacionamento: unidade de processo tem uma ou mais saídas. Permitindo inferir, ainda, que as saídas fazem parte de unidades de processo. Assim, temos uma propriedade inversa (*inverse slot*), ou seja, *saídas* é inversa a *unidades de processo*.

O relacionamento com instâncias permite que um conceito seja completado com informações detalhadas que não estão apenas em um *slot*, mas sim em uma classe que, por sua vez, possui seus *slots* preenchidos por informações. O *slot definição de objetivo e escopo*, por exemplo, não é um simples atributo da classe *Avaliação de Ciclo de Vida (ACV)*, este é definido como sendo instâncias das classes *objetivo* e *escopo*, para assim completar seu significado. Logo, todos os objetivos e escopos são agrupadas em classes específicas. Desta forma, o objetivo e o escopo de uma determinada ACV são obtidos por meio de relacionamentos com instâncias existentes em cada uma destas classes. Isto ainda permite o relacionamento destas classes com outras do sistema.

Por fim, relações entre categorias foram realizadas a partir da aba *Queries*, efetuando pesquisas no âmbito da ontologia para reaver a representação dos conceitos e suas instâncias. Este exercício de revisão deu-se por meio da ligação entre classes distintas, de acordo com o interesse, e a remissão da busca. Ou seja, a interseção do que se desejava inferir, neste caso, objetivando a correção de erros. Como ilustração, podemos observar a Figura 39:

The image shows a screenshot of the Protege Query editor interface. It displays two query rules. The first rule is: Class 'sistema de produto' Slot 'funções do sistema de produto' contains String 'madeira'. The second rule is: Class 'unidade de processo' Slot 'unidade funcional' is Symbol 'kg.'. The interface includes a title bar 'Query' and various icons for adding, removing, and editing query components.

Figura 39 – Relacionamento entre categorias representado por uma expressão de busca na aba *Queries*.

De acordo com a Teoria da Terminologia (Nedobity,1985, apud CAMPOS, 1995), a relação categorial expressa pela figura seria do tipo ontológica de causalidade, pois estabelece um elo sucessivo de causas entre os termos relacionados. As causas, no caso, são representadas por meio da composição dos parâmetros da busca.

Utilização do formulário criado pela ferramenta

A utilização dos formulários criados durante o desenvolvimento da ontologia pela própria ferramenta, se deu no decorrer de toda a modelagem com o intuito de testar a validade dos *slots* na elucidação de um conceito. Também serviram para esboçar as instâncias da Ontologia ACV. Contudo, esses formulários são criados a partir da definição dos *slots* em uma classe e, considerando as revisões desse processo, o formulário gerado pelo Protege não atendeu as necessidades do estudo no que diz respeito à otimização do preenchimento de instâncias, pois apresentou

seus campos de acordo com a seqüência em que os *slots* foram estabelecidos, não seguindo um ordenamento lógico.

Customização do formulário

Como já foi dito, os formulários gerados automaticamente pelo Protege não se adequavam ao preenchimento de instâncias que viabilizam a inserção de conhecimento na ontologia. Entretanto, favorecer o preenchimento de instâncias objetiva, neste caso, um melhor entendimento dos conceitos. Logo, os formulários foram customizados a partir da disposição adequada dos campos de modo que um exemplo de conceito, ou seja, uma instância, apresentasse, visualmente organizado, o conjunto de *slots* que tornam o exemplo verdadeiro diante de seu conceito. Foi dada atenção, também, aos dados a serem preenchidos nos campos dos formulários. Um campo, de acordo com o tipo do valor do *slot* que o define, pode ser modificado a partir das opções fornecidas pelo Protégé. Seguem alguns exemplos da customização dos formulários da Ontologia ACV:

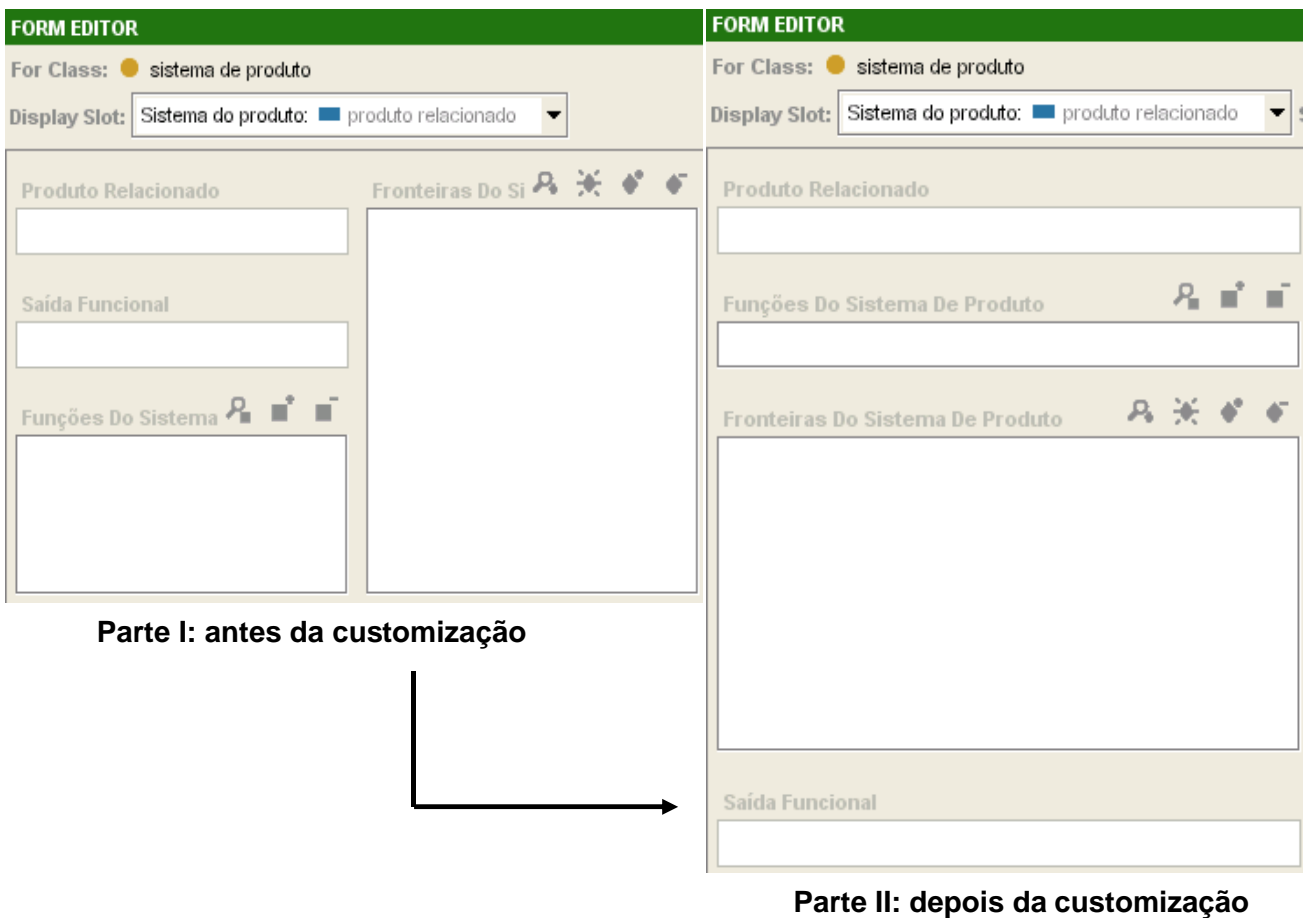


Figura 40 – Customização de formulários: disposição adequada dos campos.

Neste exemplo pode ser observado que na parte I os campos estão desordenados e na parte II os mesmos encontram-se dispostos segundo uma ordem lógica que dispõe as informações seqüencialmente.

