



UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS CURITIBA
KÁSSIO CABRAL PEREIRA DOS SANTOS

**UTILIZAÇÃO DE ONTOLOGIAS DE REFERÊNCIA COMO ABORDAGEM PARA
INTEROPERABILIDADE ENTRE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO UTILIZADOS
AO LONGO DO CICLO DE VIDA DE PRODUTOS**

Curitiba
2011

KÁSSIO CABRAL PEREIRA DOS SANTOS

**UTILIZAÇÃO DE ONTOLOGIAS DE REFERÊNCIA COMO ABORDAGEM PARA
INTEROPERABILIDADE ENTRE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO UTILIZADOS
AO LONGO DO CICLO DE VIDA DE PRODUTOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia.

Orientador: Prof. Dr. Milton Borsato.

Curitiba

2011

TERMO DE APROVAÇÃO

KÁSSIO CABRAL PEREIRA DOS SANTOS

UTILIZAÇÃO DE ONTOLOGIAS DE REFERÊNCIA COMO ABORDAGEM PARA INTEROPERABILIDADE ENTRE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO UTILIZADOS AO LONGO DO CICLO DE VIDA DE PRODUTOS

Esta dissertação foi julgada adequada à obtenção do título de Mestre em Engenharia e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Prof. Giuseppe Pintaúde, Dr.
Coordenador de Curso

Banca Examinadora

Prof. Milton Borsato, Dr.
(UTFPR)

Prof. Emerson Paraíso, Dr.
(PUC-PR)

Prof. Walter Mikos, Dr.
(UTFPR)

Prof. Carlos Cziulik, Ph.D
(UTFPR)

Curitiba, 15 de dezembro de 2011.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

- S237 Santos, Kássio Cabral Pereira dos
Utilização de ontologias de referência como abordagem para interoperabilidade entre sistemas de informação utilizados ao longo do ciclo de vida de produtos / Kássio Cabral Pereira dos Santos. — 2011.
101 f. : il. ; 30 cm
- Orientador: Milton Borsato.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, Curitiba, 2011.
Bibliografia: f. 90-98
1. Ontologia. 2. Web semântica. 3. Sistemas de recuperação da informação. 4. Ciclo de vida do produto. 5. Métodos de simulação. 6. Simulação (computadores). 7. Engenharia mecânica – Dissertações. I. Borsato, Milton, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais. III. Título.

CDD (22. ed.) 620.1

Biblioteca Central da UTFPR, Campus Curitiba

Aos meus pais, que sempre me apoiaram e me incentivaram em minhas escolhas, dedico este trabalho.

AGRADECIMENTOS

À minha família, meu pai Rogério, minha mãe Eda, minha irmã Liliã e a Manuella Portugal que sempre me apoiaram, encorajaram e deram incentivos para continuar nesta caminhada.

Ao meu orientador, Professor Milton Borsato pelas orientações, amizade, pelo incentivo à realização deste trabalho e por nunca ter desistido de mim, sempre trazendo novos desafios e contribuindo para meu crescimento pessoal e profissional.

Aos Professores Carlos Cziulik, Cássia Maria Lie Ugaya e Giuseppe Pintaúde, pela amizade e pelo despertar para o rigor científico.

A todos os meus colegas, em especial a José Ricardo Tobias, Oksana Dib e Paulo Cesar Bernaski, pelo grande apoio concedido no melhores e piores momentos.

Aos professores do PPGEM, pelo apoio e conhecimento repassado.

Às empresas envolvidas no trabalho de pesquisa, em especial a empresa Consult Ltda, representada por Carlos Tortelli e Jerônimo Mendes que tiveram uma contribuição fundamental para a realização desse trabalho.

À UTFPR e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais e ao TIDeP, pela estrutura que me foi cedida para desenvolver a pesquisa.

À Fundação Araucária e ao Instituto Fábrica do Milênio pelo apoio financeiro e, consequentemente, pela oportunidade de desenvolver esse estudo.

A todos que auxiliaram no desenvolvimento deste trabalho.

“Inovação não é sinônimo de algo complicado. Ao contrário do que muitos pensam, as maiores inovações surgem de ideias simples que resolvem plenamente o problema observado. É em toda sua simplicidade que a roda, a maior invenção de todos os tempos, move o mundo moderno” (Robson Feitosa).

SANTOS, Kássio Cabral Pereira, **Utilização de ontologias de referência como abordagem para interoperabilidade entre sistemas de informação utilizados ao longo do ciclo de vida dos produtos**, 2011, Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, Universidade Tecnológica do Paraná, Curitiba, 116p.

RESUMO

Para garantir sua sobrevivência perante um mercado cada vez mais competitivo e globalizado, as empresas passaram a se diferenciar pelo lançamento antecipado de produtos e pela utilização da informação como fator de competitividade, de forma que atendam melhor às crescentes necessidades e expectativas dos clientes. Entretanto, muitas dessas informações se encontram em uma forma não estruturada, gerando erros e inconsistências de projeto. Neste sentido, uma das soluções mais promissoras e pesquisadas na atualidade para garantir a troca e compartilhamento de informações é a construção de ontologias. Tratam-se de estruturas de informação que auxiliam na interoperabilidade semântica entre diferentes sistemas de informação. A presente pesquisa teve como objetivo principal propor uma abordagem semântica para interoperabilidade entre softwares utilizados ao longo do ciclo de vida de produtos, baseada na aplicação de ontologias de referência. Tal abordagem consiste na apresentação de um modelo conceitual no qual uma ontologia de referência é criada a partir da identificação de demandas de interoperabilidade. A ontologia criada fornece elementos suficientes para que o mapeamento semântico possa ser realizado, mediante consulta às suas classes, propriedades e axiomas. Um estudo de caso na indústria de papel reciclado foi adotado no sentido de identificar cenários reais que permitissem exemplificar a forma pela qual o modelo conceitual seria aplicado. Dois sistemas de informação atualmente utilizados ao longo do ciclo de vida do produto foram identificados, os quais utilizam estruturas heterogêneas de dados, sem correspondência direta entre termos. Após a criação de uma ontologia de referência para este caso, utilizando métodos construtivos e ferramentas consagradas, três possíveis cenários de interoperabilidade foram analisados. Para cada um foram propostas soluções de interoperabilidade semântica utilizando o modelo conceitual proposto.

Palavras-chave: Interoperabilidade semântica. Ciclo de vida do produto. Ontologia.

SANTOS, Kássio Cabral Pereira, **Utilização de ontologias de referência como abordagem para interoperabilidade entre sistemas de informação utilizados ao longo do ciclo de vida dos produtos**, 2011, Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, Universidade Tecnológica do Paraná, Curitiba, 116p.

ABSTRACT

To guarantee survival in an increasingly competitive and globalized market, companies need to differentiate themselves not only through the launch of new products, but also through the effective use of information to better serve the needs and expectations of their customers. However, finding well-structured information is difficult and the lack of clarity often leads to errors and project inconsistencies. One of the most promising and sought-after solutions to guarantee the accurate exchange of information is the use of an ontology, a structural framework that aids in the interoperability of different information systems. The objective of this research is to propose an approach to software interoperability, based on an ontology reference system, that can be used throughout the product lifecycle. This approach presents a conceptual model that creates a reference ontology based on the identification of interoperability needs. This research presents sufficient evidence that semantics mapping can be achieved in conjunction with the appropriate information class, properties, and axioms. To highlight real-world scenarios that exemplify how this conceptual model could be effectively applied, this research refers to a case study from the recycled paper industry. In addition, this study identifies two information systems that are currently used throughout the product lifecycle which utilize heterogeneous data structures with no direct correspondence between terms. Through constructive methods and existing tools, a reference ontology was created for these systems. Three interoperability scenarios were analyzed and solutions were proposed for semantic interoperability using the suggested model.

Keywords: Semantic Interoperability. Product Lifecycle. Ontology.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Definição de gestão do ciclo de vida dos produtos..... | 8 |
| Figura 2 – Fases do gerenciamento do ciclo de vida do produto. | 9 |
| Figura 3 – Universo de inter-relacionamento do PLM. | 10 |
| Figura 4 – Modelo de PLM. | 11 |
| Figura 5 – Estrutura do Editor Protégé. | 26 |
| Figura 6 – Visão Geral da metodologia Methontology. | 30 |
| Figura 7 – Visão Geral da metodologia de Grüninger e Uschold. | 32 |
| Figura 8 – Projeto do Modelo de aplicação do método Kactus..... | 35 |
| Figura 9 – Combinação de Ontologias..... | 45 |
| Figura 10 – Alinhamento de Ontologias. | 46 |
| Figura 11 – Mapeamento de Ontologias. | 47 |
| Figura 12 – Integração de Ontologias..... | 47 |
| Figura 13 – Troca de informações entre sistemas em um projeto de engenharia simultânea. | 49 |
| Figura 14 – Troca de informações entre sistemas em um projeto de engenharia simultânea utilizando uma Ontologia como referência. | 50 |
| Figura 15 – Interoperabilidade semântica entre ontologias utilizando como referência uma ontologia global. | 51 |
| Figura 16 – Resultados da busca de informações junto às empresas consultadas..... | 58 |
| Figura 17 – Modelo de interoperabilidade semântica utilizando ontologia de referência. | 59 |
| Figura 18 – Interoperabilidade com uso de sistemas multiagentes (MAS) | 61 |
| Figura 19 – Preparação da massa..... | 63 |
| Figura 20 – Produto semi-acabado. | 64 |
| Figura 21 – Acabamento final. | 65 |
| Figura 22 – Interface do sistema de gestão Sapiens na fase de preparação da massa. | 66 |
| Figura 23 – Interface do sistema SGP na fase de preparação da massa..... | 66 |
| Figura 24 – Representação da subclasse ControledeQualidade. | 71 |
| Figura 25 – Representação das subclasses de DomainConcept..... | 72 |
| Figura 26 – Representação das subclasses de ValuePartition. | 73 |
| Figura 27 – Relação entre Massa e Volume através da Propriedade Tem_Divisão..... | 75 |
| Figura 28 – Representação da Propriedade Relacional Tem_Divisão_Entre. | 75 |
| Figura 29 – Relação de Propriedades de ObjectProperty..... | 76 |
| Figura 30 – Representação do axioma do Produto_Reciclado..... | 78 |
| Figura 31 – Representação do axioma do Produto_Manufaturado..... | 78 |
| Figura 32 – Índice de Refugo e indicadores..... | 79 |
| Figura 33 – Interoperabilidade entre os softwares Sapiens e SGP na fase de Preparação da Massa. | 80 |
| Figura 34 – Interoperabilidade entre Massa e Volume..... | 81 |
| Figura 35 – Medição da Produção de Referência em Tonelada..... | 82 |
| Figura 36 – Interoperabilidade entre os softwares Sapiens e SGP na fase do produto semi-acabado..... | 82 |
| Figura 37 – Interoperabilidade entre Produção de Referência e Produção Bruta. | 83 |
| Figura 38 – Medição da Massa em Gramas. | 84 |
| Figura 39 – Medição da Área em Metro Quadrado. | 84 |
| Figura 40 – Interoperabilidade entre os sistemas Sapiens e SGP na fase do Produto Acabado. | 85 |

Figura 41 – Gramatura – Relação entre Massa e Área. 85

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Comparativo entre métodos para criação de ontologias. | 37 |
| Tabela 2 – Comparativo entre modelos GaV e LaV..... | 44 |
| Tabela 3 – Correlação entre cada atividade com as entregas estabelecidas..... | 53 |
| Tabela 4 – Critérios de decisão para a identificação das empresas para o estudo de caso. | 62 |
| Tabela 5 – Comparativo entre o Sistema Sapiens e o Sistema SGP..... | 67 |
| Tabela 6 – Oportunidades de interoperabilidade no estudo de caso..... | 67 |
| Tabela 7 – Exemplos definição de classes no estudo de caso. | 71 |
| Tabela 8 – Exemplos de definição de propriedades no estudo de caso. | 74 |
| Tabela 9 – Exemplos de definição de axiomas no estudo de caso. | 77 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|----------|---|
| ABTCP | Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel |
| BRACELPA | Associação Brasileira de Celulose e Papel |
| CAD | Projeto auxiliado por computador (<i>Computer Aided Design</i>) |
| CAM | Manufatura auxiliada por computador (<i>Computer Aided Manufacturing</i>) |
| CAE | Engenharia Auxiliada por computador (<i>Computer Aided Engineering</i>) |
| CRM | Gestão de Relacionamento com o Cliente (<i>Customer Relationship Management</i>) |
| EDM | Gerenciamento de Dados da Engenharia (<i>Engineering Data Management</i>) |
| ERP | Planejamento de Recursos da Empresa (<i>Enterprise Resource Planning</i>) |
| HTML | Linguagem de Marcação de Hipertexto (<i>Hyper Text Markup Language</i>) |
| FACT | Classificação Rápida de Terminologias (<i>Fast Classification of Terminologies</i>) |
| GAV | Integração de Dados Global (<i>Global as View</i>) |
| ISO | Organização Internacional para Padronização (<i>International Organization for Standardization</i>) |
| JOE | Editor de Ontologia Java (<i>Java Ontology Editor</i>) |
| KAON | Ontologia Karlsruhe (<i>Karlsruhe Ontology</i>) |
| LAV | Integração de dados Local (<i>Local as View</i>) |
| NASA | Administração Nacional do Espaço e da Aeronáutica (<i>National Aeronautic and Space Administration</i>) |
| NIST | Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia (<i>National Institute for Standards and Technology</i>) |
| OIL | Infraestrutura de Ontologia (<i>Ontology Interchange Languages</i>) |
| OILED | Editor de Infraestrutura de Ontologia (<i>Ontology Interchange Language Editor</i>) |
| OKBC | Base Conectiva de Conhecimento (<i>Open Knowledge Base Connectivity</i>) |
| OML | Linguagens Impressas de Ontologia (<i>Ontology Markup Languages</i>) |
| OWL | Linguagem Ontológica Web (<i>Ontology Web Language</i>) |
| PCP | Planejamento e Controle da Produção |
| PDM | Gerenciamento de Dados do Produto (<i>Product Data Management</i>) |

| | |
|------|--|
| PLM | Gerenciamento de Ciclo de Vida do Produto (<i>Product Lifecycle Management</i>) |
| RDF | Estrutura de Descrição de Recursos (<i>Resource Description Framework</i>) |
| RDFS | Esquema de Estrutura de Descrição de Recursos (<i>Resource Description Framework Schema</i>) |
| RMC | Região Metropolitana de Curitiba |
| RH | Recursos Humanos |
| SCM | Gestão da Cadeia Logística (<i>Supply Chain Management</i>) |
| SGP | Sistema Gerencial de Produção |
| SI | Sistema Internacional |
| SUMO | Ontologia de Padrão Superior (<i>Suggested Upper Merged Ontology</i>) |
| TI | Tecnologia da Informação |
| TOVE | Empresa Virtual Toronto (<i>Toronto Virtual Enterprise</i>) |
| URI | Identificador de Recurso Uniforme (<i>Uniform Resource Identifier</i>) |
| URL | Trabalho de Recurso Uniforme (<i>Uniform Resource Labor</i>) |
| XML | Linguagem Impressas Extensíveis (<i>Extensible Markup Language</i>) |
| WSMO | Modelo de Ontologia Web Service (<i>Web Service Modeling Ontology</i>) |

SUMÁRIO

| | | |
|--------------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 1.1 | CONTEXTUALIZAÇÃO..... | 1 |
| 1.2 | OBJETIVO..... | 3 |
| 1.3 | JUSTIFICATIVA | 4 |
| 1.4 | ESTRUTURA DO TRABALHO | 5 |
| 2 | REVISÃO DA LITERATURA | 6 |
| 2.1 | SISTEMAS DE INFORMAÇÃO NO CICLO DE VIDA DE PRODUTOS | 6 |
| 2.2 | ONTOLOGIAS | 14 |
| 2.2.1 | Linguagens | 17 |
| 2.2.2 | Ferramentas | 23 |
| 2.2.3 | Métodos de Criação | 28 |
| 2.2.3.1 | BERNERAS <i>ET AL.</i> | 28 |
| 2.2.3.2 | Methontology | 29 |
| 2.2.3.3 | GRÜNINGER e USCHOLD | 30 |
| 2.2.3.4 | GRÜNINGER e FOX..... | 33 |
| 2.2.3.5 | Kactus | 34 |
| 2.2.3.6 | Método 101 | 36 |
| 2.2.4 | Comparativo entre métodos para criação de ontologias | 37 |
| 2.3 | INTEROPERABILIDADE SEMÂNTICA | 39 |
| 2.4 | MAPEAMENTO DE ONTOLOGIAS COMO ESTRATÉGIA DE INTEROPERABILIDADE | 48 |
| 3 | MATERIAIS E MÉTODOS | 52 |
| 3.1 | CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA | 52 |
| 3.2 | PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS..... | 52 |
| 3.2.1 | Identificação das necessidades de interoperabilidade entre sistemas | 53 |
| 3.2.2 | Construção do modelo de interoperabilidade | 54 |
| 3.2.3 | Identificação do Estudo de Caso..... | 54 |
| 3.2.4 | Construção da ontologia de referência..... | 55 |
| 3.2.5 | Aplicação do modelo de interoperabilidade no Estudo de Caso | 56 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 4 | RESULTADOS | 58 |
| 4.1 | NECESSIDADES DE INTEROPERABILIDADE IDENTIFICADAS | 58 |
| 4.2 | MODELO DE INTEROPERABILIDADE SEMÂNTICA | 59 |
| 4.3 | ESTUDO DE CASO | 61 |
| 4.3.1 | Processo de manufatura | 62 |
| 4.3.2 | Sistemas de informação | 65 |
| 4.3.3 | Oportunidades de interoperabilidade | 67 |
| 4.3.4 | Ontologia de referência | 68 |
| 4.3.4.1 | Classes | 70 |
| 4.3.4.2 | Propriedades | 73 |
| 4.3.4.3 | Axiomas | 76 |
| 4.4 | Cenários de interoperabilidade do estudo de caso | 79 |
| 4.4.1 | Interoperabilidade na fase de preparação da massa | 79 |
| 4.4.2 | Interoperabilidade na fase do produto semi-acabado | 81 |
| 4.4.3 | Interoperabilidade na fase de produto acabado | 83 |
| 5 | CONCLUSÃO | 88 |
| 6 | REFERÊNCIAS | 90 |
| | APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO ENVIADO AS EMPRESAS | 99 |
| | APÊNDICE B – QUESTÕES DE COMPETÊNCIAS INFORMAIS | 100 |
| | APÊNDICE C – ILUSTRAÇÃO DAS SUBCLASSES DE VALUEPARTITION E DOMAINCONCEPT | 101 |

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A globalização fez com que a economia mundial passasse por um profundo processo de mudanças. Muitas empresas perceberam a necessidade de investimentos maiores em pesquisa e desenvolvimento para suportar a necessidade de continuarem competitivas no mercado. Passaram, então, a se diferenciar pelo lançamento antecipado de produtos e pela capacidade de os desenvolverem, de forma que atendam melhor às crescentes necessidades e expectativas dos clientes.