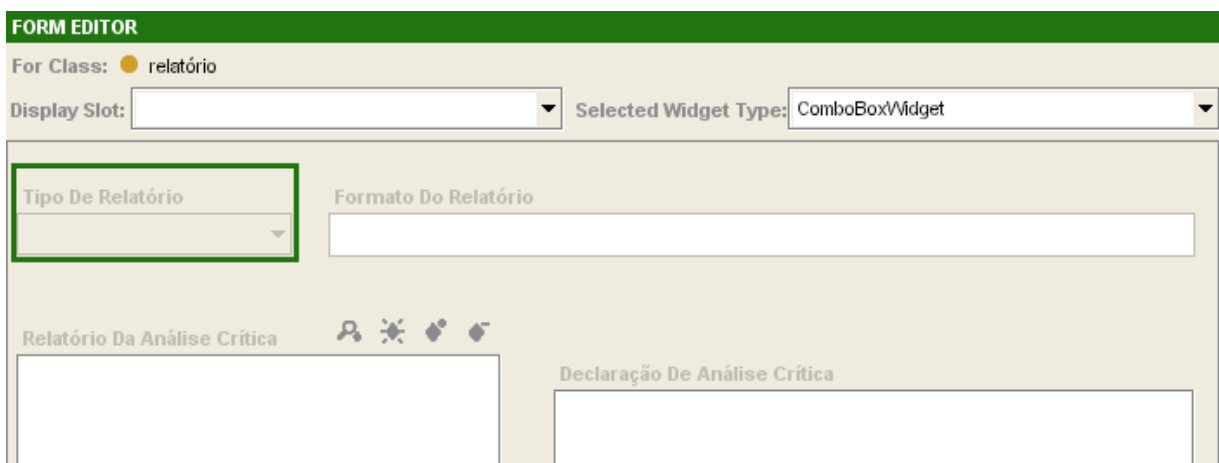


Figura 41 – Customização de formulários: modificação dos campos.

Neste outro exemplo pode ser observado que o campo correspondente ao *slot tipo de relatório* foi modificado para o tipo *ComboBoxWidget*, esta é uma dentre as opções fornecidas aos *slots* com valor do tipo símbolo (*simbol*).

Povoamento da ontologia

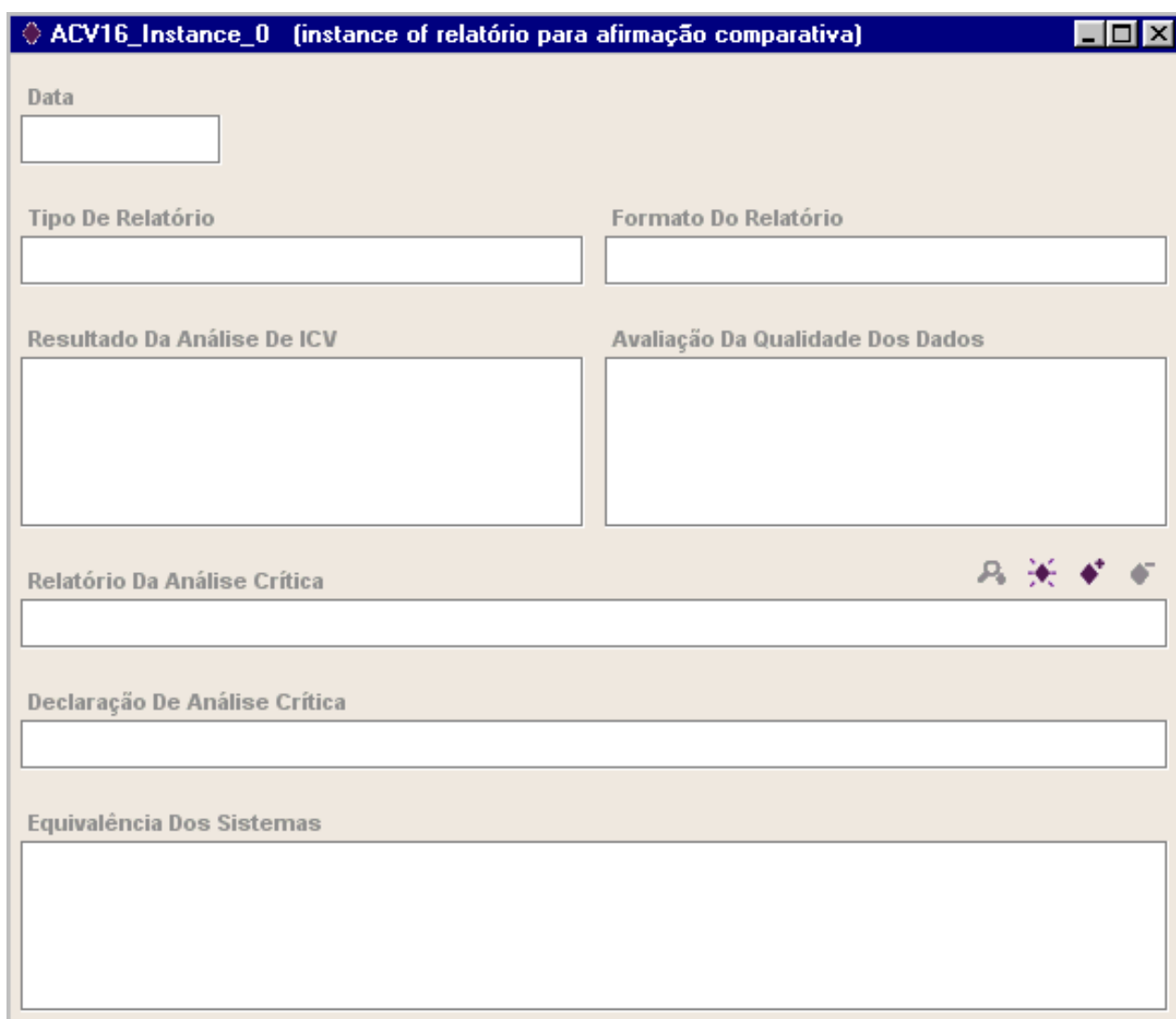
O povoamento da ontologia é caracterizado pela inserção de conhecimento a partir do preenchimento de instâncias. Porém, este estudo não tem como objetivo principal o desenvolvimento de uma base de dados sobre Avaliações de Ciclo de Vida, mas sim a modelagem do domínio ACV para favorecer a disseminação de seus conceitos. Partindo deste princípio, o povoamento da Ontologia ACV tem o intuito de ilustrar a representação dos conceitos em prol de sua compreensão.

As instâncias da ontologia foram sendo criadas à medida que os conceitos foram representados, tornando possível a avaliação e revisão da estrutura conceitual em termos de classe, *slot* e relacionamento. Porém, observou-se que, no Protégé, instâncias criadas antes da definição de uma relação envolvendo sua classe, não obedecem à nova relação. As informações sobre ACV's para o povoamento da ontologia não são de fácil acesso, sendo necessário à utilização de dados incompletos, extraídos das fontes consultadas e, em muitos casos, a livre criação de informações.

O processo de criação de instâncias mostrou-se importante para a identificação de redundâncias como, por exemplo, o conceito *Ciclo de Vida (CV)* que possui o *slot produto* que, anteriormente, fazia referência ao conceito sistema de produto que, mais uma vez, fazia referência a *produto*. Este tipo de problema pôde ser corrigido. Além dessa, muitas outras falhas na representação dos conceitos são evidenciadas com o preenchimento de instâncias, caracterizando esse processo como crucial ao bom desenvolvimento da ontologia.

Algumas classes foram consideradas abstratas por motivos citados anteriormente e, dentre àquelas concretas, ou seja, instanciáveis, informações

como: as unidades de processo e sua finalidade, etapas do CV consideradas no estudo de um determinado produto, entre outras relativas a ACV, podem ser preenchidas e consultadas na ontologia. Considerando, de acordo com a norma ISO 14040 (NBR ISO 14040), que as principais informações a respeito de uma ACV devem ser relatadas conforme a sua prescrição, as classes *relatório para afirmação comparativa* e *relatório de terceira parte*, têm a pretensão de fornecer o espaço adequado a essas informações referenciando outras classes (Figura 42 e 43).



The image shows a software window titled "ACV16_Instance_0 (instance of relatório para afirmação comparativa)". The window contains the following fields and sections:

- Data:** A text input field.
- Tipo De Relatório:** A text input field.
- Formato Do Relatório:** A text input field.
- Resultado Da Análise De ICV:** A large text input area.
- Avaliação Da Qualidade Dos Dados:** A large text input area.
- Relatório Da Análise Crítica:** A text input field with four small icons (a magnifying glass, a starburst, a diamond, and a square) to its right.
- Declaração De Análise Crítica:** A text input field.
- Equivalência Dos Sistemas:** A large text input area.

Figura 42 – Formulário da classe *relatório para afirmação comparativa*.

ACV16_Instance_0 (instance of relatório de terceira parte)





Data	Solicitante	Executante
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Tipo De Relatório	Formato Do Relatório	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	
Objetivo Da ACV		
<input type="text"/>		
Escopo Da ACV		
<input type="text"/>		
Interpretação Do CV		
<input type="text"/>		
Resultado Da Avaliação De Impacto Do CV	Metodologia Da Avaliação De Impacto	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	
Procedimento De Coleta De Dados Do ICV	Procedimento De Cálculo De Dados Do ICV	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	
Avaliação Da Qualidade Dos Dados Do ICV	<input type="text"/>	
Relatório Da Análise Crítica		
<input type="text"/>		
Declaração De Análise Crítica	<input type="text"/>	

Figura 43 – Formulário da classe *relatório de terceira parte*.

7.2.3 Manutenção da ontologia

7.2.3.1 Avaliação da Ontologia ACV

A avaliação confirma-se como sendo um procedimento desempenhado ao longo do desenvolvimento de todas as fases da ontologia para assegurar que os objetivos identificados no início do projeto sejam atingidos. A cada nova ação realizada na amplitude da Ontologia ACV fazia-se necessário avaliar sua aplicabilidade. Questionou-se com veemência se o produto Ontologia ACV cumpria seus objetivos permitindo a compreensão do significado semântico das informações do domínio ACV de forma clara, restringindo o número de interpretações dos conceitos no contexto de um consultante que procura saber sobre o assunto. Em outras palavras, o entendimento do domínio, propiciando uma visão geral de definições e termos reconhecidos, tido como questão de competência da Ontologia ACV, foi fundamental na tomada de decisões que permearam seu desenvolvimento.

Não foi efetuada uma avaliação com especialistas no domínio, mas foram tiradas dúvidas com relação ao universo de conhecimento com pessoas envolvidas com domínio no corpo do projeto em desenvolvimento pelo IBICT (INVENTÁRIO..., 2005). Este processo se deu, na medida do possível, em reuniões com integrantes⁸ do projeto, nas quais foram trocadas informações sobre o assunto ACV.

Vale ressaltar que a constante avaliação não exime a estrutura de falhas uma vez que qualquer investida na ontologia, seja com o preenchimento de uma instância ou a abstração de conhecimentos mais refinados, implica em conseqüentes revisões e avaliações, o que não decresce a credibilidade da ontologia. Alguns passos do desenvolvimento da ontologia como, Estabelecimento de agrupamentos e hierarquias, Estabelecimento de relacionamentos, Customização do formulário e,

⁸ Armando Caldeiras-Pires (UnB); Carla Castanho (UnB); Celina Lamb (IBICT); Gil Anderi Silva (USP); Jorge Fernandes (UnB); Marisa Brascher (UnB); Sander Ferreira (IBICT); Shirley Carvalhedeo (IBICT).

principalmente, o Povoamento da ontologia, mostraram-se mais propensos à avaliação e revisão.

7.2.3.2 Revisão da Ontologia ACV

Como consequência da avaliação da ontologia temos a revisão que se propõem e eliminar as falhas identificadas. A revisão procurou aprimorar a Ontologia ACV e permitiu constatar que os passos para o desenvolvimento de um projeto no Protégé (seção 5.3.1), que demonstram em quais momentos a revisão é adequada, são apenas um prelúdio a esse procedimento que deve ser realizado com frequência, assim como a avaliação.

As intervenções que configuram uma revisão, decorrentes da identificação de falhas por meio da avaliação, caracterizam-se tanto pelo retorno aos passos já percorridos quanto ao refinamento do passo atual. A ontologia alterada a partir das necessidades apresentadas é novamente submetida ao processo de avaliação, colaborando assim com o aperfeiçoamento da mesma a cada intervenção realizada. Portanto, o desenvolvimento da Ontologia ACV foi uma atividade interativa que permitiu várias avaliações e iterações para verificar a satisfação de seus critérios. Vale lembrar que, quanto antes identificadas e corrigidas as falhas menor o tempo desperdiçado nesta tarefa. Algumas falhas requerem todo um levantamento do processo construtivo da ontologia e demandam muito tempo em sua resolução, como no caso da classe *produto* que, inicialmente continha às subclasses *Ciclo de Vida (CV)* e *sistema de produto*, e a partir destes três conceitos todos os demais foram agrupados sem se atentar que está era uma relação de generalidade e especificidade implicando, por exemplo, na herança do slot *manufaturado* pelos conceitos *Ciclo de Vida (CV)* e *sistema de produto* (Figura 44), tudo isso causou uma enorme incoerência na representação do domínio, que foi completamente revisto.



Figura 44 – Falha na representação da hierarquia de conceitos.

7.2.3.3 Documentação da Ontologia ACV

A documentação foi constituída a partir dos resultados obtidos e descritos durante a Execução do roteiro para o desenvolvimento da ontologia. Esse processo é apresentado na seção 7.2 da monografia. O recorte dessa seção trás informações que auxiliam no entendimento da ontologia, na sua aplicação e no seu reuso, assim, a descrição do que foi realizado em cada etapa do roteiro, bem como os comentários à cerca da ontologia final, correspondem à documentação da ontologia.

É importante salientar, que esta é a primeira versão da Ontologia ACV e a mesma se encontra disponível no formato original do Protégé e em html. no CD anexo a este documento monográfico juntamente com o arquivo de instalação do

Protégé, versão 3.1.1, ferramenta utilizada na pesquisa (ANEXO B). Desta forma, a representação completa do domínio e a modelagem da hierarquia dos conceitos, permanecem acessíveis.

7.2.4 Utilização da ontologia

7.2.4.1 Aplicação da Ontologia ACV

A Ontologia ACV foi disponibilizada para uso e reuso, no formato padrão da ferramenta Protégé, Protégé *files* (pins., pons., pprj.) e em HTML, conforme descrito posteriormente na seção 7.3.1, o que constitui uma aplicação para a modelagem efetuada. A utilização por meio da navegação na estrutura, seja com o Protégé ou nas páginas hipertextuais geradas, prescinde a proposta de favorecer a disseminação dos conceitos ACV, como objetiva a pesquisa. Porém, o desenvolvimento de uma aplicação específica que recorre ao uso de linguagens e programação, por exemplo, não faz parte do escopo deste trabalho, sendo considerada como proposta futura.

7.3 Execução dos procedimentos finais

Nesta seção apresentam-se os procedimentos necessários à conclusão do trabalho. Tais procedimentos expressam o momento da pesquisa em que foram feitas considerações observadas após o desenvolvimento da Ontologia ACV, ou seja, são informações adicionais, relativas a ontologia desenvolvida, com o propósito de discorrer as etapas que sucederam sua construção e ressaltar as contribuições dessa atividade.

7.3.1 Disponibilização

A disponibilização de uma ontologia esta relacionada a sua aplicação e uso. Nesse estudo, a Ontologia ACV esta disponível para consulta e utilização no formato padrão da ferramenta Protégé, Protégé *files* (pins., pons., pprj.), selecionado no momento da criação do projeto. Este formato possui flexibilidade no seu uso diante das potencialidades da ferramenta e, um outro ponto favorável é a possibilidade de exportação dos seus arquivos em outros formatos.

Tendo em vista o objetivo deste trabalho de, por meio da ontologia, fornecer informação estruturada a pesquisadores, industriais e demais interessados, a Ontologia ACV foi disponibilizada também no formato HTML (ANEXO B) constituindo uma estrutura hipertextual que possibilita navegação pelos conceitos e propriedades favorecendo a compreensão de seus significados. O hipertexto é um recurso que visa facilitar a recuperação e utilização da informação em uma concepção não linear, em outras palavras, permite a livre navegação por um universo do discurso e a extensão de suas idéias (MONTEIRO; AFONSO, 2005).