Por outro lado, as empresas têm procurado aplicar estratégias para minimizar os impactos ambientais negativos de seus produtos e processos e ao mesmo tempo em que intensificam sua competitividade. Minimizar o impacto ambiental tem se tornado um fator decisivo para a indústria da manufatura ao longo do ciclo de vida dos produtos. Para que a manufatura seja mais limpa, eficiente, competitiva e ambientalmente correta, a indústria precisa ser capaz de tomar melhores decisões ao longo do ciclo de vida de um produto.

O ciclo de vida dos produtos está ficando cada vez menor, em função das crescentes expectativas dos clientes em relação a novos produtos e novos avanços tecnológicos, o que estimula o fluxo contínuo de novos projetos de desenvolvimento de produto na indústria. Esse encurtamento de ciclo de vida exige que trocas de informações ocorram de forma mais veloz, precisa e oportuna, o que faz com que qualquer falha na qualidade, quantidade ou processamento da informação tenha graves implicações para a empresa, tomando a forma de desperdício de importantes recursos, como tempo e trabalho.

Acredita-se que três fatores de sucesso devem conduzir a estratégia do gerenciamento do ciclo de vida do produto: inovação, execução e velocidade (TEIXEIRA, 2004). Por isso, a troca correta de informações entre sistemas utilizados em diferentes fases do ciclo de vida do produto tem se tornado um fator crucial em empresas bem sucedidas. Com o objetivo de desenvolverem produtos de forma mais rápida, mais eficiente e com menores custos, os sistemas de informação também tiveram que se adaptar a essa nova realidade. Além disso, devido à crescente disponibilidade de recursos tecnológicos, as fontes de informação tornaram-se mais abundantes e mais complexas de serem gerenciadas.

Ao longo das etapas do ciclo de vida do produto muitas informações são geradas em suas diferentes fases. Muitos desses dados se encontram em uma forma não estruturada adequadamente. Muitas empresas estão continuamente desenvolvendo soluções que permitam gerenciar informações produzidas em todas as etapas do ciclo de vida, incluindo o desenvolvimento conceitual, análise, manufatura, suporte e a retirada do produto.

É fundamental para o sucesso das empresas e de seus fornecedores que a infraestrutura de tecnologia da informação seja implementada de forma correta, eficiente e acessível. Falhas na troca de informação nas interfaces entre marketing, engenharia, manufatura e outras funções podem ser consideradas o calcanhar de Aquiles de um bom projeto (BORSATO *et al.*, 2008).

No passado, o processo de desenvolvimento de sistemas era baseado em uma metodologia que não se preocupava em enxergar toda a empresa. Os sistemas eram desenvolvidos para atender os requisitos específicos de cada um dos setores da empresa. O principal problema decorrente dessa prática é a fragmentação dos dados, que dificulta a obtenção de informações confiáveis, consolidados, devido à redundância e inconsistência de dados armazenados em mais de um sistema (CUNHA, 2005).

Outro problema, igualmente relevante, é o fato de que utilizando sistemas fragmentados, os usuários criam barreiras para o fluxo das informações dentro da empresa, pois se enxergam como detentores do conhecimento inerente ao seu setor ou à função que desempenham, em particular.

Para o gerenciamento eficiente das informações durante todas as fases do ciclo de vida do produto é necessário o compartilhamento de dados entre sistemas, como CAD, CAM, CAE, ERP, CRM, em tempo real. Inconsistências no compartilhamento das informações, além de gerarem perdas financeiras gigantescas, podem afetar a qualidade e a eficiência do produto.

Nos últimos anos, o volume de informações trocadas ao longo do ciclo de vida dos produtos cresceu consideravelmente, fazendo com que a preocupação em gerenciar esse conteúdo se tornasse cada vez maior. É muito comum a utilização de um mesmo conceito em diferentes domínios de conhecimento, dificultando o compartilhamento de informações. Isso ocorre porque o conhecimento tem sido adquirido para resolver tarefas específicas. Além disso, há uma grande variedade de ferramentas, modelos e linguagens, que criam ilhas de informação que dificultam a interoperabilidade e o reuso.

É sabido que um dos principais problemas enfrentados pelas indústrias é o baixo grau de interoperabilidade entre sistemas de informação, que é a capacidade que estes,

possuem de compartilhar e trocar informações. Este problema é ainda mais grave se for considerado todo o ciclo de vida do produto, onde vários softwares são envolvidos para permitir a organização e atualização das informações. Além disso, diferentes terminologias usadas para a identificação dos assuntos e componentes levam a inconsistências, erros e perdas de dados que podem implicar tanto em maiores custos, quanto em atrasos para o lançamento dos produtos.

Estudos realizados junto à indústria automobilística americana indicam prejuízo de um bilhão de dólares ao ano e atraso no lançamento de veículos por pelo menos dois meses devido a problemas de interoperabilidade (BRUNNERMEIER e MARTIN, 2002). Esse fato ocorre principalmente pelo tempo gasto com correção e recriação de arquivos de dados que não são compatíveis com outros arquivos existentes. De acordo com um estudo realizado pelo NIST (*National Institute for Standards and Technology*), a falta de interoperabilidade entre os setores da construção civil nas fases do projeto, construção e manutenção industrial geram perdas de mais de quinze bilhões de dólares anuais ao setor norte-americano (GALLAHER, 2004). Segundo Bingi (2001), as organizações gastam cerca de cinquenta por cento do orçamento do seu departamento de tecnologia e informação para resolução dos problemas de interoperabilidade entre seus sistemas.

Em função deste contexto, é inevitável indagar como poderia ser feito o compartilhamento eficaz de dados entre sistemas de informação tão heterogêneos, utilizados ao longo do ciclo de vida dos produtos. Com esta pergunta em mente, o presente trabalho pretende lançar sua contribuição para a oferta de alternativas que possam ser consideradas em futuras gerações de sistemas de informação.

1.2 OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho de pesquisa é propor uma abordagem semântica para interoperabilidade entre sistemas de informação utilizados ao longo do ciclo de vida de produtos, baseada na aplicação de ontologias de referência.

1.3 JUSTIFICATIVA

Os diferentes termos, expressões e linguagens empregadas para identificação dos assuntos levam as inconsistências, erros e perda de dados. Há estudos que apontam para um prejuízo na ordem de bilhões de dólares gastos com a correção de problemas gerados pela baixa interoperabilidade entre sistemas de informação.

Dentre as várias pesquisas relacionadas à interoperabilidade de informações, a utilização de ontologias tem se destacado como uma das mais promissoras soluções no sentido de organizar, categorizar e permitir a troca de dados considerando seus aspectos semânticos (BAX, 2003).

O uso de ontologias é uma das possibilidades mais promissoras para garantir a interoperabilidade semântica. Isto porque é a convenção adotada para expressar as informações explícitas e implícitas destas aplicações de forma estruturada, além de fornecer um vocabulário comum com uma semântica bem definida (FELICÍSSIMO, 2004).

Dentre as diversas pesquisas existentes em ontologias, há alguns trabalhos realizados com vistas à interoperabilidade entre os sistemas de informação. Cruz (2005) relata que para conseguir a interoperabilidade e a integração de bases de dados para aplicações geográficas é necessária a criação de uma ontologia central que servirá de referência para a interoperabilidade entre as bases de dados. Porém, é visto que existe uma dificuldade no desenvolvimento de sistemas de informação relacionada às heterogeneidades existentes entre as fontes. A pesquisadora salienta que o advento da linguagem XML trouxe à Web um padrão de troca de dados, que possibilita eliminar divergências sintáticas. Porém, as heterogeneidades estruturais e semânticas persistem.

Por outro lado, Grüninger (2005) propõe uma metodologia para desenvolvimento e evolução de ontologias integradas nos processos de fabricação dentro das indústrias. Usam-se cenários de motivação para descrever problemas os quais não eram adequadamente referenciados por ontologias existentes. Os cenários de motivação fornecem um conjunto intuitivo de possíveis soluções para os problemas encontrados. Estes dão a primeira ideia da semântica pretendida para objetos e seus relacionamentos, que irão depois ser inseridos na ontologia.

Os trabalhos citados propõem a utilização de ontologias de referência para a interoperabilidade entre bases de dados para aplicações geográficas e processos de fabricação dentro das indústrias respectivamente. Contudo, atualmente não existem pesquisas propondo uma abordagem semântica com a aplicação de ontologias de referência para permitir a interoperabilidade entre sistemas de informação tão heterogêneos quanto aqueles utilizados ao longo do ciclo de vida de produtos.

Nessa perspectiva acredita-se que no futuro diferentes aplicativos de software, tais como ERP, CRM, e PLM, poderão se beneficiar do estudo, na medida em que poderão interagir de forma transparente com outras aplicações, tanto internas, quanto na cadeia de fornecedores e clientes.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho foi organizado em cinco capítulos. O capítulo 1 apresenta a contextualização do problema a ser estudado, objetivo e justificativa. O capítulo 2 trata da revisão da literatura a respeito de sistemas de informação utilizados no ciclo de vida do produto, criação de ontologias, interoperabilidade semântica e mapeamento de ontologias como estratégia de interoperabilidade. No capítulo 3 a pesquisa é caracterizada e são apresentados os procedimentos metodológicos adotados. O capítulo 4 apresenta os resultados da pesquisa, assim como uma análise e discussão dos resultados apresentados. No capítulo 5 são apresentadas as considerações finais. Por fim, seguem as referências bibliográficas e os apêndices.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO NO CICLO DE VIDA DE PRODUTOS

Atualmente as empresas focam em dois pontos vitais para se posicionarem frente aos seus mercados: manter-se em uma linha crescente de resultados e desenvolver produtos de alta tecnologia. Essas necessidades trazem consigo questionamentos do tipo: “como podemos fazer mais com os recursos existentes?”, e, “como podemos inovar melhor, barato e rápido, enquanto nos diferenciamos da concorrência aos olhos dos nossos clientes?” (SANTOS, 2004).

O Gerenciamento do Ciclo de Vida do Produto (*Product Lifecycle Management – PLM*) é a estratégia de aproximação do negócio que pode auxiliar as organizações a alcançarem esses objetivos enquanto, de maneira contínua, reduzem os custos, melhoram e protegem a propriedade intelectual, aumentam a qualidade e diminuem o *time-to-market*, ou seja, o intervalo de tempo entre a concepção e a disponibilidade do produto no mercado.

O PLM surgiu a partir de uma necessidade resultante de várias mudanças no ambiente dos produtos manufaturados. Uma dessas mudanças foi o rápido crescimento da quantidade e complexidade de informações na cadeia de valor das empresas (STARK, 2006). As empresas, frente às constantes mudanças do mercado, buscam vantagens competitivas apoiando-se nas teorias e tecnologias emergentes.

Segundo a empresa de consultoria Cimdata (2002), PLM é uma estratégia de negócio aprimorada baseada em criação, gerenciamento, disseminação colaborativa, definindo o produto através de uma extensão de empresa que mapeia desde o conceito até o fim da vida do produto, integrando pessoas, processos, sistemas de negócio, e informação.

A estratégia supracitada pode ser dividida em três principais níveis (CIMDATA, 2003):

- a) Desenvolvimento - Tem uma abordagem intelectual que desenvolve e monitora o produto. Este nível prevê quando o produto se torna obsoleto retirando-se o suporte.
- b) Produção - Contempla a manufatura e logística do produto.

- c) Operação - Têm como atribuição o gerenciamento de recursos, pessoas, finanças requisitadas pela empresa, dando-lhe suporte adequado.

Para Stark (2006), PLM é a abordagem do gerenciamento de um produto através de seu ciclo de vida. Propõe ainda a expressão “*from cradle to grave*”, que significa do berço ao túmulo, ao indicar a importância de se gerenciar o produto desde o nascimento até sua morte, sem se eximir das responsabilidades no decorrer do processo.

Os autores Zancul (2009) e Grieves (2006), definem PLM como um conceito de integração, baseado em TI, para a organização das informações sobre os produtos e sobre os processos, ao longo de todo o ciclo de vida. A importância fundamental da TI no PLM também é enfatizada por (MA e FUH, 2008). Segundo esses autores, o PLM é uma abordagem abrangente de gestão de empresas baseada em um sistema de informação integrado, que pode atender aos requisitos de informação de produtos e de processos em um ambiente dinâmico e colaborativo.

Em resumo, as definições de gestão do ciclo de vida citadas anteriormente ressaltam os seguintes aspectos (ZANCUL, 2009):

- a) PLM é uma abordagem de gestão integrada relacionada com os produtos;
 - i. Suporta os processos de negócio relacionados aos produtos;
 - ii. Apoia a gestão de informações de produtos.
- b) PLM é aplicado do início ao fim do ciclo de vida de produtos para apoiar a colaboração na empresa estendida.
- c) PLM requer infraestrutura de TI para sua implantação efetiva.

Com base nesse resumo, opta-se por formular uma definição de PLM para este trabalho, considerando os principais aspectos do PLM apontados por vários autores.

A definição apresentada aqui é, portanto uma generalização das definições citadas anteriormente, conforme figura 1.

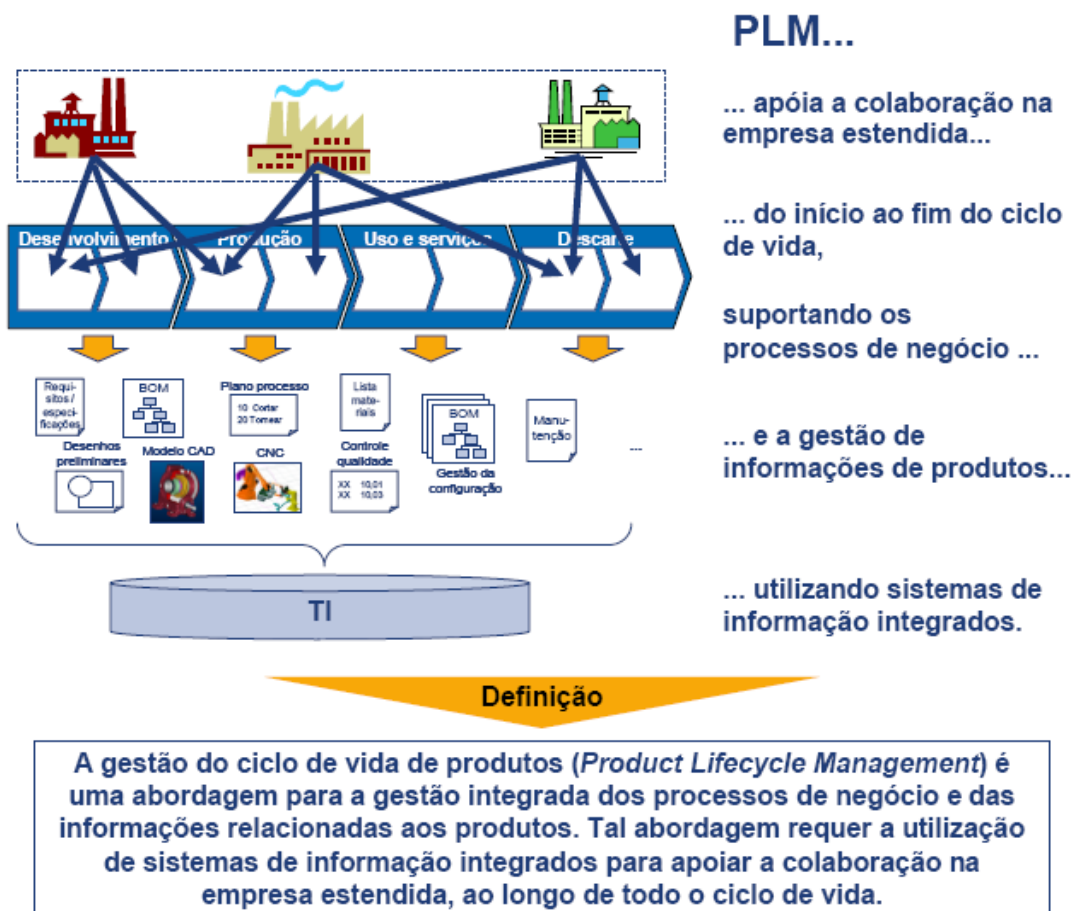


Figura 1 – Definição de gestão do ciclo de vida dos produtos

Fonte: ZANCUL (2009).