O HTML foi gerado a partir da própria ferramenta com a escolha da opção “Exportar formato em HTML” (*Export to format HTML*), no menu arquivo (*file*). Ao configurar a exportação optou-se por apresentar classes e subclasses, iniciando da classe *Thing*, e também os *slots* definidos na modelagem, com a exibição de sua cardinalidade, valor de *default*, valor do *template*, e tipo de *slot*.

7.3.2 Sugestões de uso

A utilização refere-se a aplicação da ontologia construída. Esta aplicação tem relação direta com os objetivos propostos para a mesma. Portanto, com o foco nas propostas favoráveis a disseminação da informação, algumas possíveis aplicações para a Ontologia ACV são percorridas com caráter sugestivo, uma vez que não é objeto desta pesquisa desenvolver aplicações específicas.

Web semântica e a recuperação da informação

A Web Semântica é uma nova proposta para a Web atual que surge como um projeto, ainda em andamento, apresentado pelo W3C⁹ (World Wide Web Consortium). Este projeto tem como objetivo adicionar semântica aos conteúdos disponíveis no ambiente Web permitindo que agentes¹⁰ processem estas informações favorecendo seu acesso. Segundo Berners-Lee (2001), um dos idealizadores e membro do W3C, a estrutura da Web Semântica pretende viabilizar a compreensão e o gerenciamento dos conteúdos armazenados na Web, fornecendo informações com significado bem definido, permitindo melhor interação entre os computadores e as pessoas. Isso será possível a partir da ênfase na semântica dos conteúdos e da criação e implantação de padrões tecnológicos que facilitem o compartilhamento de informações entre agentes. Em outras palavras, a Web passará a compor uma estrutura que valoriza o conteúdo semântico dos dados, permitindo que as máquinas realizem, por meio de agentes na Web, o processamento e a compreensão de informações encontradas verificando se estas satisfazem aos pedidos solicitados pelos usuários para então exibi-las (SILVA, 2004a).

⁹ Consórcio de empresas, profissionais e instituições acadêmicas responsável pela criação de padrões tecnológicos que regulam a World Wide Web (SOUZA; ALVARENGA, 2004).

¹⁰ “Podemos considerar o conceito disseminado de agentes como assistentes de tarefa, ou seja, entidades de software que empregam técnicas de inteligência artificial com o objetivo de auxiliar o usuário na realização de uma determinada tarefa, agindo de forma autônoma e utilizando a metáfora de um assistente pessoal” (SOUZA; ALVARENGA, 2004, p. 137).

Neste cenário, as ontologias surgem para oferecer mecanismos que enfatizam o conteúdo semântico dos dados, por meio da declaração formal de conceitos, atributos, relacionamentos e axiomas de um universo do discurso, que permitem à máquina a compreensão do seu significado. Ou seja, os agentes devem consultar as ontologias e obter a compreensão dos significados dos dados dispostos na Web. (OWL, 2004). Logo, podemos considerar que a efetividade dos agentes aumenta a medida em que são disponibilizados mais conteúdos marcados semanticamente e passíveis de serem “entendidos” por máquina. Conseqüentemente, a formalização da Ontologia ACV para torná-la inteligível aos agentes vem a ser uma excelente aplicação em prol da recuperação das informações na Web que, em sua nova perspectiva, almeja uma grande melhoria nos índices de revocação e precisão no atendimento das necessidades de informação, isto porque, a semântica embutida nos documentos permite aos dispositivos de recuperação evitar os problemas comuns de polissemia e sinonímia, além de considerar as informações em seus contextos de significado (SOUZA; ALVARENGA, 2004).

A exemplo deste tipo de aplicação temos:

- **OntoSeek:** permite a recuperação de informações de catálogos de produtos *online* utilizando agentes e perfis baseados em ontologias para avaliar conteúdos (GUARINO, 1999);
- **MyPlanet:** serviço de notícia na Web em que um usuário submete um e-mail sintético com suas preferências e interesses, e este e-mail é adaptado a estruturas ontológicas. Uma página Web personalizada é produzida e os usuários são informados sobre os assuntos de seu interesse (KALFOGLOU, 2001).

Construção de interfaces intuitivas para sistemas de informação na Web

Outra aplicação interessante, ainda no âmbito da Web, é a construção de interfaces intuitivas para sistemas de informação em portais ou *sites*. Pois, a lógica

intuitiva e intencional, aplicada na construção de uma ontologia, e o uso de agentes, para aprimorar e personalizar perfis de usuários, permitem o desenvolvimento de interfaces mais coerentes ao funcionamento cognitivo dos seres humanos frente a um determinado assunto (SOUZA; ALVARENGA, 2004). Os usuários podem, por exemplo, formular consultas em fontes de informações de um portal a partir dos conceitos definidos e representados em uma ontologia.

A exemplo deste tipo de aplicação temos:

- **WebBrain:** site de busca na internet que apresenta os conceitos encadeados semanticamente para facilitar a pesquisa que é realizada por meio da navegação em categorias (Webbrain...,2005).

Indexação de documentos

A partir do momento em que temos a hierarquia do domínio ACV devidamente estrutura na Ontologia ACV, esta pode ser tida como um vocabulário controlado sobre o assunto específico e então utilizada na indexação de documentos bibliográficos. Por meio das ontologias e dos conceitos utilizados, compartilhados e validados entre comunidades de interesse, metodologias podem ser criadas para analisar automaticamente a afinidade de um documento e assim classificá-lo de maneira automática ou semiautomática (SOUZA; ALVARENGA, 2004).

A exemplo deste tipo de aplicação temos:

- **UMLS – The Unified Medical Language System:** vocabulário biomédico composto a partir de diferentes fontes e em diversos idiomas. É um tesouro disposto em uma rede semântica de categorias gerais com informações sobre os conceitos, suas definições e relações, além de fornecer a sintaxe dos termos biomédicos (LINDBERG; HUMPHREYS; MCCRAY, 1993).

- ***Marchmont Observatory Semantic Search Service***: projeto relacionado à educação continuada que dispõe de um portal para a construção de ontologias. Com o uso destas ontologias são indexados assuntos relacionados a “melhores práticas em educação” em um banco de dados que fornece sumários (DOMINGUE, 1998).

Didática e aprendizado

Ao navegar pela estrutura da ontologia um usuário pode tomar conhecimento das definições e conceitos pertencentes ao domínio ACV. A partir dessa estrutura, a criação de um ambiente didático com recursos que favoreçam o aprendizado, tais como, a submissão e o acesso a bibliografias, a construção de conceitos em grupo e a simulação de atividades reais de obtenção e uso de informações para documentar ACV's, por meio do preenchimento de uma instância (Figura 45 e 46), por exemplo, constituem uma aplicação que fornece suporte instrutivo às etapas que permeiam um estudo de ACV.

Sistema do produto: massa de celulose (instance o...

Nome Do Produto
massa de celulose

Funções Do Sistema De Produto
produzir massa de celulose

Ciclo de Vida do produto relacionado
◆ Ciclo de vida do produto massa de celulose

Fronteiras Do Sistema De Produto

- ◆ Aquisição de matéria prima: derrubada de árvore
- ◆ produção: tratar a celulose
- ◆ distribuição: transportar a celulose para para fábrica de papel
- ◆ uso: transformação de massa de celulose em papel

Saída Funcional
massa de celulose para fabricar papel

Figura 45 – Obtenção e uso de informações para documentar o Sistema de produto Massa de celulose por meio do preenchimento de uma instância.

ACV16_Instance_1 (instance of relatório de análise crítica)

Caráter Confidencial

Motivação Da Análise Crítica

Tipo De Processo De Análise Crítica

Nível De Detalhe

Transparência Do Relatório

Cobertura Da Análise Crítica

Consistencia E Validade Do Método Utilizado Na ACV

Adequação Dos Dados Aos Objetivos Do Estudo

Interpretações X Limitações X Objetivo Do Estudo

Resultado Da Análise Crítica

Declaração De Análise Crítica

Recomendações

Nome Do Analista Responsável

Vínculo Ou Representação Do Analista

Figura 46 – Instrução quanto às informações necessárias para que uma ACV atenda as especificações da norma ISO 14040 com relação aos requisitos de análise crítica propostos pela mesma, por meio do preenchimento de uma instância da classe *relatório de análise crítica*.

A exemplo deste tipo de aplicação temos:

- **RichODL:** ambiente de aprendizado na Web para treinar estudantes na modelagem e simulação de ambientes dinâmicos. As ontologias são usadas na descrição do domínio físico destes sistemas (ZDRAHAL et ali, 2000).

Sistemas de informação

Uma aplicação, tendo como base a Ontologia ACV, pode fornecer uma interface que permita aos usuários inserir conteúdo compondo uma base de conhecimento para um Sistema de informações de ACV. As informações armazenadas podem ser de diferentes níveis com relação ao domínio, permitindo-se, por exemplo, cadastrar informações gerais de estudos de ACV, compor Relatórios de terceira parte, Relatórios de análise crítica, entre outros. Este conteúdo pode ser pesquisado e recuperado.

A exemplo deste tipo de aplicação temos:

- **Chemicals:** ontologia do domínio da química que contém informações sobre elementos químicos e estruturas cristalinas constituindo um repositório de conhecimento para estudos nestas áreas (FERNÁNDEZ-LOPEZ et ali, 1999);
- **WebKB-2:** Interface Web que permite ao usuário publicar e recuperar conhecimento em uma base compartilhada. Possibilita ainda a comparação entre publicações de usuários (MARTIN; EKLUND, 2001).

7.3.3 Efeito multiplicador

Durante a execução da metodologia da pesquisa, foram observadas contribuições não consideradas no escopo do trabalho. As contribuições identificadas após o desenvolvimento do produto desse estudo, a Ontologia ACV, são ressaltadas neste momento evidenciando o caráter multiplicador dessa atividade. Demais observações, bem como resultados da pesquisa, podem ser encontrados no capítulo 8.

O caráter multiplicador atribuído à atividade de desenvolvimento de ontologias deve-se a sua contribuição para a organização das idéias e efetivo aprendizado de um assunto ao passo em que o mesmo é modelado. Portanto, adquirir conhecimento sobre o domínio é uma consequência inerente ao desenvolvimento de uma ontologia. Este fator pode ser ilustrado fazendo uma correlação entre ontologias e a Teoria da Aprendizagem Significativa, que foi introduzida em 1962 por David Paul Ausubel, psicólogo nova-iorquino adepto do cognitivismo, ramo da Psicologia que estuda os processos centrais do ser humano, como a organização do conhecimento, processamento da informação, etc. (MIZUKAMI, 1986). Tal correlação se dá no sentido em que o ente conceito surge como peça central no processo de aprendizagem dessa teoria e, as ontologias são uma excelente forma de representar o conhecimento a partir da definição de conceitos e suas relações (PASCHOAL, 2005).

A Teoria da Aprendizagem Significativa é apenas uma das abordagens que tratam o tema educacional com foco na aquisição e uso do conhecimento. Contudo, podemos vislumbrar que o “processo no qual uma nova informação é relacionada a um aspecto relevante já existente na estrutura de conhecimento, ou cognitiva, de um indivíduo” (NOVAK, 1998, p.51), como ocorrido na aprendizagem significativa, pode ser valorizado no desenvolvimento de uma ontologia que, de forma análoga, insere um novo conceito a conceitos relevantes previamente existentes na estrutura.

Uma outra contribuição observada é a utilização da ontologia na construção do conhecimento, pois no momento em que o domínio vai sendo modelado, surgem

questionamentos sobre as informações extraídas das fontes e, toma corpo a necessidade de determinar novos conceitos. A especulação e entendimento do domínio, passíveis ao desenvolvimento da ontologia, habilitam a criação de significados e interpretações. Porém, este cenário mostra-se mais adequado no desenvolvimento colaborativo de ontologias, em que a troca de informações para compreender as complexidades e inferências relativas ao universo do discurso é visivelmente favorável a construção do conhecimento.

8 Considerações finais

Observações relevantes foram feitas durante o desenvolvimento deste estudo no que diz respeito a modelagem conceitual, o uso de ontologias, o uso da ferramenta Protégé e a metodologia elaborada para a realização da pesquisa. Essas observações são descritas a seguir.

8.1 A modelagem conceitual

No contexto deste estudo, a modelagem conceitual, que recorreu a construção de uma ontologia como instrumento para representar o conhecimento do domínio ACV, mostrou-se adequada à organização e estruturação dos conceitos de forma sistêmica. O modelo desenvolvido constitui uma representação simplificada e abstrata do universo do discurso, que permite descrever e fornecer informações que servem de referência para a observação, estudo ou análise do mesmo, de acordo com o objetivo proposto pela pesquisa. Logo, a premissa de favorecer a disseminação dos conceitos guiou a modelagem, que procurou representar o conhecimento prescrito nas fontes de informação consultadas.

A partir dos princípios para construção de estruturas de conceitos que possibilitam a abstração de conhecimento e permitem comunicações mais precisas no campo da ciência e da técnica (CAMPOS, 1995), apresentados durante a revisão de literatura, advindos da Teoria do Conceito, Teoria da Classificação Facetada e Teoria Geral da Terminologia (CAMPOS, 1994), obteve-se a base teórica para respaldar a definição dos conceitos, a organização do domínio e o estabelecimento das relações conceituais na concepção da modelagem conceitual.

No que diz respeito à definição dos conceitos para modelagem conceitual realizada, foi observado que, em analogia a Teoria do Conceito (Dahlberg, 1978),

um conceito é a reunião e compilação de enunciados verdadeiros a respeito de determinado objeto, fixado por um símbolo lingüístico, com atributos ou características obtidos através do método analítico-sintético. A definição é a delimitação ou fixação do conteúdo de um conceito, sendo assim, parte fundamental na modelagem conceitual, e foi estabelecida a partir da indagação sobre o que é o conceito, para que serve e quais são as suas partes. Vale ressaltar que, segundo Dahlberg (1978), existem conceitos individuais e gerais, sendo que os gerais agregam os individuais ordenando-os de acordo com suas características comuns. A característica de um conceito pode fazer parte de um novo conceito até o estabelecimento de uma característica generalista considerada categoria, neste caso, classe.

Quanto à organização do domínio, a estrutura buscou representar visualmente a exteriorização do conhecimento hierarquizando classes e subclasses. Outras contribuições neste sentido foram, a utilização de uma terminologia reconhecida pelas fontes de informação e a possibilidade de acessar, por meio da ferramenta, os atributos da modelagem organizados alfabeticamente. Remete-se, então, a complementaridade da Teoria Geral da Terminologia (Wüester, 1981, apud CAMPOS, 2003) e da Classificação (RANGANATHAN 1967), na qual pode-se contar com o auxílio de uma lista alfabética, porém recorre-se ao esquema de classificação para mostrar em detalhe a estruturação de uma área de conhecimento.

Já as relações conceituais da modelagem, foram largamente utilizadas no desenvolvimento da Ontologia ACV, pois essas compõem a estrutura semântica do domínio. A forma como o conhecimento é disposto e organizado no modelo constitui um todo coeso com as definições ligadas umas as outras até o ponto em que podem ser estabelecidas instâncias para o povoamento da ontologia. A natureza dessas relações variou entre: Relação categorial, Relação hierárquica, Relação partitiva, Relação entre categorias e Relação de equivalência.

O Instrumento escolhido para representar e organizar o conhecimento do domínio ACV na modelagem conceitual foi a ontologia, considerando que sua função tem por objetivo restringir o número de possibilidades de interpretação do conceito dentro de um dado contexto, a partir do formalismo que representa o conteúdo do

conceito. Lembrando que, nesta pesquisa, tal como no nível conceitual de uma representação de conhecimento, este formalismo foi tido como secundário priorizando-se a interpretação bem definida do conceito. (Brachman, 1979, apud CAMPOS, 2004).

Outros métodos ou instrumentos para modelar conceitos podem ser sugeridos ao desenvolver esquemas de representação do conhecimento, diante do propósito deste estudo. A saber, uma terminologia refletiria a organização estruturada e delimitada do domínio específico; um tesouro constituiria um vocabulário de termos relacionados genérica e semanticamente sobre a área do conhecimento e uma taxonomia seria capaz de organizar os termos em categorias e subcategorias interconectadas com a função de restringir inferências. Contudo, a ontologia, além de organizar a estrutura de conceitos, relacionando-a semanticamente, define as regras que regulam a combinação e relação entre termos para viabilizar o entendimento comum e compartilhado do domínio de conhecimento, de forma que o mesmo possa ser compreendido e explorado por pessoas e computadores (ALMEIDA; BAX, 2003). Essas características determinaram a escolha da ontologia na modelagem conceitual do domínio explorado neste estudo.