O tamanho e a rentabilidade de qualquer negócio dependem do ciclo de vida dos produtos que o compõe. Enquanto as empresas crescem em vendas e lucros, nenhum produto escapa de eventuais amadurecimentos e declínios (ROTHBERG, 1991). O conceito de ciclo de vida do produto é bem utilizado para interpretar as dinâmicas de produto e mercado. Auxilia a gerência de marketing a caracterizar os principais desafios de marketing em cada estágio da vida de um produto. Se expandido para o mercado, o modelo pode auxiliar evoluções de necessidades, concorrentes, tecnologias, canais e novos acontecimentos (KOTLER, 2000). Os produtos têm ciclos de vida cada vez mais curtos e muitos produtos em indústrias maduras são revitalizados através da diferenciação e da segmentação do mercado.

Por vezes não é fácil identificar com precisão quando cada estágio começa e termina, por este motivo a prática é caracterizar os estágios, quando as taxas de crescimento

ou declínio se tornam bastante pronunciadas. Ainda assim, as empresas devem avaliar a sequência normal do ciclo de vida e a duração média de cada estágio.

Ainda segundo Stark (2006), o gerenciamento do ciclo de vida do produto ocorre em cinco fases, tomando como exemplo a indústria automotiva. A figura 2 ilustra esta visão.

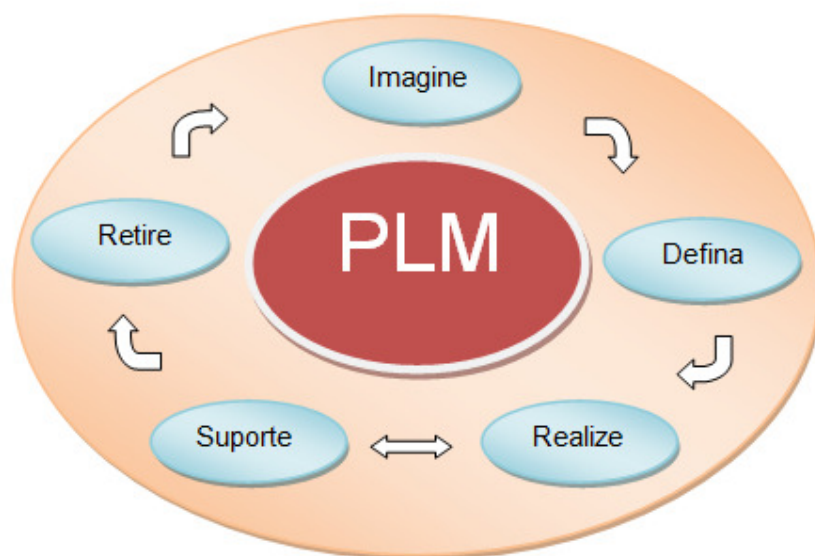


Figura 2 – Fases do gerenciamento do ciclo de vida do produto.

Fonte: STARK (2006).

- a) Imagine: Primeiro, nasce uma ideia para o produto (como um automóvel). Neste estágio, o veículo pode somente ser um sonho em sua cabeça.
- b) Defina: O veículo é definido em detalhes, é feita uma exata descrição do que é criado. Neste estágio, o produto físico, o veículo, por exemplo, não existe e não pode ser usado.
- c) Realize: Aqui o produto é realizado, por exemplo, todas as peças do veículo serão produzidas e montadas exatamente da forma como serão usadas.
- d) Suporte: O produto é usado por alguém e precisa de definições sobre a sua utilização.
- e) Retire: Finalmente o produto chega ao fim de sua vida. Aqui, algumas peças podem ser reusadas, outras recicladas e outras descartadas.

Segundo Garetti *et al.* (2005), PLM é considerado um dos maiores desafios organizacionais e tecnológicos para as empresas de manufatura, pois, atualmente, as empresas lidam com uma grande quantidade de informações relacionadas aos produtos dispersas em muitas áreas e, muitas vezes, em parceiros que podem trabalhar de forma colaborativa com estas empresas. Além disso, o ritmo de crescimento da quantidade de informações é muito maior comparado ao de anos atrás, pois, devido à alta competitividade entre as empresas, faz-se necessário o lançamento de produto em curtos intervalos de tempo.

Empresas continuamente desenvolvem soluções de software que auxiliam no gerenciamento do ciclo de vida do produto. Tais soluções se aplicam a vários momentos do ciclo, como desenvolvimento conceitual, análise, manufatura, suporte, retirada do produto do mercado, e sua reciclagem. Entretanto, para que se possa explorar ao máximo a potencialidade destas ferramentas, é desejável que estes sistemas, como CAD, CAM, CAE, ERP e CRM, sejam semanticamente interoperáveis. Na figura 3 traz a integração das áreas automobilísticas, aeroespaciais e manufatureiras com os softwares CAD, CAM, CRM, ERP e outros.

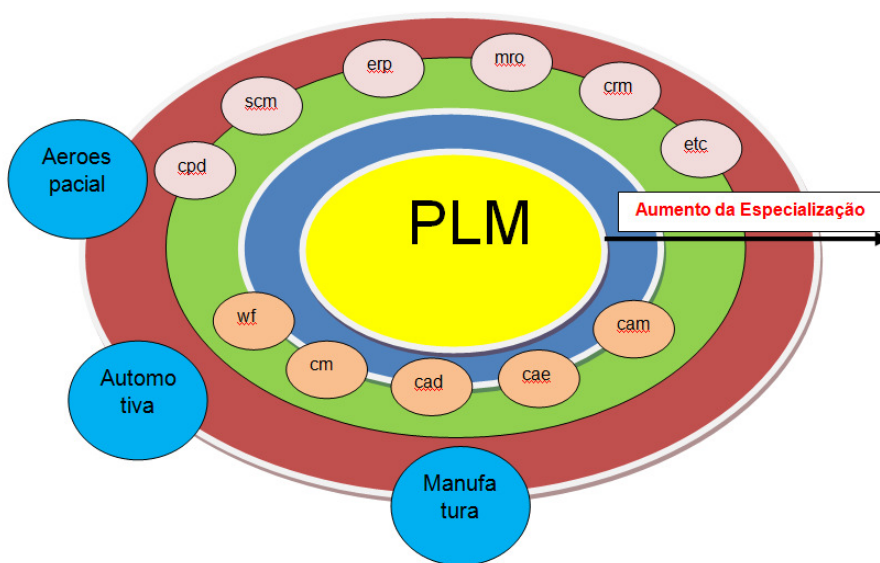


Figura 3 – Universo de inter-relacionamento do PLM.

Fonte: Adaptado de CIMDATA (2003).

A integração demonstrada na figura 3 é a chave para possibilitar o compartilhamento dos dados entre programas (softwares) de PLM e os aplicativos e ferramentas das empresas. Os programas de PLM devem incorporar uma estrutura de troca de

informações, que permitam que as organizações padronizem esforços de integração com múltiplas possibilidades de cruzamento de dados.

Os desafios enfrentados pelas indústrias são bem conhecidos: ciclo de vida dos produtos mais curtos, exigências mais rigorosas de qualidade, margem de lucros em queda e aumento da concorrência. A partir desses cenários é que o PLM torna-se um fator de competitividade, através do aumento da especialização dos seus aplicativos, com objetivos de melhorar o seu processo de desenvolvimento de produtos de forma duradoura e abrangente.

A gestão do ciclo de vida é comumente abordada em diversos aspectos. As pesquisas sobre PLM podem ser classificadas em três grupos. O primeiro envolve a especificação de processos e a definição de métodos para PLM. O segundo abrange as questões técnicas de integração de sistemas de informação, que é o foco do presente trabalho. O terceiro trata da aplicação do PLM em diferentes contextos.

Em um cenário de forte competitividade e rápidas mudanças, o desenvolvimento do produto passa a ser considerado uma atividade essencial na obtenção de diferencial competitivo para os negócios. Aprofunda-se esta descrição com a definição de Grieves (2006) que vê o PLM como a informação sobre o desenho, a manufatura, o uso e o descarte do produto, que pode ser capturada e assim substituir a ineficiência, o desperdício de tempo e de energia e de material durante todo ciclo de vida deste produto, transformando-o em uma nova fonte de produtividade. A figura 4 mostra o modelo de PLM, segundo a visão de Grieves (2006).



Figura 4 – Modelo de PLM.

Fonte: GRIEVES (2006).

Segundo Grieves (2006), a informação central (*Info Core*) sobre o produto durante o gerenciamento do ciclo de sua vida é o foco para abordagem PLM, como descrito a seguir:

- a) Requisitos, Análise e Planejamento: são os passos iniciais para qualquer desenvolvimento de produto. Nesta fase são definidas quais as principais funções, quais requisitos o produto deve ter e estes são reunidos dentro das especificações do produto, nesta fase busca-se definir o que o consumidor quer comprar e como.
- b) Conceito de Engenharia e Protótipos: os requisitos transformam-se em um conceito de engenharia e, conseqüentemente, constroem-se protótipos. Enquanto o produto se desenvolve de forma geral no planejamento, aqui a engenharia do produto transforma informações gerais em especificações. Cabe a este grupo fazer com que todas as variedades de componentes ajustem-se em um sistema integrado e consistente.
- c) Engenharia do Produto: nesta etapa trata-se da concepção do produto. A atividade central é a criação e detalhamento para cada componente, subsistema e sistema que compõe o produto final e, é a partir deste detalhamento que é possível decidir fazer internamente (*make*) ou comprar (*buy*) para cada um dos itens.
- d) Engenharia de Manufatura e Produção: uma vez definida as especificações do produto, é papel da engenharia de manufatura determinar como o produto deve ser construído. O desenho é analisado e a lista de processo desenvolvida para especificar qual operação deve ser feita e em que ordem. Estas peças devem ser montadas em sequência pré-estabelecida para realizar o produto completo.
- e) Vendas e Distribuição: esta etapa consiste em desenhar todo o processo de venda e distribuição do produto. Na maior parte dos casos o novo produto é vendido e comercializado pelo processo de vendas já existentes. Para a distribuição deve-se levar em conta a logística, que inclui planejamento, implementação e controle de fluxo eficiente e eficaz de todo o material e produtos da empresa, assim como do fluxo de informação, desde sua origem até o cliente final.
- f) Serviços: funções de vendas e distribuição usam a informação do produto para: falar para o revendedor e o usuário, quais funções e

especificações o produto possui para alcançar a performance esperada do produto. O usuário de um produto necessita de informações para entender como obter as melhores opções de funcionamento do bem adquirido.

- g) Disposição e Reciclagem: o aspecto final do ciclo de vida do produto, na visão deste autor, trata da disposição e reciclagem para então encerrar a vida deste produto. Informações de como o produto foi desenhado e com qual composição foi construído são necessárias para a efetiva e eficiente reciclagem de algumas peças, o reuso de outras e descarte do restante. Neste item ressalta-se também a importância das regulamentações as quais o produto deve atender.

Ainda segundo Grieves (2006), há certos conceitos e tecnologias incorporadas à criação do PLM que merecem atenção especial, sejam eles: *Computer Aided Design* (CAD), *Engineering Data Management* (EDM), *Product Data Management* (PDM) e *Computer Aided Manufacturing* (CAM). Entretanto, o PLM é mais do que a soma destes conceitos e tecnologias. É a forma como eles foram incorporados que atribui ao PLM seu grande potencial.

Os sistemas CAD, que a princípio serviam apenas para projetar desenhos de forma mais rápida e precisa, rapidamente desenvolveram suas funcionalidades e passaram da periferia dos sistemas utilizados em projetos para o sistema principal, possibilitando a manipulação, controle e sistematização dos dados dos projetos. Contudo, as informações carregadas nos sistemas CAD/CAE/CAM não eram suficientes para descrever o produto com um todo, assim foram complementadas e associadas com as informações que compunham os sistemas EDM, como a lista de materiais (GRIEVES, 2006).

Com o avanço da Tecnologia da Informação as empresas passaram a utilizar sistemas computacionais para suportar suas atividades. Geralmente, em cada empresa, vários sistemas são desenvolvidos para atender aos requisitos específicos das diversas unidades de negócio, plantas, departamentos e escritórios. Por exemplo, o departamento de planejamento da produção pode utilizar um sistema próprio e o departamento de vendas utilizar outro.

Dessa forma, a informação fica dividida entre diferentes sistemas. Os principais problemas dessa fragmentação da informação são a dificuldade de obtenção de informações consolidadas e a inconsistência de dados redundantes armazenados em mais de um sistema. Um exemplo disso aconteceu em 1999, quando a sonda espacial *Mars Climate Orbiter*, projetada para estudar o clima marciano, chocou-se violentamente com a atmosfera daquele

planeta, sendo destruída. A causa do problema? Foram adotados diferentes sistemas de unidades em diferentes partes do projeto, para as quais foram utilizados sistemas de informação distintos.

Os engenheiros da NASA, que usam o sistema métrico, forneceram valores em Newton, a unidade SI de força. Os engenheiros da Lockheed, que construíram a sonda, programaram seu computador para libra-força, a unidade do sistema imperial. Quando os números corretos (em Newton) foram interpretados pelo computador de bordo como sendo libra-força, a aproximação da nave com o planeta resultou num desastre. O projeto inteiro havia custado 125 milhões de dólares (LLOYD, 1999).

A tendência dos sistemas PLM é a integração completa de todas as soluções que auxiliam as atividades operacionais e de projeto ao longo do ciclo de vida dos produtos. Para a efetiva realização desta colaboração, o processo produtivo tem de se tornar um processo integrado, em que todos os métodos, ferramentas e sistemas em uso por parte das empresas devem estar integrados.

2.2 ONTOLOGIAS

A palavra ontologia tem a sua origem nos pensamentos filosóficos de Aristóteles. A disciplina de computação resgatou este termo, inserindo-o num novo contexto, apesar de próximo do significado original. A literatura sobre ontologias apresenta uma série de definições distintas. Essas diferentes definições apresentam pontos de vista distintos e até mesmo complementares para uma mesma realidade.

Guarino (1997) discute sobre o significado preciso do termo dentro da Ciência da Computação, pois o seu significado preciso tende a variar conforme o objetivo do uso da ontologia. Uma ontologia, segundo o autor, é uma conceptualização compartilhada de um determinado domínio, onde conceptualização é basicamente uma ideia do mundo que uma pessoa ou grupo de pessoas pode ter. É composta de um conjunto de conceitos dentro desse domínio, sendo esses organizados como uma taxionomia, e de relações entre esses conceitos.

Segundo Neches (1991), uma ontologia define os termos e relações básicas que compreendem o vocabulário de uma área tópico assim como as regras para combinar termos e relações para definir extensões ao vocabulário. Esta definição descritiva diz o que fazer para

construir uma ontologia e inclui não apenas os termos que são explicitamente definidos, mas também o conhecimento que pode ser inferido dela. Esta definição foi seguida pela área de Inteligência Artificial.

Para Borst (1997), uma ontologia define as regras que regulam a combinação entre os termos e as relações. As relações entre os termos são criadas por especialistas e os usuários formulam consultas usando os conceitos especificados.

Uschold e Jasper (1999) proveram uma nova definição da palavra ontologia em que se pode ter uma variedade de formas, mas necessariamente inclui um vocabulário de termos e alguma especificação de seu significado. Isto inclui definições e uma indicação de como conceitos estão inter-relacionados, que coletivamente impõem uma estrutura no domínio e restringem as interpretações possíveis dos termos.

Segundo Gruber (1993), uma ontologia é uma especificação formal e explícita de uma conceptualização compartilhada. Ela define um modelo abstrato que descreve conceitos e relacionamentos de algum domínio particular. A especificação é codificada em uma linguagem formal, onde definições e nomes explícitos são atribuídos aos conceitos e relacionamentos do modelo abstrato. Fornece uma descrição exata do conhecimento. Ao contrário da linguagem natural em que as palavras podem possuir semântica totalmente diferente conforme o seu contexto, a ontologia, por ser escrita em linguagem formal, não deixa espaço para a diferença semântica existente na linguagem natural.

As ontologias podem ser usadas em diversas áreas:

- a) Serviços: Uma ontologia facilita a troca de informações entre sistemas.
- b) Portais Web: Enriquece os documentos com uma ontologia que represente a sua informação, no qual estará aberto o caminho para a utilização de processos automáticos para a consulta desse portal.
- c) Comércio Eletrônico: Proporciona habilidade multilinguísticas ao fluxo de informação em portais, permite manutenção semiautomática de catálogo de produtos, tradução automática e interpretação da linguagem natural nas requisições de usuários, a interatividade é obtida com o uso de serviços de navegação e entradas em linguagem natural (LEGER, 2000).
- d) Gestão de Conhecimento: Permite a reutilização do conhecimento sobre um domínio. Introduce padrões que permitem a interoperabilidade entre aplicações.