8.2 O uso de ontologias

O uso de ontologias para a modelagem conceitual do domínio ACV apresentou vantagens à disseminação de seus conceitos, pois facilita a comunicação por meio da ferramenta Protégé, com sua característica multiusuário, ou ainda com sua disponibilização em aplicações especialmente desenvolvidas. Devido à formalização dos conceitos, a ontologia de domínio elimina ambigüidades e inconsistências com relação a restrições de interpretações. Vale ressaltar ainda, que a ontologia compõe um vocabulário que representa o conhecimento do domínio de forma explícita e com alto nível de abstração. Entretanto, alguns problemas com relação ao uso de ontologias também foram identificados como por exemplo, as dificuldades encontradas na representação de conceitos consistentes e de

relacionamentos, já que uma ontologia pode não ser totalmente adequada as abstrações feitas por indivíduos, frente a uma área de conhecimento.

Ontologias não são necessariamente estacionárias, isto é, necessitam evoluir com a inserção de conhecimento consensual. A Ontologia ACV foi estruturada de maneira precisa frente às fontes de informações utilizadas, porém o resultado, é particularmente influenciado pela interpretação do modelador e sua visão do universo do discurso representado. A Tabela 2 apresenta os números relativos a última versão da Ontologia ACV:

Tabela 2 – Resumo quantitativo dos elementos que compõem a Ontologia ACV

Elemento da Ontologia	Quantidade		
	Do sistema	Definidas diretamente	Total
Classes	15	52	67
Slots	34	91	125
Instâncias	-	68	68

Ao avaliar esta ontologia frente à definição de Borst (1997), apud Almeida e Bax (2003), adotada neste trabalho, em que "uma ontologia é uma especificação formal e explícita de uma conceitualização compartilhada", o produto desta pesquisa, configura uma ontologia na qual sua conceitualização traz um modelo abstrato de um fenômeno do mundo real com base no conhecimento apresentado pelas normas já citadas que, devido ao seu reconhecimento, representam um conhecimento consensual. Entretanto, o desenvolvimento da Ontologia ACV não foi compartilhado por um grupo de pessoas envolvidas com o domínio. A Ontologia ACV foi especificada em linguagem natural, sendo assim explícita mas não formal.

No que diz respeito às características comuns a maioria das ontologias, a ontologia desenvolvida está organizada em classes com definições claras de seus atributos, relacionando e especificando seus conceitos dentro de um domínio particular do conhecimento. Em uma avaliação das características específicas da Ontologia ACV, observa-se que seu desenvolvimento em linguagem natural foi viável ao objetivo do trabalho que se dispõe a organizar o domínio específico tendo em vista a disseminação de seus conceitos. Contudo, ao ser formalizada, tornando-se legível por computadores, a mesma poderá possibilitar o armazenamento,

intercâmbio e exibição dos dados de forma personalizada.

Outra observação pode ser feita no que diz respeito à tipificação da Ontologia ACV a partir da Tabela 1 - Tipos de ontologias (seção 5.3.1) que apresenta diferentes abordagens que a enquadram:

- Quanto à função: é reutilizável no domínio, fornece um vocabulário sobre conceitos e seus relacionamentos, sobre as atividades e regras que os governam, sendo assim uma ontologia de domínio;
- Quanto ao grau de formalismo: é expressa em linguagem natural de forma restrita e estruturada, constituindo uma ontologia semi-informal;
- Quanto à aplicação: proporciona conhecimento compartilhado de seus termos, mostrando-se como uma ontologia de acesso comum à informação;
- Quanto à estrutura: descreve o vocabulário relacionado a um domínio, sendo considerada como ontologia de domínio;
- Quanto ao conteúdo: explica as conceituações que estão por trás dos formalismos de representação do conhecimento, sendo do tipo ontologia de representação.

8.3 O uso da ferramenta Protégé

A ferramenta utilizada no desenvolvimento da Ontologia ACV, o Protégé versão 3.1.1, foi uma facilitadora na representação do conhecimento devido a sua interface gráfica para o desenvolvimento de ontologias. Seu código aberto e sua arquitetura modular permitem a inserção de novos recursos em estudos futuros. A possibilidade de se trabalhar com linguagem natural foi importante diante da finalidade preterida.

Apesar das vantagens proporcionadas pelo uso de ferramentas de edição de ontologias, foi possível observar a restrição da representação do conhecimento frente aos limites da ferramenta. Isto acarretou, em muitos casos, na utilização de recursos que exigiram um domínio maior da ferramenta, um aprofundamento no conhecimento à cerca de ontologias, ou mesmo, em alterações na representação da interpretação abstraída pelo modelador. Outras ferramentas também seriam aplicáveis, embora não tenham sido testadas com afinco, entre estas a JOE (Java Ontology Editor) e OntoEdit.

8.4 A metodologia desenvolvida

Planejar as principais tarefas que serão executadas e avaliar sua consistência, eliminando a possibilidade de erros, é parte fundamental no desenvolvimento da pesquisa e culmina na elaboração de uma metodologia que satisfaça os objetivos do estudo. Neste caso, a metodologia desenvolvida, pormenorizou os procedimentos necessários a realização da pesquisa com completeza. Além de fornecer os limites da revisão de literatura e definir processos necessários à conclusão do estudo, foi elaborado um roteiro para guiar o desenvolvimento da Ontologia ACV, parte dos objetivos específicos da pesquisa, que delineou passos significativos da sua construção.

Sob o ponto de vista do desenvolvimento de ontologias, o roteiro prescrito na metodologia foi pertinente e instruiu na definição de conceitos e suas relações. Esse roteiro, embora tenha sido concebido para o este estudo em si, é recomendável ao desenvolvimento de outras ontologias de domínio, partindo do princípio que o mesmo faz um levantamento das etapas utilizadas para construir ontologias já referenciadas na literatura, e a Ontologia ACV, desenvolvida a partir deste, é uma afirmação de sua validade.

Sob o ponto de vista da disseminação dos conceitos de ACV, a metodologia prescreveu ainda, a disponibilização e sugestões de aplicação da Ontologia ACV, que têm a competência de facilitar o acesso e a navegação na estrutura de conceitos. Todavia, não foi desenvolvida uma aplicação para catalisar a implantação efetiva da Ontologia ACV. Acredita-se que a realização da metodologia favoreceu a assimilação de conceitos, o que foi descrito em Efeito multiplicador (seção 7.3.3). Pode-se argumentar que tal fato tenha ocorrido devido à própria organização da ontologia, que pressupõe classes, subclasses, atributos, relações e instancias, fazendo com que, a organização do conhecimento ocorra naturalmente.

9 Sugestões e trabalhos futuros

Algumas sugestões podem ser feitas para aprimorar este estudo e, essas são discorridas como propostas a trabalhos futuros:

- Desenvolvimento de aplicações como aquelas sugeridas na seção 7.3.2;
- Consulta a um maior número de fontes de informações para enriquecer a estrutura de conceitos;
- Revisão da Ontologia ACV por especialistas da área, aumentando sua credibilidade;
- Construir uma interface com a utilização da API Jena, por exemplo, permitindo a manipulação da ontologia por um usuário para possibilitar a modelagem de conhecimento por especialistas do domínio e demais interessados;
- Tradução e disponibilização dos termos que compõem a estrutura em outros idiomas, como por exemplo, o inglês;
- Povoar a Ontologia ACV a partir de informações extraídas de ACV's, certificando a expressividade de suas definições.