As ontologias não apresentam sempre a mesma estrutura, mas possuem características e componentes comuns bem definidos. Os componentes básicos de uma ontologia são: classes (entidades organizadas taxonomicamente), relações (o tipo de interação entre os conceitos de um domínio), axiomas (usados para modelar sentenças sempre verdadeiras) e instâncias (utilizadas para representar elementos específicos, ou seja, os próprios dados) (GRUBER, 1996; GUINNESS, 2001).

A ontologia define assim uma “linguagem” (conjunto de termos) que será utilizada para formular consultas. Ela caracteriza um domínio através da representação dos seguintes conceitos: classes no domínio de interesse, instâncias (indivíduos) das classes representadas, relações para representar os tipos de interações entre classes e entre indivíduos, funções para a representação de casos especiais de relações, em que o enésimo elemento de um relacionamento é único para o elemento predecessor, axiomas para a modelagem de sentenças que são sempre verdadeiras (FENSEL, 2001; GÓMEZ-PÉREZ *et al.*, 2004).

Por exemplo, quando uma pessoa fala para outra a palavra “globo” ela pode estar querendo falar a respeito de um corpo esférico, como também de um canal de televisão brasileiro. A interpretação da palavra pode ser atribuída a um conceito ou outro conforme o estado mental do indivíduo. Porém, se há uma conceptualização comum entre essas duas pessoas a possibilidade de mal entendido diminui muito. Por exemplo, se essas pessoas concordam em uma ontologia sobre o domínio de formas geométricas, possivelmente não haverá mal entendido.

Segundo Gruninger e Uschold (1996), o modo de endereçar estes problemas é reduzir ou eliminar a confusão conceitual e terminológica e chegar a um entendimento compartilhado. Tal entendimento pode funcionar como uma abordagem unificadora para os diferentes pontos de vista e servir como base para:

- a) A comunicação entre pessoas com diferentes necessidades e pontos de vista, vindo de seus diferentes contextos.
- b) A interoperabilidade entre sistemas obtida pela tradução entre diferentes métodos de modelagem, paradigmas, linguagens e ferramentas de software.

Para Novollo (2003), a utilização de ontologias permite definir uma infraestrutura para integrar sistemas inteligentes no nível do conhecimento, trazendo grandes vantagens, quais sejam:

- a) Colaboração: possibilitam o compartilhamento do conhecimento entre os membros interdisciplinares de uma equipe.

b) Interoperação: facilitam a integração da informação, especialmente em aplicações distribuídas.

c) Informação: podem ser usadas como fonte de consulta e de referência do domínio.

d) Modelagem: as ontologias são representadas por blocos estruturados que podem ser reusáveis na modelagem de sistemas no nível de conhecimento.

e) Busca baseada em ontologia: recuperar recursos desejados em bases de informação estruturadas por meio de ontologias. Desta forma, a busca torna-se mais precisa e mais rápida, pois quando não é encontrada uma resposta exata à consulta, a estrutura semântica da ontologia possibilita, ao sistema, retornar respostas próximas à especificação da consulta.

Guarino e Welty (2000) propõem categorias para classificar ontologias com base no nível de detalhamento da representação de um dado domínio. São elas:

a) Vocabulário: consiste de uma lista de termos e respectivas definições. Corresponde a uma definição em XML Schema, por exemplo.

b) Taxonomia: definição de hierarquias sobre os termos do vocabulário. Cada termo em uma taxonomia pode estar relacionado a uma ou mais relações do tipo “pai-filho”.

c) Sistema relacional: prevê relacionamentos associativos além dos hierárquicos entre os termos do vocabulário.

d) Teoria axiomática: além dos relacionamentos, suporta a definição de regras de inferência e de restrições através de axiomas.

2.2.1 Linguagens

Nesta seção, as ontologias são apresentadas como um modelo formal para fins de representação do conhecimento, destacando a sua principal característica de ser uma linguagem expressiva na representação de seus conceitos e relações.

Uma linguagem pode ser vista como algo que determina todas as especificações possíveis (todas especificações válidas gramaticalmente) que podem ser construídas usando aquela linguagem (GUARINO, 1997).

Assim, uma linguagem de modelagem deve ser suficientemente expressiva para caracterizar corretamente a conceptualização de seu domínio de assunto e a semântica das especificações produzidas devem ser claras para um projetista da especificação reconhecer o que os construtores da linguagem significam em termos de conceitos de domínio. A especificação produzida usando a linguagem deve facilitar ao usuário o entendimento e raciocínio sobre os estados representados das coisas.

Dentre as linguagens utilizadas pelos projetos de Ontologias, destacam-se a OWL (*Web Ontology Language*), XML (*Extensible Markup Language*), RDF (*Resource Description Framework*), OIL (*Ontology Interchange Language*), Ontolândia, SHOE e XOL.

A OWL (*Web Ontology Language*) é uma linguagem para definir e instanciar ontologias na Web. Uma ontologia OWL pode incluir descrições de classes e suas respectivas propriedades e seus relacionamentos. Foi projetada para o uso por aplicações que precisam processar o conteúdo da informação ao invés de apenas apresentá-la aos humanos (MIKA, 2007).

OWL é uma linguagem de especificação de ontologias baseada em lógica descritiva e grafos conceituais. Permite a representação de conceitos organizados em taxonomias, relações e axiomas em lógica de primeira ordem (KENT, 1999). É vista como uma tecnologia importante para a futura implementação da Web Semântica. Ela vem ocupando um papel importante em um número cada vez maior de aplicações, e vem sendo foco de pesquisa para ferramentas, técnicas de inferências, fundamentos formais e extensões de linguagem.

A OWL faz parte da crescente lista de recomendações da W3C relacionadas ao desenvolvimento da Web Semântica (OWL, 2004). Esta linguagem oferece mecanismos para representar explicitamente o significado dos termos e os relacionamentos entre estes termos (OWL, 2004). É uma linguagem para ontologias Web desenvolvida para a utilização em aplicações que necessitam processar o conteúdo de informações em vez de somente apresentá-las aos usuários, ou seja, ela é pretendida para ser utilizada quando informações contidas em documentos precisam ser processadas por aplicações, ao contrário do que ocorre quando estes conteúdos somente são apresentados aos humanos. Desta forma, pode ser entendida como uma linguagem para definição e instanciação de ontologias Web, sendo que estas devem incluir descrições de classes, propriedades e suas instâncias.

Ainda segundo o W3C, OWL pode ser utilizada para:

- a) Formalizar um domínio pela definição de classes e propriedades destas classes.

- b) Definir instâncias e propriedades sobre elas.
- c) Raciocinar a respeito destas classes e instâncias até o grau permitido pela semântica formal da linguagem.

De acordo com Mika (2007), as ontologias OWL podem ser classificadas em três espécies, de acordo com a sub-linguagem utilizada OWL-Lite, OWL-DL e OWL-Full.

A característica principal de cada sub-linguagem é a sua expressividade. A OWL-Lite é a sub-linguagem sintaticamente mais simples. Destina-se a situações em que apenas são necessárias restrições e uma hierarquia de classes simples.

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

A OWL-Full é a sub-linguagem OWL mais expressiva. Destina-se a situações onde alta expressividade é mais importante do que garantir a possibilidade de decisão ou completude da linguagem.

No final do ano de 2009, foi criada a nova versão OWL 2.0, as mudanças realizadas no aplicativo original têm como objetivo inserir a descoberta de serviços Web semânticos com análise das pré-condições e efeitos dos serviços.

A OWL 2.0 fornece interfaces de comunicação com outros módulos que porventura precisem se integrar ao aplicativo, assim como a OWL em sua versão anterior. Foi mantido no aplicativo o alto grau de escalabilidade possibilitando a inclusão de novos filtros e métodos de busca que venham a ser desenvolvidos e acoplados ao aplicativo no futuro. (AMORIM, 1995).

As principais funcionalidades que são introduzidas por esta revisão são as seguintes (AMORIM, 1995):

- a) Enriquecimento da descrição de propriedades (especificar a disjunção de propriedades).
- b) Enriquecimento do conceito de *datatype*, sendo agora possível criar novos tipos de dados de maneira explícita, bem como aplicar-lhes um maior leque de restrições.
- c) Capacidades de meta modelação no OWL DL (possibilidade de usar a mesma designação para uma classe e para uma instância).

Os elementos básicos para construção de uma ontologia OWL são as classes, as instâncias (também chamadas de indivíduos) das classes, os relacionamentos (as propriedades) entre estas instâncias e os axiomas. Nas próximas Subseções serão apresentados estes elementos:

a) Classes: proveem um mecanismo de abstração para agrupar recursos com características similares, ou seja, uma classe define um grupo de indivíduos que compartilham algumas propriedades. O conjunto de indivíduos que estão associados a uma classe, é chamado de extensão de classe. Os indivíduos em uma extensão de classe são chamados de instâncias da classe. Cada indivíduo na OWL é membro da classe *owl:Thing*. Deste modo, ela é superclasse de todas as classes OWL definidas pelos usuários. Além disso, existe a classe *owl:Nothing* (não possui instâncias) que é uma subclasse de todas as classes OWL (MIKA, 2007).

Uma classe é sintaticamente representada como uma instância nomeada da *owl:Class*, que é uma subclasse da *rdfs:Class*. Uma classe em OWL pode ser definida da seguinte maneira: <owl:Class rdf:ID="Organization">.

A sintaxe *rdf:ID="Organization"* é usada para nomear a classe. Segundo McGuinness (2004), esta classe, dentro do documento em que ela foi definida, pode ser referenciada usando-se a expressão *#Organization*.

Segundo Bechhofer *et al.* (2005), uma classe tem um significado intencional que é relacionado, mas não é igual à extensão de classe, ou seja, duas classes podem ter mesma extensão de classe e serem classes diferentes. Além disso, em OWL Lite e OWL DL, classes e indivíduos formam um domínio disjunto, diferentemente de OWL Full, que permite que uma classe seja instância de outra classe.

b) Instâncias: os indivíduos, que são instâncias de classes, são definidos com fatos. Um fato é uma declaração que é sempre verdade em um dado domínio. Indivíduos podem ser relacionados usando-se as propriedades da OWL (MIKA, 2007).

c) Propriedades: são relações binárias que podem ser usadas para estabelecer relacionamentos entre indivíduos ou entre indivíduos e valores de dados. Estes relacionamentos permitem afirmar fatos gerais sobre os membros das classes e podem também especificar fatos sobre indivíduos. Segundo McGuinness 2004, a OWL distingue entre duas categorias principais de propriedades:

i. Propriedades de dados (*datatype properties*): relação entre indivíduos e valores de dados. Uma propriedade de dado é definida como uma instância da classe *owl:DatatypeProperty*.

ii. Propriedades de objetos (*object properties*): relação entre indivíduo. Uma propriedade de objeto é definida como instância da classe *owl:ObjectProperty*.

As propriedades possuem as seguintes características: Transitiva (*owl:TransitiveProperty*), Simétrica (*owl:SymmetricProperty*), Funcional (*owl:FunctionalProperty*) e Inversa (*owl:inverseOf*).

A OWL permite que sejam impostas restrições sobre propriedades. Uma restrição é um tipo especial de descrição de classe, isto é, descreve uma classe anônima de indivíduos que satisfazem as restrições. As restrições podem ser de valores (*allValuesFrom*, *someValuesFrom* e *hasValue*) ou de cardinalidade (*maxCardinality*, *minCardinality* e *Cardinality*).

d) Axiomas: na prática, os axiomas especificam definições de termos na ontologia e restrições sobre sua interpretação. Geralmente especificados em linguagem natural, Falbo (1998), cita que os axiomas também podem ser especificados através de lógica de primeira ordem, como sentenças de primeira ordem usando os predicados da ontologia, os axiomas podem ser divididos em dois tipos:

- i. Axiomas de derivação: são aqueles que permitem explicitar informações a partir do conhecimento previamente existente. Dividem-se em dois tipos os axiomas epistemológicos que são descritos para mostrar restrições pela forma de estruturação dos conceitos e os axiomas ontológicos que descrevem restrições de significação impostas no domínio.
- ii. Axiomas de consolidação: descrevem a coerência das informações existentes, isto é, definem condicionantes para o estabelecimento de uma relação ou para a definição de um objeto como instância de um conceito.

A linguagem XML (*Extensible Markup Language*) foi originalmente projetada para atender os desafios da publicação eletrônica em larga escala, porém vem desempenhando um importante papel na troca de dados entre sistemas de informação (W3C, 2007). É amplamente utilizada para o intercâmbio de dados. No mundo real, bases de dados e sistemas computacionais contêm informações em formatos incompatíveis (W3C, 2007). Um dos grandes desafios enfrentados atualmente consiste na interoperabilidade destes dados.

A definição das *tags* em XML não é pré-definida, o que permite que cada sistema possa definir uma organização singular que descreva seus dados. Esta característica promove a heterogeneidade de sua estrutura em que, mesmo lidando com conceitos similares, não é trivial o processamento de sua equivalência. Para avaliar a similaridade de documentos de um

mesmo domínio, é interessante compará-los com uma estrutura que descreve este específico domínio.

Ontologias são úteis neste sentido, pois definem os termos usados para descrever e representar um domínio de informação.

A linguagem RDF/RDF-Schema possui um modelo de representação simples e flexível, que permite a interpretação semântica do conhecimento, com a utilização de conectivos lógicos, de negação, disjunção e conjunção. É dividida em duas partes principais: RDF e RDF-Schema. A primeira define como descrever recursos através de suas propriedades e valores, enquanto a segunda define propriedades específicas, restringindo sua utilização (GÓMEZ-PÉREZ, 2004).

O modelo de dados do *Resource Description Framework* é caracterizado por prever três tipos de objetos:

- i. Recursos: tudo descrito por expressões RDF e identificado por um URI (*Uniform Resource Identifier*). Recursos podem ser páginas Web, partes dela, elementos XML de uma página ou uma figura.
- ii. Propriedades: são aspectos específicos, características, atributos ou relações utilizadas para descrever recursos.
- iii. Sentenças: informação estruturada composta de sujeito (recurso), predicado (propriedade) e objeto (valor da propriedade). O objeto pode ser outro recurso ou um dado primitivo como uma *string*.

A padronização RDF estabelece um modelo e sintaxe para representar, codificar e transmitir metadados, com o objetivo de maximizar a interoperabilidade de dados de fontes heterogêneas na WEB. Outro objetivo é tornar possível a especificação de semântica para base de dados em XML.

OIL foi proposta pelo projeto *On-to-Knowledge* e tem como contribuição o uso de semântica formal e um mecanismo de inferência, fornecido através da lógica de descrição. Combina primitivas de modelagem das linguagens baseadas em frames com a semântica formal. Pode se verificar a classificação e a taxonomia dos conceitos (FENSEL *et al.*, 2001).

A Ontolândia combina paradigmas das linguagens baseadas em frames e lógica de primeira ordem. Permite a representação de conceitos, taxonomias de conceitos, relações, funções, axiomas, instâncias e procedimentos (CHAUDHRI *et al.*, 1998).

SHOE (HELFIN *et al.*, 1999) foi construída como uma extensão de HTML, permitindo a inserção de ontologias em documentos HTML. SHOE combina *frames* e regras, e permite a representação apenas de conceitos, suas taxonomias, relações n-árias, instâncias e

regras de dedução, que são utilizadas por sua ferramenta de inferência para obter novo conhecimento. O uso de frames permite que diferentes arquivos HTML componham a mesma página, permitindo dividir o espaço da janela do navegador em colunas e/ou linhas e controlar o seu tamanho, determinando quantas serão as subdivisões e qual será sua distribuição na tela.

XOL (KARP *et al.*, 1999) foi desenvolvida a partir de XML representando um pequeno subconjunto de primitivas do protocolo OKBC2. É uma linguagem muito restrita, onde apenas conceitos, taxonomias de conceitos e relações binárias podem ser especificados. Não há mecanismos de inferência agregados.

As linguagens de ontologias, representadas, sobretudo, pela linguagem OWL, permitem que se escrevam conceituações formais e explícitas de modelos de domínio, empregando, como requisitos básicos, uma sintaxe bem definida, uma semântica formal e alto nível de expressividade, fornecendo apoio eficiente ao processo de inferência de significado. A linguagem OWL facilita mais a possibilidade de interpretação por máquinas do conteúdo da Web do que XML, RDF e RDFS, por fornecer vocabulário adicional com uma semântica formal.

2.2.2 Ferramentas

Segundo Gómez-Pérez (1999), nos anos 90 surgiu um grande número de ferramentas para ontologias com o objetivo de dar suporte ao processo de desenvolvimento de ontologias (construção, anotação, integração,) e ao uso de ontologias em aplicações.

Dentre as diversas ferramentas que são utilizadas para o desenvolvimento de ontologias, as mais utilizadas são: Joe, Ontolíngua, OilEd, Altova Semantic Works, KAON e Protégé.

Este grupo inclui ferramentas, ambientes e suítes que podem ser usadas para construir novas ontologias ou reusar ontologias existentes. Além das funcionalidades comuns de edição e navegação, estas ferramentas também incluem funcionalidades para documentação, exportação e importação de diferentes formatos, diferentes visualizações da ontologia construída, bibliotecas de ontologias e máquinas de inferências.

A ferramenta JOE proporciona o 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 MS Windows ou como uma estrutura em árvore (MAHALINGAM e HUHNS, 1997).

A Ontolíngua é uma ferramenta que possibilita a construção de ontologias compartilhadas entre grupos. Permite acesso a uma biblioteca de ontologias, tradutores para linguagens e um editor para criar e navegar pela ontologia (FARQUHAR, FIKES, RICE, 1997).

A OilEd é um editor de ontologias de código aberto que permite construir ontologias utilizando a linguagem OIL. Verificação da consistência e classificação automática da ontologia podem ser executadas pela ferramenta FaCT (HORROCKS, SATTLER, TOBIES, 1999).

A ferramenta Altova SemanticWorks é uma ferramenta de edição de arquivos RDF (Resource Description Framework) e OWL (Ontology Web Language), dentre suas funcionalidades está a possibilidade de visualmente criar a ontologia, observar sua estrutura em diagramas, visualizar as instâncias, vocabulários e outras ontologias. Ela tem as seguintes características (ALTOVA, 2008):

- a) Edição e design visual de RDF e RDFS;
- b) Edição e design visual de OWL;
- c) Edição de instâncias de classes; e
- d) Checagem de sintaxe em conformidade com as especificações RDF/XML.

A ferramenta KAON consiste em vários diferentes módulos provendo uma larga banda de funcionalidades centradas ao redor da criação, armazenamento, manutenção e aplicação de ontologias. Ela começou e atualmente é desenvolvida em conjunto com membros do instituto AIFB da universidade de Karlsruhe e o FZI - Centro de Pesquisa Tecnológica de informação em Karlsruhe, Alemanha (HANDSCHUH, 2001).

Portanto, ele é um gerenciador de infraestrutura de ontologias em código aberto, centrado em aplicações de negócio. Um importante foco é a sua escalabilidade e sua eficiência com ontologias (HANDSCHUH, 2001).

KAON apresenta vários módulos:

- a) ENGINEERING SERVER: é um mecanismo de armazenamento para KAON ontologias baseadas em banco de dados relacional, adequado para uso durante a construção de ontologias. O Modelo inclui *client-side caching* com detecção de coerência.

- b) KAON API: provê acesso programado à ontologias e instâncias independentemente do mecanismo de armazenamento de ontologias. Suporta evolução de ontologias, modularização de ontologias, acesso concorrente à ontologias e processamento transacional. Mecanismos de armazenamentos correntes incluem modelos RDF ou banco de dados relacionais.
- c) KAON PORTAL É uma ferramenta simples para geração multi-lingual de ontologias baseadas em web portais.
- d) KAON REVERSE KAON Permite a geração de instâncias RDF mapeando banco de dados relacional em ontologias.

O Protégé foi desenvolvido pelo *Stanford Medical Informatics* na escola de medicina da Universidade de Stanford 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 (PROTÉGÉ USER GUIDE, 2009). 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.

A arquitetura do Protégé é ilustrada na figura 5. A interface do usuário é definida pelos *plug-ins* e *slots* que fazem a interface frente à base de conhecimento definida pelo Protégé, representada pelo núcleo do mesmo que faz a comunicação com a base de armazenamento que podem ser em formato de banco de dados ou arquivos.

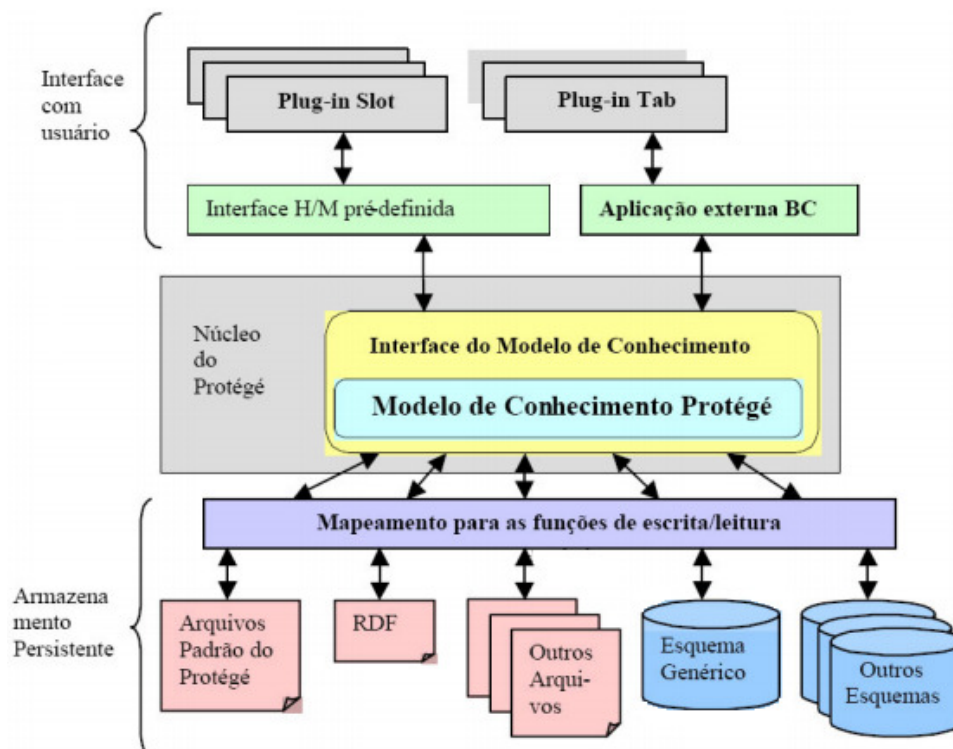


Figura 5 – Estrutura do Editor Protégé.

Fonte: PROTÉGÉ USER GUIDE (2009).

A estrutura do Protégé está dividida em: interface com o usuário, núcleo do Protégé e armazenamento persistente. Essa arquitetura ajuda no crescimento da ferramenta, pois novos módulos são desenvolvidos preocupando-se somente com o módulo que se deseja, seja uma nova base de dados de armazenamento persistente ou um novo plug-in de interface com os usuários.

A ferramenta suporta o desenvolvimento iterativo, com ciclos de revisão da ontologia. Por consequência, os desenvolvedores não devem esperar a conclusão da ontologia sem considerar alguns aspectos do processo. Esses aspectos são sugeridos a partir de passos documentados no Guia online Protégé (2009) e servem para evitar alguns problemas possíveis no desenvolvimento de ontologias. Segue um breve resumo dos passos recomendados (PROTÉGÉ USER GUIDE, 2009):

- a) 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.
- b) Construir uma ontologia inicialmente pequena, com classes e atributos.

- c) 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.
- d) 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.
- e) Customizar os formulários de acordo com as necessidades e, se preciso retornar a edição da ontologia.
- f) Expandir a base de conhecimento com especialidade no domínio modelado para testar as aplicações desejadas.
- g) Testar a aplicação com os usuários finais. Esta etapa pode conduzir a
- h) Revisões adicionais da ontologia.

A plataforma Protégé possui duas principais formas de modelagem de ontologias (PROTÉGÉ USER GUIDE, 2009):

- a) Editor de Frames do Protégé: permite ao usuário construir e preencher ontologias que são baseadas em frames de acordo com o protocolo OKBC (*Open Knowledge Base Connectivity*). Neste modelo, uma ontologia consiste em um conjunto de classes organizadas em uma classificação hierárquica para representar os conceitos importantes de um domínio, um conjunto de slots associados com as classes para descrever suas propriedades e relacionamentos, e um conjunto de instâncias destas classes - exemplares individuais dos conceitos que contém valores específicos para as suas propriedades.
- b) Editor OWL do Protégé: permite aos usuários construir ontologias para a Web Semântica, em especial utilizando a linguagem OWL especificada pela W3C. Uma ontologia desenvolvida em OWL pode incluir descrições de classes, propriedades e suas instâncias. Dada uma determinada ontologia, a semântica formal da OWL especifica como

derivar suas consequências lógicas, isto é, fatos que não estão explicitamente presentes na ontologia, mas conferida pela semântica.

2.2.3 Métodos de Criação

Qualquer que seja o método escolhido para o processo de construção de ontologias, a etapa de conceptualização, que constrói um modelo conceitual, e a etapa de formalização, que constrói um modelo formal, sempre estarão presentes (CANTELE, 2004). Na sequência serão demonstrados alguns métodos referenciais para construção de ontologia.

2.2.3.1 BERNERAS *ET AL.*

Esta metodologia está condicionada à aplicação. Desta maneira, a aplicação e a ontologia são desenvolvidas ao mesmo tempo (BERNERAS *et al.*, 1996). As fases para construção da ontologia são:

- a) Especificação da aplicação: definir uma lista de termos e tarefas;
- b) Desenvolvimento preliminar baseado nas categorias ontológicas de relevância: utilizar a lista de termos e tarefas como entrada, a fim de obter visões globais do modelo.
- c) Refinamento e estruturação da ontologia: definição de uma ontologia definitiva. Os módulos não devem ser muito dependentes uns dos outros e devem ser os mais coerentes possíveis, a fim de se obter a máxima homogeneidade de cada módulo. Os componentes da ontologia são criados na fase de especificação da aplicação, pois nesta define-se a lista de termos e tarefas.

2.2.3.2 Methontology

Esta metodologia foi desenvolvida pelo grupo de Inteligência Artificial da Universidade Politécnica de Madri (GOMEZ-PEREZ, 2002), (LÓPEZ *et. al.*, 1997).

A Methontology contempla um conjunto de estágios de desenvolvimento, um ciclo de vida baseado em evolução de protótipos e técnicas para realizar as atividades de planejamento, desenvolvimento e suporte.

Estas etapas estão descritas a seguir, conforme é descrito na figura 6:

- a) Atividades de Gerenciamento de Projeto: planejamento. É a primeira atividade a ser executada. São definidas quais tarefas serão desenvolvidas e a utilização dos recursos é planejada.
- b) Atividades de Desenvolvimento Orientado: inclui especificação, conceptualização, formalização, integração, implementação e manutenção. A especificação define porque a ontologia está sendo construída (utilização e usuários finais). A conceptualização estrutura o domínio de conhecimento em um modelo conceitual. A formalização transforma o modelo conceitual em um modelo formal ou semicomputável. A integração de ontologias busca desenvolver uma nova ontologia a partir de outras já disponíveis. A implementação transforma modelos computáveis em linguagens computacionais. A manutenção executa a manutenção na ontologia quando necessária.
- c) Atividades de Suporte: inclui aquisição de conhecimento, documentação e avaliação. Na aquisição de conhecimento é estudado o conhecimento de um determinado domínio. A documentação é a explicação completa e exaustiva de todos os recursos e fases existentes. Na avaliação são realizadas comparações técnicas das ontologias, relacionadas com software e documentação.

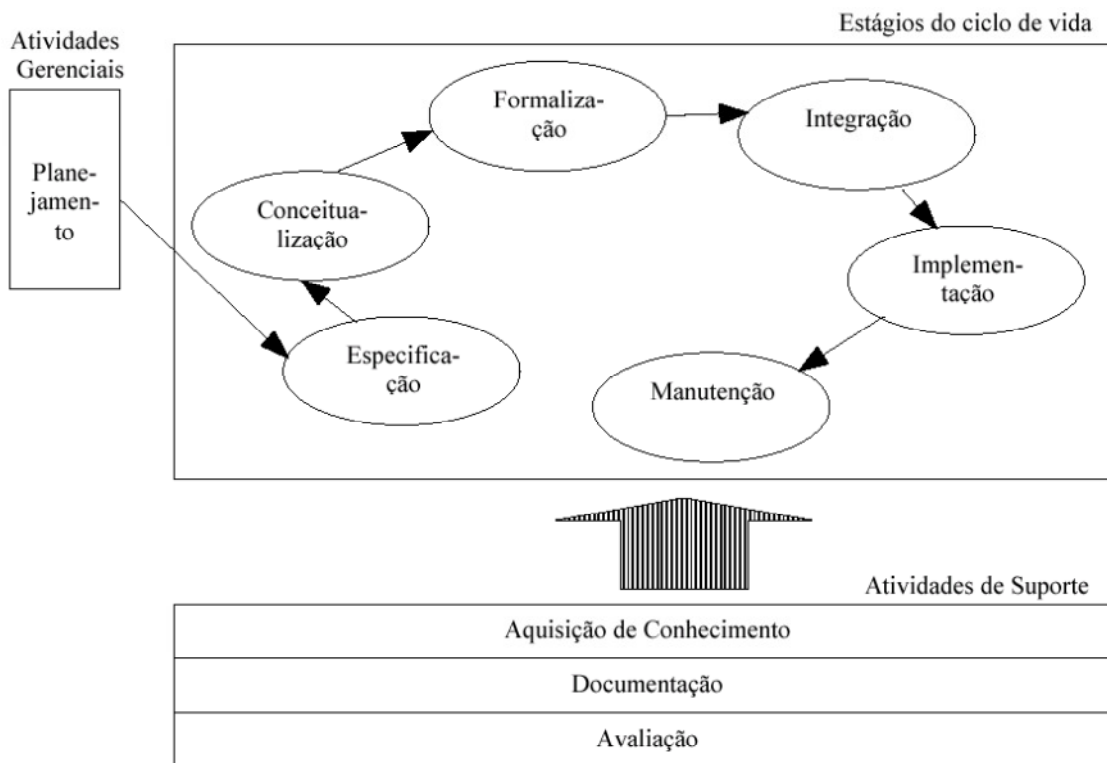


Figura 6 – Visão Geral da metodologia Methontology.

Fonte: Adaptado de FERNÁNDEZ *et al.*,1997

2.2.3.3 GRÜNINGER e USCHOLD

Na visão de Grüninger e Uschold (1996), ontologia é um termo usado para se referir a uma concepção compartilhada de algum domínio de interesse, e pode ser utilizada para unificar o processo de solução de problemas relativos ao domínio em questão. Afirmam que uma ontologia necessariamente incluirá um vocabulário de termos e alguma especificação de seu significado. Esse vocabulário pode ser representado com distintos graus de formalismo, desde o altamente informal, utilizando-se linguagem natural, até o rigorosamente formal, representando-se os termos por meio de teoria lógica.

As etapas da metodologia de Grüninger e Uschold (1996) são descritas a seguir, conforme descrito na figura 7:

- Cenários de motivação: os cenários motivadores são descrições de problemas ou exemplos que não são referenciados adequadamente por

ontologias existentes. Identifica possíveis problemas que demandem uma nova ontologia. A partir destes cenários motivadores, chega-se a um conjunto de soluções possíveis que carregam a semântica informal dos objetos e relações que posteriormente serão incluídos na ontologia.

- b) Questões de competência informais: baseado no cenário, um conjunto de perguntas irá surgir, como por exemplo, quais são as questões que a ontologia deve responder. Elas não são expressas em linguagem formal e são elaboradas com o propósito de auxiliar a análise da ontologia.
- c) Terminologia formal: definição de um conjunto de termos/conceitos, a partir das questões de competência. A terminologia da ontologia deve então ser especificada numa linguagem formal, usando lógica de primeira ordem ou equivalente. Nessa fase a terminologia da ontologia deve então ser especificada numa linguagem formal. Durante os processos de captura e/ou formalização, pode surgir à necessidade de integrar a ontologia em questão com outras já existentes, visando aproveitar conceituações previamente estabelecidas.
- d) Questões de competência formais: são utilizadas as questões de competência informal e a terminologia formal para obtenção das questões de competência descrita em uma linguagem formal.
- e) Axiomas formais: criação dos axiomas, que especificam as definições dos termos e limitações de sua interpretação, descritos em linguagem formal, com o objetivo de definir a semântica dos termos e relacionamentos da ontologia. Os axiomas em uma ontologia podem apresentar duas formas e propósitos diferentes: axiomas de derivação e axiomas de consolidação. Axiomas de derivação são aqueles que permitem explicitar informações a partir do conhecimento previamente existente. Assim, são meios para a dedução e representam consequências lógicas neste processo. Axiomas de consolidação, por sua vez, não são utilizados para derivar informação, mas apenas para descrever a coerência das informações existentes. Neste sentido, não representam consequências lógicas. Se os axiomas propostos não forem suficientes para esse propósito, então conceitos, relações ou axiomas adicionais devem ser introduzidos na ontologia. Por outro lado, axiomas

redundantes ou que não contribuem para responder a uma questão de competência devem ser eliminados. (FALBO, 1998).

- f) Teoremas integrais: Estabelece condições que caracterizem a ontologia como completa através das questões de competência formalmente descritas e define soluções para que as questões de competência sejam completas. Essa etapa se mantém praticamente inalterada de acordo com sua definição no processo de construção de ontologias. O método de McCain (ARANGO, 1994) para análise de domínio dá uma forte ênfase na ideia de que, uma vez produzido, o modelo do domínio deve passar por uma fase chamada análise de domínio orientada a componentes, na qual sofrerá algumas modificações a fim de maximizar sua facilidade de integração e minimizar o seu custo de adaptação.