10 Conclusão

A conclusão deste estudo cinge-se ao cumprimento dos objetivos da pesquisa e, no que diz respeito à disseminação dos conceitos de ACV, pode-se afirmar que a modelagem conceitual, efetivada com o desenvolvimento da Ontologia ACV, facilita o entendimento do domínio ao passo que dispõe uma estrutura que representa o conhecimento inerente ao mesmo de forma acessível e organizada. Os conceitos representados buscaram enaltecer a riqueza de seus significados apresentando proposições, ou seja, assertivas ilustradas pela enumeração de características e por relacionamentos entre conceitos. A realização desta pesquisa permitiu observar que a modelagem conceitual do domínio ACV satisfaz necessidades informacionais ao fornecer a estruturação de seus conceitos restringindo, inclusive, o relacionamento e a interpretação dos mesmos. O desenvolvimento de uma ontologia, como proposto, culminou em um conjunto de regras que possibilitam a exploração do domínio potencializando sua compreensão com maior clareza e objetividade. Contudo, a disponibilização do modelo conceitual obtido, mostra-se como etapa fundamental para acessar e utilizar a representação composta, sendo assim é, particularmente interessante a estudos futuros, o foco no desenvolvimento de aplicações, pois as definições da ontologia dão suporte semântico às mesmas. Com relação ao Roteiro para construção da ontologia, este foi elaborado e utilizado com efetividade no desenvolvimento da Ontologia ACV que se deu por meio dos recursos e potencialidades da ferramenta Protégé, como já mencionado. Os conceitos fundamentais, dispostos na série de normas ISO 14040, foram tidos como vocabulário padrão, utilizados na definição de conceitos e atributos. É importante ressaltar que não existe uma única ontologia correta para um domínio (ONTOLOGY, 2003). Demais pessoas podem modelar ontologias diferentes para este domínio, de acordo com as necessidades e especificidades encontradas, sendo viável, a posterior análise e avaliação de sua pertinência e expressividade em virtude de sua reutilização.

11 Bibliografia

ALMEIDA, Mauricio B.; BAX, Marcello P. Uma visão geral sobre ontologias: pesquisa sobre definições, tipos, aplicações, métodos de avaliação e de construção. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 32, n. 3, p. 7-20, set./dez. 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBRISO 14040**: Gestão ambiental: Avaliação do Ciclo de Vida: princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBRISO 14041**: Gestão ambiental: Avaliação do Ciclo de Vida: definições de escopo e análise do inventário. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBRISO 14042**: Gestão ambiental: Avaliação do Ciclo de Vida: avaliação do impacto do ciclo de vida. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBRISO 14043**: Gestão ambiental: Avaliação do Ciclo de Vida: interpretação do ciclo de vida. Rio de Janeiro, 2005.

Avaliação de ciclo de vida. Disponível em: <<http://acv.ibict.br/>>. Acesso em: ago. 2005.

Avaliação do Ciclo de Vida (ACV): Uma Ferramenta Importante da Ecologia Industrial. Celso Munhoz Ribeiro, Biagio F. Gianneti e Cecilia M. V. B. Almeida. Disponível em: <<http://www.hottopos.com/regeq12/art4.htm>>. Acesso em: set. 2005.

BERNERS-LEE, Tim; HENDLER, James; LASSILA, Ora. The Semantic Web: a new form of Web content that is meaningful to computers will unleash a revolution of new possibilities. **Scientific American**. 2001. Disponível em: http://www.scientificamerican.com/print_version.cfm?articleID=00048144-10D2-1C70-84A9809EC588EF21. Acesso em: setembro de 2005.

BORST, W. N. **Construction of engineering ontologies**. 1997. 243 f. Tese (Doutorado). – University of Twente, Enschede, 1997. Disponível em: <<http://doc.utwente.nl/fid/1392>> Acesso em: nov. 2005.

CAMPOS, Maria Luiza Almeida. **Em busca de Princípios comuns na área de representação da informação**: uma comparação entre o Método de Classificação Facetada, o Método de Tesouro-Baseado-em-Conceito e a Teoria Geral da Terminologia. 1994, 196 f. (Dissertação de Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro / IBICT, 1994.

CAMPOS, Maria Luiza Almeida. Modelização de domínios de conhecimento: uma investigação de princípios fundamentais. **Ci. Inf.**, Brasília, v. 33, n. 1, p. 22-32, jan./abril 2004.

CAMPOS, Maria Luiza Almeida. Modelos de abstração: perspectivas para o estudo da área de representação da informação. **Ci. Inf.**, Brasília, v. 25, n. 2, p. 22-32, jan./abril 1995.

CAMPOS, Maria Luiza de Almeida; SOUZA, Rosali Fernandez de; CAMPOS, Maria Luiza Machado. Organização de unidades de conhecimento em hiperdocumentos: o modelo conceitual como espaço comunicacional para a realização da autoria. **Ci. Inf.**, Brasília, v. 32, n. 2, p. 7-16, maio/ago. 2003.

CHEHEBE, Jose Ribamar B. **Análise do Ciclo de Vida de Produtos**. São Paulo: Qualitymark, 106 p: il. 1997.

DALBERG, I. Teoria do conceito. **Ci. Inf.**, Rio de Janeiro, v.7, n.2, p.101-7,1978.

DOMINGUE, J. Tadzebao and webonto: discussing, browsing and editing ontologies on the web. In: PROCEEDINGS OF THE 11TH BANFF KNOWLEDGE ACQUISITION WORKSHOP, 11., 1998, Alberta. **Proceedings...** Alberta: [s.n.], 1998.

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, M. et al. Building a chemical ontology using methodology and the ontology design environment. **IEEE Intelligent Systems & their Applications**, [s. l.], p. 37-46, jan./feb. 1999. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/iel4/5254/16144/00747904.pdf?arnumber=747904>>. Acesso em: jun. 2005.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Novo dicionário Aurélio da língua portuguesa**. 3. ed. rev. e amp. Curitiba: Positivo, 2004. 2120 p.

GRUBER, T. **What is an ontology?** [S. l. : s. n.], 1996. Disponível em: <<http://www-ksl.stanford.edu/kst/what-is-an-ontology.html>>. Acesso em: jun. 2005.

GUARINO, N. Understanding, building, and using ontologies: a commentary to using explicit ontologies in KBS development. **International Journal of Human and Computer Studies**, v. 46, n. 2/3, p. 293-310, 1997.

GUARINO, Nicola; MASOLO, Cláudio; VETERE, Guido. OntoSeek: Content-Based Access to the Web. **IEEE Intelligent Systems & their Applications**, [s. l.], p. 70-80, may/jun. 1999.

GUIZZARDI, Giancarlo. **Análise de Domínio e Ontologias**. Vitória, 2000. 136 f. Dissertação (Mestrado em Informática) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2000. Disponível em: <<http://wwwhome.cs.utwente.nl/~guizzard/MSc/>>. Acesso em: nov. de 2004.

HOLSAPPLE, C.W. e JOSHI, K.D. A collaborative approach to ontology design. **Communications of the ACM**, [s. l.], v. 45, n. 2., p. 42-47, feb. 2002.
IBICT; UNB. **Inventário do Ciclo de Vida para a competitividade ambiental da indústria brasileira**: projeto. Brasília, jun. 2005. 15 p. (Resumo de projeto).

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO TR 14047**: Environmental management - Life cycle impact assessment: examples of application of ISO 14042. [EUA], 2003.

KALFOGLOU, Y., DOMINGUE, J., MOTTA, E., VARGAS-VERA, M.; SHUM, S. B. MyPlanet: an ontology-driven Web-based personalised news service. In: PROCEEDINGS OF IJCAI'01 WORKSHOP ON ONTOLOGIES AND INFORMATION SHARING, 2001, [Seattle]. **Proceedings...** [Seattle] : [s. n.], 2001. p. 44-52.

LARA, Marilda Lopez Ginez de. Diferenças conceituais sobre termos e definições e implicações na organização da linguagem documentária. **Ci. Inf.**, Brasília, v. 33, n. 2, p. 91-96, maio/ago. 2004

LINDBERG; HUMPHREYS; MCCRAY. The Unified Medical Language System. **PubMed**, [s. l.], v. 32, n. 4, p. 281-291, aug. 1993. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=8412823&dopt>. Acesso em: nov. 2005.

LUSTOSA, Pollyane de Almeida. **OWL e Protégé**: estudo e aplicação de conceitos para exemplificação da definição da camada de esquema da Web Semântica em um determinado domínio. 2003, 90 f. Monografia (Graduação em Sistemas de Informação) - Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas, 2003.

LUSTOSA, Pollyane de Almeida; TEIXEIRA, Darlene; BRITO, Parcilene Fernandes de. OWL no desenvolvimento de uma ontologia para um sistema de inteligência competitiva. In: ENCONTRO DE ESTUDANTES DE INFORMÁTICA DO ESTADO DO TOCANTINS – ENCOINFO, 6., 2004, Palmas. **Anais...** Palmas: CEULP/ULBRA, 2004.

MARTIN, P. H. ; EKLUND, P. Large-scale cooperatively-built heterogeneous KBS. In: ICCS'01 INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONCEPTUAL STRUCTURES, 9., 2001, [s. l.]. **Anais...** [s. l. : s. n.] 2001. Disponível em: <<http://meganesia.int.gu.edu.au/~phmartin/weKB/doc/papers/iccs01/>>. Acesso em: ago. 2005.

MIZUKAMI, Maria da Graça N. **Ensino**: As abordagens do processo. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1986.

MONTEIRO, Fernanda de Souza; AFONSO, Maria da Conceição Lima. Hipertexto: Hipertexto: conceito, histórico, estrutura e padrões. In: MIRANDA, Antonio; SIMEÃO, Elmira (Orgs.). Informação e tecnologia: conceitos e recortes. Brasília: Ed. UnB, 2006. (Série Comunicação da informação digital, 1).

Normas de Avaliação de Ciclo de Vida. Disponível em: <<http://acv.ibict.br/normas>>. Acesso em: out. 2005.

NOVAK, Joseph Donald. **Learning, creating and using knowledge**: concept mapstm as facilitative tools in schools and corporations, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1998.

NOY, Natalya F., MCGUINNESS, Deborah L. **Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology**. Stanford University: Stanford, 2001. Disponível em: <<http://www.ksl.stanford.edu/people/dlm/papers/ontology101/ontology101-noy-mcguinness.html>>. Acesso em: out. 2005.

OWL Web Ontology Language Reference: W3C Recommendation 10 February 2004. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/owl-ref/>>. Acesso em: ago. 2005.

PASCHOAL, Alexandre de Jesus. **Protégé + Ausubel + ITIL**: uma proposta ontológica para compartilhamento de conhecimento na Seção de Suporte Operacional do Tribunal Superior Eleitoral. Brasília: UnB, 2005. f. 128: il. ; 29,5 cm. Monografia (Graduação) – Universidade de Brasília, Brasília, 2005.

PAULI, Evaldo. **Enciclopédia Simpósio**. [s. l.] : [s. n], 1997. Disponível em: <<http://www.cfh.ufsc.br/~simpozio/Megahist-filos/ME-Hfil.html>>. Acesso em: 23 jun. 2005.

PIERCE, Charles. Semiótica. São Paulo: Perspectiva, 1977.

PISANELLI, D.; GANGEMI, A; STEVE, G. Na ontological analysis of the UMLS methatesaurus. In: PROCEEDINGS OF AMIA, 1998, [s. l.]. **Proceedings...** [s.l : s. n.], 1998.

Protégé: home, overview, documentation, downloads, community, about us. Disponível em: < <http://protege.stanford.edu/index.html>>. Acesso em: jul. 2005.

Ranganathan, S. R. **Prolegomena to library classification**. Bombay: Asia Publ. House, 640 p. 1967.

RIBEIRO, Celso Munhoz; GIANNETTI, Biagio F.; ALMEIDA, Cecilia M. V. B. **Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)**: Uma Ferramenta Importante da Ecologia Industrial. Disponível em: <<http://www.hottopos.com/regeq12/art4.htm>>. Acesso em: ago. 2005.

SILVA, Nalva Neila Alves da. **A utilização da linguagem owl na definição de uma ontologia para o currículo lattes**. Palmas: ULBRA, 2004. f. 112. Monografia (requisito da disciplina Prática de Sistemas de Informação I do curso de Sistemas de Informação) – ULBRA, Palmas, 2004.

SILVA, Nalva Neila Alves da. **Proposta de um modelo de desenvolvimento de ontologias e sua utilização na definição e integração de ontologias em owl**. Palmas: ULBRA, 2004. f. 92. Monografia (graduação) – ULBRA, Palmas, 2004.

SOUZA, Renato Rocha; ALVARENGA, Lídia. A Web Semântica e suas contribuições para a ciência da informação. **Ci. Inf.**, Brasília, v. 33, n. 1, p. 132-141, jan./abril. 2004.

STUDER, Steffen Staab and Rudi; SCHNURR, Hans-Peter; SURE, Yorkl. Knowledge Processes and Ontologies. **IEEE Intelligent Systems & their Applications**, [s. l.], p. 26-34, jan./feb. 2001. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/5254/19693/00912382.pdf?arnumber=912382>>. Acesso em: set. 2005.

TRISTÃO, Ana Maria Delazari; FACHIN, Gleisy Regina Bóries; ALARCON, Orestes Estevam. Sistema de classificação facetada e tesouros: instrumentos para organização do conhecimento. **Ci. Inf.**, Brasília, v. 33, n. 2, p. 161-171, maio / ago. 2004.

User guide: contents. Disponível em: <http://protege.stanford.edu/doc/users_guide/index.html> Acesso em: jul. 2005.

Webbrain 2.0: the smartest way to see the web. Disponível em: <http://www.webbrain.com/html/default_win.html>. Acesso em: nov. 2005.

ZDRAHAL, Z. et ali. Sharing engineering design knowledge in a distributed environment. **Behaviour and information technology**, [s. l.], v. 19, n.3, p. 198-200, 2000.

ANEXO A – Resumo da hierarquia de classes

A partir do arquivo HTML da Ontologia ACV, exportado com uso da ferramenta Protégé, foi feito um recorte das informações relevantes que resumem a hierarquia de classes da ontologia:

THING

SISTEMA DE PRODUTO

UNIDADE DE PROCESSO

CICLO DE VIDA (CV)

ETAPAS DO CV

CV: AQUISIÇÃO DE MATÉRIA PRIMA

CV: PRODUÇÃO

CV: DISTRIBUIÇÃO

CV: USO

CV: DISPOSIÇÃO

INVENTÁRIO DE CICLO DE VIDA (ICV)

ESTUDOS DE INVENTÁRIO DE CICLO DE VIDA (EICV)

AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA (ACV)

FASES DE ACV

ACV: DEFINIÇÃO DE OBJETIVO E ESCOPO

ESCOPO

OBJETIVO

ACV: ANÁLISE DO ICV

ACV: AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO CV

ACV: INTERPRETAÇÃO DO CV

IMPACTO

IMPACTO AMBIENTAL POTENCIAL

FLUXO

ENTRADA

FLUXO ELEMENTAR DE ENTRADA NO SISTEMA DE PRODUTO

FLUXO INTERMEDIÁRIO DO PRODUTO

FLUXO DE PRODUTO

RESÍDUO

RESÍDUO SÓLIDO

RESÍDUO LÍQUIDO

RESÍDUO PARA TRATAMENTO

SAÍDA

FLUXO ELEMENTAR DE ENTRADA NO SISTEMA DE PRODUTO

FLUXO INTERMEDIÁRIO DO PRODUTO

FLUXO DE PRODUTO

RESÍDUO

RESÍDUO SÓLIDO

RESÍDUO LÍQUIDO

RESÍDUO PARA TRATAMENTO

MATERIAL

MATÉRIA PRIMA

INSUMO

MATERIA PRIMA PRIMÁRIA

MATÉIA PRIMA SECUNDÁRIA

ENERGIA

PRODUTO

RELATÓRIO

RELATÓRIO DE TERCEIRA PARTE

RELATÓRIO PARA AFIRMAÇÃO COMPARATIVA

ANÁLISE CRÍTICA

ESCOPO DA ANÁLISE CRÍTICA

PROCESSO DE ANÁLISE CRÍTICA

RELATÓRIO DE ANÁLISE CRÍTICA

ANEXO B – Arquivos da Ontologia ACV

Em CD-Rom anexo estão disponíveis os arquivos referentes à Ontologia ACV, produto desta pesquisa. Segue seu conteúdo:

- Arquivo de instalação da ferramenta Protégé, versão 3.1.1;
- Arquivos da Ontologia ACV no formato padrão do Protégé;
- Arquivos da Ontologia ACV no formato HTML.