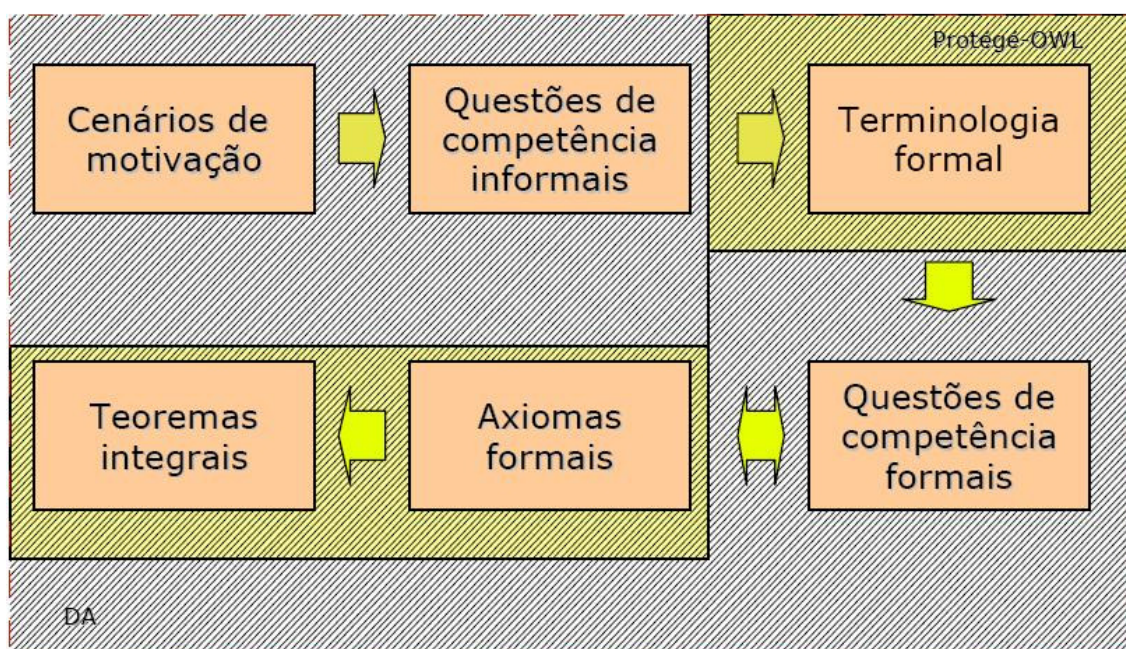


Figura 7 – Visão Geral da metodologia de Grüninger e Uschold.

Fonte: Adaptado de GRÜNINGER e USCHOLD (1996)

Grüninger e Uschold (1996) ainda identificam diferentes categorias de uso para as ontologias:

- a) Comunicação entre pessoas e organizações, com diferentes necessidades e pontos de vista de um contexto particular, através da redução da ambiguidade.

- b) Interoperabilidade entre sistemas, incluindo sistemas multiagentes, unificando linguagens de representação, bases de conhecimento e ferramentas utilizadas.
- c) Engenharia de software, na especificação, manutenção e reuso.

De uma maneira geral, as ontologias são especialmente úteis na gerência do conhecimento para recuperação da informação, pois unificam termos, conceitos, categorias e relações de um mesmo domínio, permitindo o reuso.

2.2.3.4 GRÜNINGER e FOX

A fase de formalização da metodologia de Grüninger e Fox (1995) pode ser dividida em dois passos:

- a) Formalização das questões de competência a partir da terminologia formal concebida na fase de modelagem conceitual.
- b) Especificação dos axiomas formais para representar e resolver as questões de competência, proporcionando, deste modo, semânticas declarativas à ontologia.

Após o levantamento das questões de competência informal na fase de especificação de requisitos e definição da terminologia formal ou conceptualização na fase de modelagem, as questões de competência são definidas formalmente como um vínculo de problemas consistentes em relação aos axiomas na ontologia (GRÜNINGER E FOX, 1995). Para tal, criam-se regras descritas em linguagem formal, a fim de definir semanticamente as sentenças envolvidas nas questões.

Segundo Grüninger e Fox, todos os termos nas sentenças das questões de competência formal devem ser incluídos na terminologia da ontologia, de forma a estabelecer um vínculo entre a ontologia e as questões que ela precisará resolver.

Grüninger e Fox (1995) salientam que os axiomas são especialmente importantes para a definição da semântica dos termos contidos na ontologia, pois determinam as regras para sua interpretação. Segundo os autores, uma ontologia pode ser considerada distinta por

sua capacidade de representar e resolver um conjunto de diferentes questões de competência em relação a outras ontologias.

Outra atividade que se cabe à fase de formalização é a declaração dos axiomas para especificar as definições semânticas dos termos na ontologia e restrições em suas interpretações. Os autores destacam que a especificação dos axiomas ainda não consiste na implementação da ontologia, e sim em uma especificação da mesma.

2.2.3.5 Kactus

A ênfase do projeto europeu Esprit Kactus está na organização de bases de conhecimento que podem ser compartilhadas e reusadas em diferentes sistemas baseados em conhecimento. Para tal, utiliza ontologias de domínio (SCHREIBER, WIELINGA e JANSWEIJER, 1995) para organizar o conhecimento independente da aplicação de software que será construída.

Baseando-se no projeto Kactus, Amaya Bernaras e colegas (BERNARAS, LARESGOITI e CORERA, 1996) investigaram a viabilidade da reutilização do conhecimento em sistemas de complexidade técnica, como o domínio de redes elétricas, e o papel das ontologias como suporte a tais sistemas. Tal investigação resultou em um método de construção de ontologias, cujos processos envolvidos estariam condicionados ao desenvolvimento da aplicação, ou seja, toda vez que uma aplicação fosse construída, a ontologia, que representa o conhecimento necessário para a aplicação, seria refinada.

A seguir são apresentados os processos propostos no método Kactus a partir das categorias especificação de requisitos, modelagem conceitual e integração:

- a) Especificação de requisitos: essa fase contempla a especificação da aplicação que consiste em produzir um contexto para a mesma e uma visão dos componentes que serão necessários de serem modelados em tal aplicação. O resultado da fase é uma lista de necessidades ou requisitos que precisam ser atendidos pela aplicação.
- b) Modelagem Conceitual: tendo desenvolvida a lista de requisitos, o próximo passo seria identificar os termos relevantes para o domínio da aplicação a partir de tais requisitos. Posteriormente, em função dos

termos identificados e das necessidades especificadas poderias construir um modelo preliminar, obtendo-se várias visões do modelo global em conformidade com categorias relevantes de alto nível ontológico, por exemplo, conceito relação e atributo.

- c) Integração: para a construção do projeto preliminar na fase de modelagem, o método propõe buscar por ontologias já desenvolvidas por outras aplicações no sentido de reutilização das mesmas. As ontologias reutilizadas demandariam refinamento e extensão para serem usadas na nova aplicação. A figura 08 mostra um exemplo de reutilização de ontologias de aplicações diferentes. A imagem de interseção precisaria ser refinada e estendida de acordo com as características do domínio da aplicação. Caso não seja possível a utilização de ontologias já existentes, o método indica a construção da ontologia a partir do esboço para posterior refinamento e estruturação da mesma.

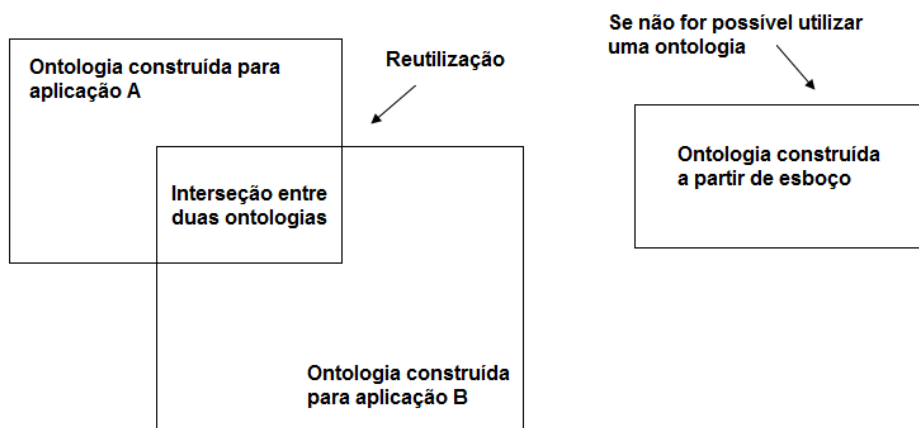


Figura 8 – Projeto do Modelo de aplicação do método Kactus.

Fonte: Adaptado de FERNANDEZ, GOMEZ-PEREZ e CORCHO (2004).

2.2.3.6 Método 101

O método 101 foi concebido por Natalya F. Noy e Deborah L. McGuinness (NOY e McGUINNESS, 2001) a partir da experiência no desenvolvimento da ontologia de vinhos e alimentos, utilizando o ambiente de edição de ontologias Protégé-2000 (HORRIDGE *et al.*, 2004). Eles propõem um guia simples baseado num processo iterativo que ajuda os desenvolvedores, mesmo que não sejam especialistas em Engenharia de Ontologias, a criarem uma ontologia usando estas ferramentas.

A sequência de passos para desenvolver uma ontologia usando essa metodologia é resumida a seguir:

- a) Escolha do domínio e escopo da ontologia: determinação de quais perguntas a ontologia deverá responder. Perguntas de competência são muito importantes nesse domínio, elas permitem que o desenvolvedor entenda quando a ontologia contém informação suficiente e quando ela possui o nível esperado de detalhes ou representação.
- b) Reutilização de ontologias existentes: procura por ontologias que definem o domínio.
- c) Enumeração dos termos importantes na ontologia: lista de todos os termos usados na ontologia e descreva esses termos, seus significados e suas propriedades.
- d) Definição das classes e hierarquias de classes: a definição da hierarquia das classes pode seguir a abordagem *top-down* (especialização dos conceitos), *bottom-up* (abstração dos conceitos) ou *middle-out* (uma abordagem híbrida, mais comum durante processos criativos).
- e) Definição das propriedades das classes: todas as propriedades e informações necessárias são adicionadas para que a ontologia responda as perguntas de competência.
- f) Definição das restrições das propriedades: os valores permitidos para cada propriedade, sua cardinalidade, seu domínio e seu alcance são definidos.
- g) Criação de instâncias: instâncias das classes na hierarquia são criadas.

2.2.4 Comparativo entre métodos para criação de ontologias

Existe uma variedade de estratégias para desenvolvimento de ontologias, comprovando a hipótese de que grupos diferentes apresentam abordagens e características diversas, sendo direcionadas a diferentes propósitos e aplicações (FERNÁNDEZ *et al.*, 1999).

A partir das informações dispostas na tabela 1, chegou-se a algumas considerações sobre os métodos analisados para construção de ontologias.

Tabela 1 – Comparativo entre métodos para criação de ontologias.

Fonte: Adaptado de SILVA (2008).

| Fases do ciclo de vida | Berneras <i>et al.</i> | Methontology | Grüninger e Uschold | Grüninger e Fox | Kactus | Método 101 |
|-----------------------------|--|--|---------------------------------------|---|---|---|
| Especificação de Requisitos | Ausente | Definição do escopo da ontologia | Determinar o propósito da ontologia | Questões de competência informal | Lista de requisitos | Questões de competência informal |
| Modelagem Conceitual | Codificação e extração do conhecimento | Métodos para construção da conceitualização da ontologia | Construção do vocabulário consensual | Concepção da terminologia formal | Reuso de conhecimento de ontologias de alto nível | Definição de classes, slots, facetas e instâncias |
| Implementação | Codificação e Extração do conhecimento | Critérios para escolha de ferramentas | Critérios para escolha de ferramentas | Linguagem Prolog | Ausente | Ausente |
| Integração | Integração com ontologias existentes | Documento de integração com meta ontologias | Integração com ontologias existentes | Integração a ontologias de núcleo comum | Busca por ontologias já desenvolvidas | Considera reutilização de ontologias |
| Avaliação | Ausente | Verificação e Validação | Questões de competência | Teoremas completos | Ausente | Ausente |
| Documentação | Ausente | Documentação em cada fase | Primitivas e pretensões | Ausente | Ausente | Via Protégé |

No contexto das ontologias, algumas abordagens seguem um modelo de ciclo de vida, outras não. Nesse quesito, a que mais se destaca é a Methontology por ser praticamente completa em relação a um ciclo de desenvolvimento, não propondo apenas a fase de pré-desenvolvimento.

Em relação a detalhes das atividades e dos procedimentos para sua condução, algumas metodologias e métodos mostram-se superficiais na elucidação dos passos para construção de ontologias. É o caso dos métodos Berneras, Kactus e Método 101, os quais parecem considerar que o ontologista já domina o assunto sobre construção de ontologias e não necessita de detalhes acerca de atividades e procedimentos envolvidos. Já a Methontology se destaca por fornecer, na maioria das vezes, detalhes de como proceder na condução de uma dada atividade.

López (1999) destaca que a metodologia proposta por Grüninger e Fox constrói um modelo lógico de conhecimento especificado por meio da ontologia. Esse modelo não é construído diretamente. Primeiro, é feita uma descrição informal das especificações a serem cumpridas pela ontologia e, em seguida, essa descrição é formalizada.

A metodologia proposta por Grüninger e Uschold possui algumas vantagens como identificar o porquê da construção da ontologia, as suas intenções de uso e identificar conceitos e relacionamentos do domínio de interesse para produzir uma definição precisa dos mesmos. Também é visto como uma vantagem a possibilidade de codificar a ontologia em uma linguagem formal e a integração da nova ontologia com as ontologias existentes.

A principal desvantagem dessa metodologia é que ela não descreve de uma forma precisa as técnicas para execução das diferentes atividades. O nível de detalhamento da metodologia é muito pequeno, oferecendo princípios gerais muito vagos.

A criação de uma ontologia se torna problemática por exigir um grande esforço de profissionais especializados, pois somente estes têm o conhecimento adequado do domínio que está tentando ser formalmente representado. Embora existam ferramentas que auxiliem neste processo, ainda é tarefa dos especialistas selecionar os documentos de treino e relacionar os termos mais relevantes e suas ponderações. Por fim, o profissional necessita revisar a ontologia gerada, procurando por erros ou ambiguidades.

Por ser uma tarefa extremamente trabalhosa, muitas pessoas esquecem de adotar uma metodologia adequada, partindo direto para a implementação sem antes adquirir conhecimento sobre o domínio, o que gera os seguintes problemas (FALBO, 1998):

- a) O código da implementação acaba descrevendo os modelos conceituais da ontologia.
- b) Baixa reusabilidade, pois a estruturação da ontologia e as decisões de projeto ficam implícitas no código.
- c) Nem sempre o especialista do domínio da ontologia é capacitado para entender o código da implementação, podendo gerar problemas de comunicação. Isto deve ser evitado, pois ele tende a ser a principal fonte de informação sobre o domínio.
- d) A passagem da aquisição de conhecimento para a implementação ocorre de maneira repentina, gerando dificuldade para o desenvolvimento de ontologias mais complexas.

- e) A linguagem escolhida pode limitar a capacidade de descrição conceitual do domínio da ontologia.

Na seção a seguir, será abordada a interoperabilidade entre os sistemas, seus níveis de informação e as soluções propostas para esse tipo de problema.

2.3 INTEROPERABILIDADE SEMÂNTICA

Define-se interoperabilidade como sendo a capacidade de sistemas computacionais operarem e cooperarem mesmo na presença de diferentes representações de dados e protocolos de comunicação (CAFEZEIRO, 2008). Segundo Lichun Wang (2005), interoperabilidade determina se dois componentes de um sistema, desenvolvidos com ferramentas diferentes, de fornecedores diferentes, podem ou não atuar em conjunto. Para BISHR (1997), interoperabilidade é a capacidade que um sistema possui de compartilhar e trocar informações em aplicações.

Segundo Lichun Wang (2008), interoperabilidade é a habilidade de dois ou mais sistemas (computadores, meios de comunicação, redes, software e outros componentes de tecnologia da informação) de interagir e de intercambiar dados de acordo com um método definido, de forma a obter os resultados esperados.

A interoperabilidade de tecnologia, processos, informação e dados é condição vital para o provimento de serviços de qualidade. A interoperabilidade entre os mais variados sistemas autônomos permite operar em colaboração, aumentando a produtividade e reunindo esforços, rumo ao objetivo da qualidade total nas organizações. Além disso, ela oferece condições de racionalizar investimentos em Tecnologia da Informação, por meio do compartilhamento, reuso e intercâmbio de recursos tecnológicos (CUNHA, 2005).

A interoperabilidade, que já chamava atenção dos profissionais da computação, passou a representar um ponto crucial após o advento da internet, que acelerou o intercâmbio de informações e eliminou fronteiras antes intransponíveis (CAFEZEIRO, 2008). Os problemas atuais da informática e do uso da Internet são muito mais uma consequência de uma evolução extremamente rápida, e por isso não ordenada, do que de uma falta de tecnologia para resolvê-los.

Nas últimas décadas ocorreu um desenvolvimento sem precedentes dos sistemas de informação. Esta grande evolução levou pouquíssimo tempo e, por isso, não pôde ser planejada em seus detalhes. Ela foi ocorrendo na medida em que as empresas e as pessoas se adaptavam à nova realidade (CAMPOS, 2006).

Diante destas evoluções, o desenvolvimento de sistemas se tornou uma encruzilhada tecnológica. Dispomos de uma infraestrutura nunca antes imaginada, mas ainda não dispomos de sistemas que utilizem todo este potencial. Sistemas que se possa integrar com outros que já foram desenvolvidos utilizando produtos tecnológicos distintos, plataformas e arquiteturas até então incompatíveis (CAMPOS, 2006).

Para que as informações disponíveis sejam utilizadas pelos diferentes sistemas é necessário, em um primeiro momento, que estas sejam localizadas, acessadas e processadas por tais sistemas. Em um segundo momento, devido à sua heterogeneidade estrutural e semântica, a compatibilidade de seu conteúdo deve ser realizada (MOREIRA, 2003). Para auxiliar a satisfazer essas necessidades, com um esforço computacional reduzido, acredita-se que uma possível solução seja o uso de padrões e convenções (BURANARACH, 2001). Para que um sistema seja considerado interoperável é muito importante que ele trabalhe com padrões abertos. Seja um sistema de portal, seja um sistema educacional ou ainda um sistema de e-commerce.

Interoperabilidade não é somente integração de sistemas nem somente integração de redes. Não referencia unicamente troca de dados entre sistemas e não contempla simplesmente definição de tecnologia. É, na verdade, a soma de todos esses fatores, considerando também a existência de um legado de sistemas e plataformas de hardware e software instalados. Parte de princípios que tratam da diversidade de componentes, com a utilização de produtos diversos de fornecedores distintos. Tem por meta a consideração de todos os fatores para que os sistemas possam atuar cooperativamente, fixando as normas, as políticas e os padrões necessários para consecução desses objetivos (SILVA, 2005).

Soluções tradicionais com arquitetura em camadas, dadas para tentar garantir a compatibilidade de informações, são conhecidas na área de banco de dados como, por exemplo, soluções que fazem uso de mediadores e conversores. No entanto, essas soluções funcionam bem apenas em um universo onde existam os mesmos tipos de estruturas para o armazenamento de informações e estas sejam previamente conhecidas (FELÍCISSIMO, 2004).

Por exemplo, quando uma empresa precisa realizar negócios eletronicamente com outras empresas ou com a administração pública, a complexidade aumenta em razão da

necessidade de integração de sistemas de software, onde ocorre a troca de diferentes tipos de informação. Esse problema é denominado “barreira de interoperabilidade”, que consiste na dificuldade da empresa em prover informação num formato inteligível aos seus parceiros (ARMS, 2002).

Uma forma de solucionar esse problema é realizar o mapeamento baseado na semântica. Por exemplo, conceitos como "Rua", "Bairro", "Cidade" podem compor um ativo semântico, e serem agrupados numa entidade semântica denominada “Endereço”, a qual é associada ao conceito, bem definido, endereço. O processo de mapeamento é baseado em ontologias, que são usadas para definir e ligar os ativos semânticos. A ligação com a sintaxe original é realizada de forma transparente ao usuário. Se as empresas adotarem a mesma ontologia como referência, o processo de mapeamento pode ser realizado de forma mais natural, baseado no significado dos conceitos. Essa técnica faz parte da solução denominada interoperabilidade semântica, onde os ativos semânticos e mapeamentos podem ser reusados e compartilhados (ARMS, 2002).

Entende-se por interoperabilidade semântica a capacidade de dois ou mais sistemas heterogêneos e distribuídos trabalharem em conjunto, compartilhando as informações entre eles com entendimento comum de seu significado. É o significado ou semântica das informações de diferentes origens, é solucionada através de ferramentas comuns de representação da informação, como classificação e ontologias (BURANARACH, 2011).

A interoperabilidade semântica pode ser entendida como a capacidade de um sistema se comunicar com outros sistemas, compartilhando dados ou invocando processos comuns, independentes de sua plataforma, arquitetura, linguagem de programação ou sistema operacional (GALUPPO, 2004).

Alcançar a interoperabilidade semântica significa solucionar o problema da heterogeneidade semântica, que é um dos maiores desafios encontrados na tarefa de construir a integração de sistemas de informação. Basicamente, esta dificuldade se deve ao fato de que mudanças de significado ocorrem, tanto internamente a um contexto no decorrer do tempo, como por alterações de contexto em diferentes domínios, e conseqüentemente resultam em diferentes modelos de informação. Isto conduz a vários tipos de incompatibilidades, tais como estrutural, de representação e conceitual (ARMS, 2002).

A interoperabilidade entre os sistemas de informação implica em sua habilidade de trocar e utilizar os dados de forma correta e eficiente. A prática da interoperabilidade semântica envolve o uso de técnicas de integração de informações, cujo foco não é somente a

entrega da informação pela simples troca de mensagens. Ela abrange também o significado da informação, tanto no contexto do remetente (ou provedor), quanto do destinatário (ou consumidor) da mensagem (BAIRD, 2007).

Além disso, é importante considerar o uso da informação no contexto das aplicações que realizam transformações nos dados e retransmitem a informação logo em seguida (PAPAZOGLU e RIBBERS, 2006). Assim, a interoperabilidade semântica levanta questões relacionadas não só à criação, formatação e representação da informação, mas também a como essa informação é interpretada e utilizada pelas diferentes entidades que cooperam entre si.

Para um exemplo simples de falta de interoperabilidade semântica vamos considerar o termo tanque. Em um sistema de informação usado em um contexto militar, geralmente se refere a um tipo de veículo blindado. Em um sistema de informação usado para armazenar informações sobre equipamentos zoológicos, o termo tanque se refere a um tipo de recipiente que pode armazenar água e servir de habitat para peixes. Agora, supomos que tanto o sistema de informação sobre veículos blindados e o sistema de informação sobre equipamentos zoológicos são usados em uma base militar e que a informação dos dois sistemas estão a interagir com um sistema de gestão de base em toda a instalação. Neste caso, a interpretação do termo tanque não é tão óbvia (MARK, 1999).

O uso de ontologias é uma das possibilidades mais promissoras para garantir a interoperabilidade semântica de aplicações Web. Isto porque é a convenção adotada para expressar as informações explícitas e implícitas destas aplicações de forma estruturada, além de fornecer um vocabulário comum com uma semântica bem definida (FELICÍSSIMO, 2004).

Para que informações oriundas de ontologias diferentes sejam utilizadas, é necessário prever mecanismos eficientes, capazes de suportar os diversos níveis de interoperabilidade (FELICÍSSIMO, 2004). Os diferentes níveis são vistos a seguir:

- a) Nível 0: sistemas não interoperam.
- b) Nível 1: nível de interoperabilidade técnica. Existe um protocolo de comunicação para troca de dados entre os sistemas participantes.
- c) Nível 2: o nível de interoperabilidade sintática apresenta uma estrutura comum para troca de informações, ou seja, um formato comum de dados é aplicado. A este nível, um protocolo comum para a estrutura de dados é utilizado e o formato do intercâmbio de informações é claramente definido.

- d) Nível 3: se um modelo comum de informação de referência é usado, o nível de interoperabilidade semântica é alcançado. Neste nível, o significado dos dados é compartilhado e os conteúdos dos pedidos de troca de informações estão claramente definidos.
- e) Nível 4: a interoperabilidade é alcançada quando os sistemas interoperáveis estão cientes dos métodos e procedimentos que cada sistema está empregando. Em outras palavras, o uso dos dados, ou o contexto de sua aplicação, é entendida pelos sistemas participantes; o contexto no qual a informação é trocada é claramente definido.
- f) Nível 5: o modelo conceitual e as restrições estão alinhados, o mais elevado nível de interoperabilidade é alcançado: a interoperabilidade conceitual. Isso exige que os modelos conceituais sejam documentados com base em métodos de engenharia que permitam a sua interpretação e avaliação por outros engenheiros. Ou seja, isso requer uma documentação completa para registro dos dados.

Os principais paradigmas utilizados para modelar os mapeamentos entre o esquema integrado e a fonte de dados são GaV e LaV.

Na abordagem GaV (*Global as View*), regras definem as relações do esquema mediado em função dos esquemas de origem, e assim as consultas vêem as fontes de dados como um todo (BUSSE *et.al*, 1999). Ou seja, um esquema global deve ser expresso em termos das fontes de dados. Cada elemento do esquema global é associado com uma visão (consulta) sobre as fontes de dados. As consultas relacionam um elemento do esquema global para uma consulta no esquema local (FAGIN *et.al*, 2005).

Na abordagem inversa, conhecida como LaV (*Local as View*), as relações das fontes de dados são definidas como expressões sobre as relações do sistema mediado, de maneira independente das fontes de dados, ou seja, as consultas veem os esquemas locais (BUSSE *et.al*, 1999). Segundo Fagin (2005), as consultas relacionam um elemento do esquema local com uma consulta sobre o esquema global. Isso facilita a inserção de novas fontes de dados ou a alteração das existentes.

A abordagem LaV permite que cada fonte de dados seja modelada de maneira independente. Novas fontes podem ser adicionadas ou modificadas sem ter que alterar o modelo integrado (AMBITE *e.t al*, 2001). Porém, o esquema integrado deve conter todos os atributos compartilhados por múltiplas relações, a não ser que estes não sejam do interesse da

aplicação de integração (FRIEDMAN *et.al*, 1999). Outra desvantagem é que a reformulação de consultas é complexa.

A abordagem GaV permite que as fontes requisitadas para prover os dados para uma específica classe de informação possam ser determinadas simplesmente buscando na definição do domínio da classe (AMBITE *et. al*, 2001). A grande desvantagem é a dificuldade de construir e manter o modelo integrado. As relações do esquema mediado devem conter todas as relações presentes nas fontes de dados, ou então consultas conjuntivas sobre elas (FRIEDMAN *et.al*,1999), ou seja, consultas que correspondam a elementos de pelo menos uma das fontes. Como o sistema é dependente dos esquemas, alterações nos esquemas reais tornam complexa a manutenção dos mapeamentos entre o esquema global e os esquemas reais.

O paradigma GLaV (*Global and Local as View*), proposto em Friedman (1999), combina o poder de expressão dos paradigmas acima, permitindo definições de esquemas mais flexíveis e independentes de detalhes particulares das fontes de dados. Outra proposta híbrida é exibida por Ambite *et al.* (2001). Segundo os autores, “combina a flexibilidade do paradigma LaV com a eficiência em tempo de execução do processamento de consulta do GaV”. Para Gardarin (2004), “LaV é mais apropriado para combinar uma dada ontologia a um dado domínio, enquanto GaV é mais fácil onde os esquemas já existem”.

Na tabela 2 pode ser visualizado um comparativo entre os modelos GaV e LaV (AMBITE *et.al*, 2001).

Tabela 2 – Comparativo entre modelos GaV e LaV.

Fonte: Adaptado de Ambite (2001).

| GaV | LaV |
|---|---|
| Qualidade do modelo integrado depende da forma como as fontes são compiladas para formar o esquema global | Qualidade do modelo integrado depende de qual bem os mapeamentos para as fontes são especificados |
| Se uma fonte muda ou uma nova é adicionada, o esquema global precisa ser refeito | Modelo é modular e extensível |
| Processamento de consultas é desdobrado (reformulação de consultas é fácil) | Processamento de consulta precisa de inferência (reformulação de consultas mais complexa) |

Para Arms (2002), o objetivo da interoperabilidade é desenvolver serviços coerentes para os usuários, a partir de recursos informacionais que são tecnicamente

diferentes e gerenciados por diferentes organizações. Isto requer acordos de cooperação em três níveis:

- a) Técnico: proporciona a interoperabilidade tecnológica, onde há o intercâmbio coerente de informações e serviços entre sistemas.
- b) Conteúdo: remete a interoperabilidade semântica, onde a representação e organização do conhecimento são as áreas chaves a serem estudadas.
- c) Organizacional: refere-se à interoperabilidade política, quando organizações se reúnem com o intuito de alcançar a interoperabilidade, implementando padrões e tecnologias que cooperem com este objetivo.

Podem-se aplicar diversos mecanismos para realizar a interoperabilidade de ontologias. Segundo Maedche *et al.* (2002), são apontadas quatro abordagens distintas com esse propósito:

- a) Combinação: tem-se como resultado a versão das ontologias originais combinadas em uma ontologia única, com todos seus termos juntos e sem a definição clara de suas origens. Normalmente as ontologias originais descrevem domínios similares ou de sobreposição. No exemplo da figura 9 têm-se duas ontologias “O1” e “O2”, onde seus conceitos são combinados gerando uma ontologia “O”, com os conceitos carro da ontologia “O1” e veículo da ontologia “O2” representados.

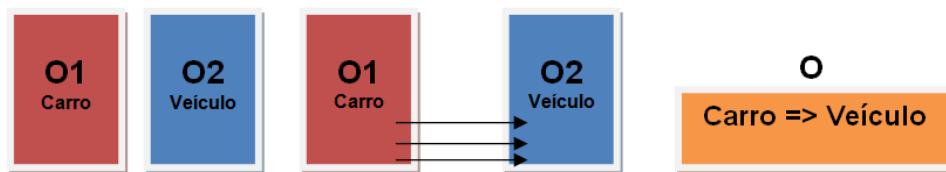


Figura 9 – Combinação de Ontologias.

Fonte: Adaptado de MAEDCHE (2002).

- b) Alinhamento: tem-se como resultado as duas ontologias originais separadas, mas a estas são adicionadas ligações entre seus termos equivalentes. Estas ligações permitem que as ontologias alinhadas

reusem informações umas das outras. O alinhamento normalmente é realizado quando as ontologias são de domínios complementares. No exemplo da figura 10 têm-se duas ontologias “O1” e “O2”, onde seus conceitos são alinhados gerando duas ontologias, uma com informações do conceito carro de “O1” alinhado ao conceito veículo de “O2” e outra com o conceito veículo de “O2” alinhado com o conceito de carro de “O1”.

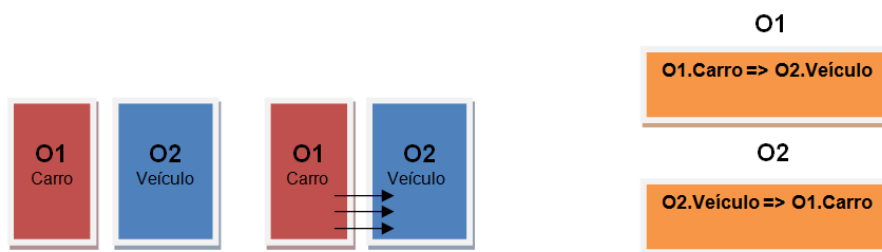


Figura 10 – Alinhamento de Ontologias.

Fonte: Adaptado de MAEDCHE (2002).

- c) Mapeamento de ontologias: tem-se como resultado uma estrutura formal com expressões que ligam os termos de uma ontologia aos termos de outra ontologia. Este mapeamento pode ser usado para transferir instâncias de dados, esquemas de integração e de combinação e outras tarefas similares. No exemplo da figura 11 têm-se duas ontologias “O1” e “O2”, onde seus conceitos são mapeados gerando um arquivo com as informações do mapeamento realizado entre os conceitos carro de “O1” e o conceito veículo de “O2”. Nas ontologias “O3” e “O4” têm-se as respectivas instâncias destes conceitos, sendo que as instâncias do conceito carro da ontologia “O1” serão transferidas (copiadas) como instâncias conceito veículo da ontologia “O2”, fazendo uso das informações de mapeamento geradas.

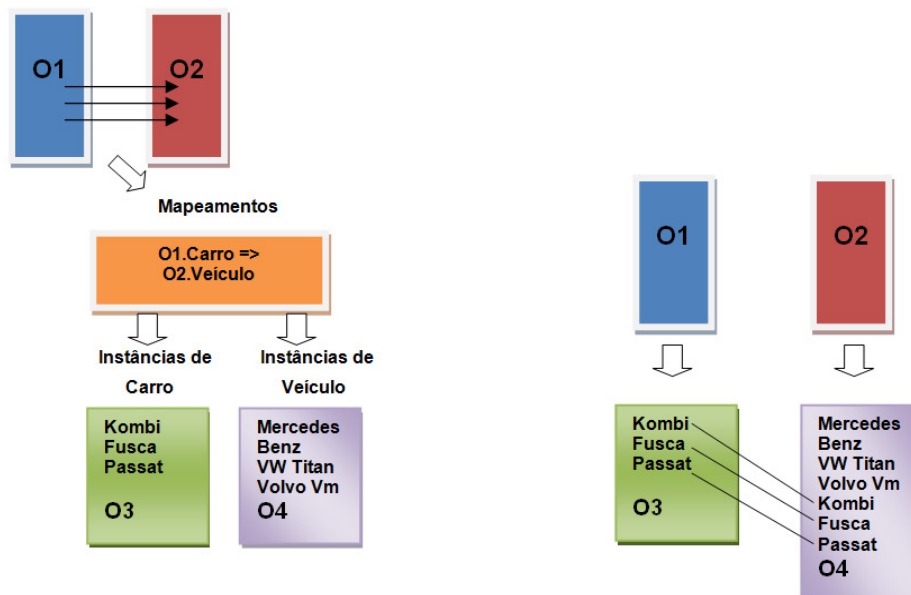


Figura 11 – Mapeamento de Ontologias.

Fonte: Adaptado de MAEDCHE (2002).

- d) Integração: é realizado na construção das ontologias utilizando o processo de combinação de várias ontologias, tendo como resultado final uma única ontologia que representa todas que sofreram a fusão. No exemplo da figura 12, têm-se duas ontologias, cujos conceitos são integrados gerando uma ontologia “O”, onde os conceitos de carro de “O1” e veículo de “O2” são representados com a indicação de suas origens.

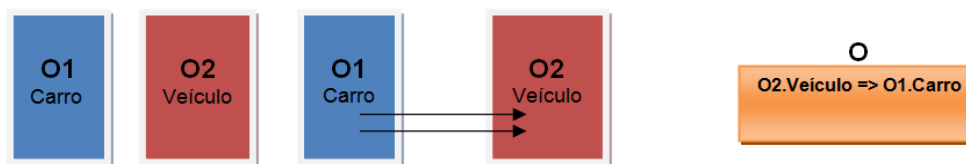


Figura 12 – Integração de Ontologias.

Fonte: Adaptado de MAEDCHE (2002).

2.4 MAPEAMENTO DE ONTOLOGIAS COMO ESTRATÉGIA DE INTEROPERABILIDADE

Há um crescente uso das ontologias para formalizar conhecimentos em diversos grupos (acadêmicos, industriais e outros) ao redor do mundo. Porém, quando estes grupos tentam se comunicar (através de aplicações ou sistemas que trocam informações, ou alguma outra forma de troca de dados) surge um grande problema, que é a diferença entre os conceitos (LEITE, 2007).

De maneira mais específica, as ontologias são empregadas com o intuito de resolver problemas relacionados à heterogeneidade semântica entre os dados, sendo usadas para explicitar a semântica das fontes.

Uma das dificuldades no desenvolvimento de sistemas de integração está relacionada às heterogeneidades existentes entre as fontes. Segundo Cruz (2005), existem três tipos de heterogeneidades:

- a) Sintática: uso de diferentes modelos de dados ou linguagens.
- b) Estrutural: divergências entre as estruturas dos dados.
- c) Semântica: interpretações divergentes entre os dados.

O advento da linguagem XML trouxe à Web um padrão de troca de dados, que possibilita eliminar divergências sintáticas. Porém, as heterogeneidades estruturais e semânticas persistem. Neste contexto, a adoção de ontologias em sistemas de integração de dados vem crescendo com o objetivo de sanar tais heterogeneidades, visto que uma ontologia é capaz de descrever semanticamente o domínio de interesse. Assim, as ontologias são capazes de representar formalmente as fontes de dados, ou até mesmo fazer o papel de um esquema de integração (CRUZ, 2005).

O mapeamento, por sua vez, é construído de acordo com diversas abordagens ou estratégias computacionais, que vão desde o uso de algoritmos, para identificar relações candidatas, até uma variedade de técnicas com o objetivo de estabelecer a proximidade de dois conceitos, baseadas na estrutura hierárquica da ontologia e a denominação (forma verbal) dos seus conceitos. Ou seja, é representado por um conjunto de regras ou procedimentos que estabelecem de que forma os conceitos de uma ontologia devem corresponder aos da outra (PREDOIU *et al.*, 2005).

Essas abordagens, de modo geral, adotam duas estratégias básicas: ou comparam as ontologias diretamente, uma com a outra (um para um), ou fazem uso de uma ontologia de referência, que serve de base para o estabelecimento do grau de similaridade dos conceitos.

Segundo Grüninger (2005), em todos os tipos de comunicação, a capacidade de compartilhar informações é muitas vezes prejudicada porque o significado da informação pode ser drasticamente afetado pelo contexto em que ele é visto e interpretado. Isto ocorre especialmente nos processos de fabricação dentro das indústrias, por causa da crescente complexidade de informações de produção e da crescente necessidade de troca de dados entre as diversas aplicações de software.

Para integrar aplicações de softwares, podem surgir dificuldades consideráveis em traduzir informações de uma aplicação para o outro, porque as aplicações podem usar terminologias e representações do domínio diferentes. Por exemplo, um projeto de engenharia simultânea pode exigir a troca de informações de setores da Fabricação, Design e Gerenciamento do Processo, conforme é mostrado na figura 13.

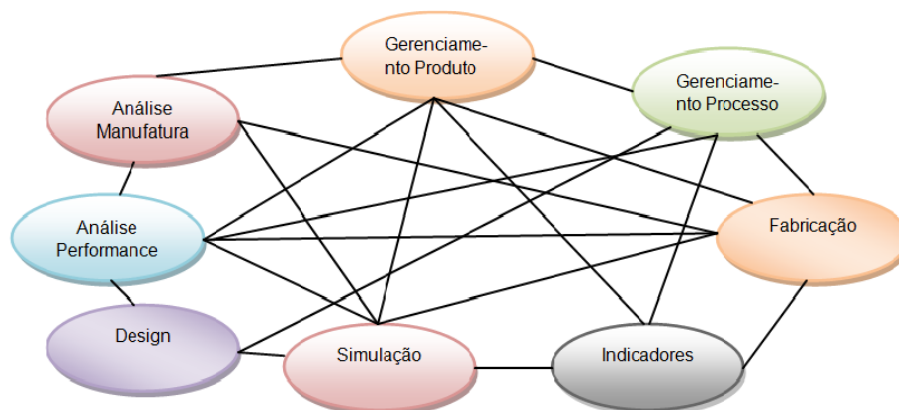


Figura 13 – Troca de informações entre sistemas em um projeto de engenharia simultânea.

Fonte: Adaptado de GRUNINGER (2005).

Para enfrentar esses desafios, vários grupos dentro da indústria, governo e pesquisadores propõe a utilização da ontologia para a solução dos problemas de interoperabilidade semântica. Ao utilizar esse propósito, é fornecido um vocabulário comum que permite que a troca de informações seja realizada de uma maneira concisa através de uma ontologia de referência, definindo as regras que regulam a combinação entre os termos e as relações, como pode ser visualizado na figura 14.



Figura 14 – Troca de informações entre sistemas em um projeto de engenharia simultânea utilizando uma Ontologia como referência.

Fonte: Adaptado de GRUNINGER (2005).

A necessidade de se integrar dados e serviços disponíveis na Web é cada vez maior, surgindo a oportunidade de se desenvolverem aplicações que tenham a capacidade de lidar com dados provenientes de diversas fontes. Nesse contexto, a adoção de ontologias em sistemas de integração de dados é cada vez mais requisitada no intuito de prover uma visão unificada sobre essas várias fontes de dados e resolver os problemas de heterogeneidade semântica, que surge quando termos diferentes são usados para descrever o mesmo conceito ou quando o mesmo termo é usado para descrever conceitos diferentes (CRUZ, 2005).

Segundo Cruz (2005), o problema de se consultar bases de dados em sistemas geográficos pode ser resolvido através do alinhamento das ontologias que descrevem cada banco de dados. O processo de alinhamento consiste em estabelecer mapeamentos entre conceitos relacionando as ontologias. Uma vez que tais mapeamentos são estabelecidos, os dados podem ser integrados. Em particular, uma consulta escrita em termos de uma ontologia pode ser traduzida em consultas a outras ontologias.

Em um sistema centralizado integrado, uma ontologia global é demonstrada conforme figura 15, onde cada banco de dados distribuído que deseja participar do sistema integrado deve ter sua ontologia alinhada com a ontologia global. O processo de alinhamento estabelece mapeamentos entre a ontologia global e cada ontologia distribuída (ontologias B e C), permitindo assim a interoperabilidade semântica entre as ontologias. A ontologia global pode ser concebida de modo a abranger ao máximo possível as informações contidas nas ontologias distribuídas (CRUZ, 2005).

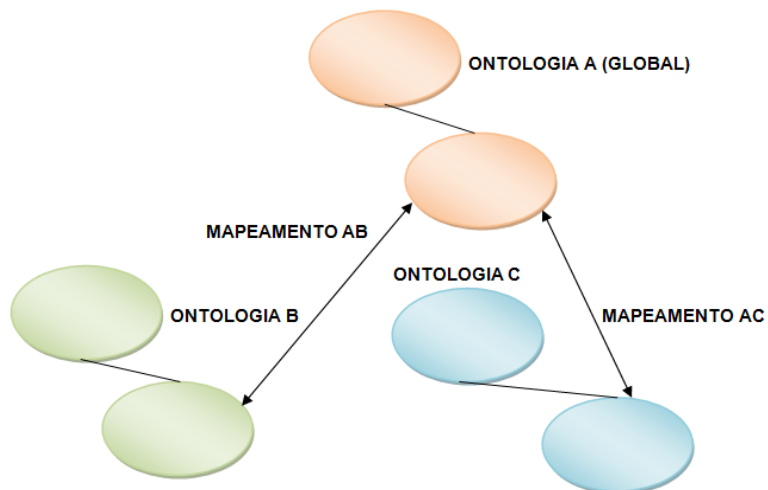


Figura 15 – Interoperabilidade semântica entre ontologias utilizando como referência uma ontologia global.

Fonte: Adaptado de CRUZ (2005).

No presente capítulo foram apresentadas as referências com relação a sistemas de informação no ciclo de vida dos produtos, linguagens, ferramentas e métodos para criação de ontologias, interoperabilidade semântica e mapeamento de ontologias como estratégia de interoperabilidade. No capítulo a seguir, serão vistos a caracterização da pesquisa e os procedimentos metodológicos para a realização do projeto.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa caracteriza-se, de acordo com Clemente e Gil (2007), quanto ao objetivo, como exploratória, visto que se pretende investigar problemas de compartilhamento e troca de informações entre sistemas e propor a interoperabilidade semântica, baseada na aplicação de ontologias de referência, através de um estudo de caso.

Conforme Clemente e Gil (2007), quanto à abordagem, trata-se de uma pesquisa qualitativa, pois o trabalho busca interpretar as informações levantadas durante o projeto de uma forma indutiva e predominantemente descritiva, adotando-se um estudo de caso, como parte da abordagem.

3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa realizada nesse projeto seguiu os seguintes passos, conforme apresentado na tabela 3. As entregas associadas às atividades são apresentadas na mesma tabela.

Tabela 3 – Correlação entre cada atividade com as entregas estabelecidas.

| Atividade | Entrega |
|---|---|
| Atividade 1: Identificações das necessidades de interoperabilidade entre sistemas | Gráfico contendo as informações referentes às empresas consultadas |
| Atividade 2: Construção do modelo de Interoperabilidade | Desenho esquemático propondo um modelo de interoperabilidade |
| Atividade 3: Identificação do Estudo de Caso | Tabela listando os critérios de decisão para a escolha da empresa e descrição do caso escolhido |
| Atividade 4: Construção da Ontologia de Referência | Tópicos para construção da ontologia tomando como referência o modelo proposto por Grüninger e Uschold |
| Atividade 5: Aplicação do modelo de interoperabilidade no Estudo de Caso | Desenhos esquemáticos propondo a interoperabilidade entre os sistemas através da utilização da ontologia de referência construída no software Protégé |

3.2.1 Identificação das necessidades de interoperabilidade entre sistemas

Na procura de um estudo de caso que pudesse atender os objetivos do projeto de utilizar uma ontologia de referência para interoperabilidade entre sistemas de informação, foi feita uma busca de informações entre empresas, com o objetivo de levantar possíveis problemas de interoperabilidade entre softwares, durante as diversas fases do ciclo de vida de algum produto. Para tanto um questionário foi enviado a algumas empresas (APÊNDICE A). Além disso, foi listada uma figura contendo informações de interoperabilidade, softwares utilizados e acesso as informações, entre outros dados referentes às empresas consultadas.

3.2.2 Construção do modelo de interoperabilidade

De forma geral, as ontologias têm como objetivo promover um entendimento comum e compartilhado sobre um domínio, que pode ser comunicado entre pessoas e sistemas de aplicação. No entanto para que trabalhem em conjunto, trocando automaticamente as informações representadas em ontologias, são necessários mecanismos que garantam a sua interoperabilidade.

Nessa fase da pesquisa, foi construído o modelo que garantirá a interoperabilidade entre os sistemas e que servirá de apoio ao desenvolvimento do projeto de ontologia.

O modelo de interoperabilidade foi baseado na adoção de uma ontologia geral (de referência), estabelecendo mapeamentos entre esta e cada ontologia local, permitindo assim a interoperabilidade semântica entre elas.

Quanto ao nível de interoperabilidade, o modelo seguiu o nível 3 proposto por Felicíssimo (2004), ou seja, a este nível a troca de informações entre os sistemas é alcançada. Neste nível o significado dos dados é compartilhado e os conteúdos dos pedidos de troca de informações estão claramente definidos.

O modelo foi apresentado na forma de um desenho esquemático e será relatado no capítulo dos resultados.

3.2.3 Identificação do Estudo de Caso

Dentre as cinco empresas que responderam ao questionário, que foi descrito na Atividade 1, somente duas possibilitaram a liberdade de acesso a arquivos e documentos, o que se tornou um critério de decisão para a continuidade da pesquisa.

Dentre as duas empresas que permitiram acesso aos seus arquivos, foi feita uma análise de qual estudo de caso atenderia aos objetivos do projeto, levando em consideração os seguintes critérios:

- a) Problema de interoperabilidade identificado.
- b) Percepção do ciclo de vida do produto.
- c) Localização geográfica e facilidade de acesso.

d) Programas de fácil acesso e compreensão.

Os dados para escolha da empresa foram listados em uma tabela contendo a descrição do caso e as informações referentes ao processo de manufatura, sistemas de informação e oportunidades de interoperabilidade.

3.2.4 Construção da ontologia de referência

A ontologia de referência foi criada com objetivo de ser um elo entre os sistemas de informação, contendo todas as informações necessárias para que a interoperabilidade semântica entre os softwares fosse realizada.

A construção de ontologias não é uma tarefa simples, pois envolve a especificação de conceitos e relações que existem em um domínio de interesse, além de suas definições, propriedades e restrições, descritas na forma de axiomas.

Nesse sentido foi realizado um comparativo entre métodos para criação de ontologias, visualizado na tabela 1 das referências bibliográficas, e decidiu-se pela escolha do modelo proposto por Grüninger e Uschold para construção da ontologia de referência.

A escolha do modelo proposto por Grüninger e Uschold se deve ao fato de que o método possui algumas vantagens como identificar o porquê da construção da ontologia, as suas intenções de uso e identificar conceitos e relacionamentos do domínio de interesse para produzir uma definição precisa dos mesmos. Também é vista como uma vantagem a possibilidade de codificar a ontologia em uma linguagem formal e a integração da nova ontologia com as ontologias existentes.

As entregas foram realizadas através da criação dos tópicos propostos pelo modelo de Grüninger e Uschold: Cenários de motivação, Questões de competência informais, Terminologia formal, Questões de competência formais, Axiomas formais e Teoremas integrais.

No tópico de Cenários de motivação foram identificados possíveis problemas que demandassem uma nova ontologia e nas Questões de competências informais foram formuladas algumas questões que a ontologia deveria responder.

Para passos seguintes foi utilizado o software Protégé em sua versão 4.1, pela facilidade de inserção dos dados, num ambiente apropriado para criação da ontologia em OWL.

A escolha desse software se deve ao fato de que o Protégé possui uma interface simples e é uma ferramenta que permite construir ontologias de domínio, personalizar formulários de entrada, inserir e editar dados, possibilitando então, a criação de bases de conhecimento guiadas por uma ontologia.

A linguagem utilizada foi a OWL, por permitir a inclusão descrições de classes, propriedades e axiomas. Dada uma ontologia desse tipo, a semântica formal da OWL permite derivar conseqüências lógicas. Por exemplo, fatos não literalmente presentes na ontologia, podem ser inferidos a partir de sua semântica.

Nos tópicos de Terminologia formal e Questões de competência formais foram criadas as classes e propriedades da ontologia, respectivamente.

Na seção dos Axiomas formais foram criados os relacionamentos entre classes e entre classes e propriedades, gerando os axiomas completos.

Na fase de criação dos Teoremas integrais foram consolidados os axiomas necessários e suficientes para contemplar os três cenários de interoperabilidade semântica entre softwares, identificados no estudo de caso.

3.2.5 Aplicação do modelo de interoperabilidade no Estudo de Caso

Nessa etapa, foram construídos os modelos de interoperabilidade entre sistemas, através de representações gráficas, demonstrando as possíveis soluções semânticas para os três cenários de falta de interoperabilidade entre os softwares que foram levantados no estudo de caso.

Esses modelos propuseram a comunicação entre dois softwares, através da utilização da ontologia de referência desenvolvida durante o projeto. Também foi demonstrada a utilização de axiomas, através do software Protégé, com o objetivo de possibilitar a interoperabilidade.

No capítulo foram vistos a caracterização e os procedimentos metodológicos para realização da pesquisa. Na etapa a seguir, serão apresentados os resultados da pesquisa, assim como uma análise e discussão dos mesmos.

4 RESULTADOS

4.1 NECESSIDADES DE INTEROPERABILIDADE IDENTIFICADAS

O questionário (APÊNDICE A) foi enviado por e-mail para quinze empresas de diversas áreas, entretanto somente cinco deram retorno. Os resultados estão listados na figura 16.

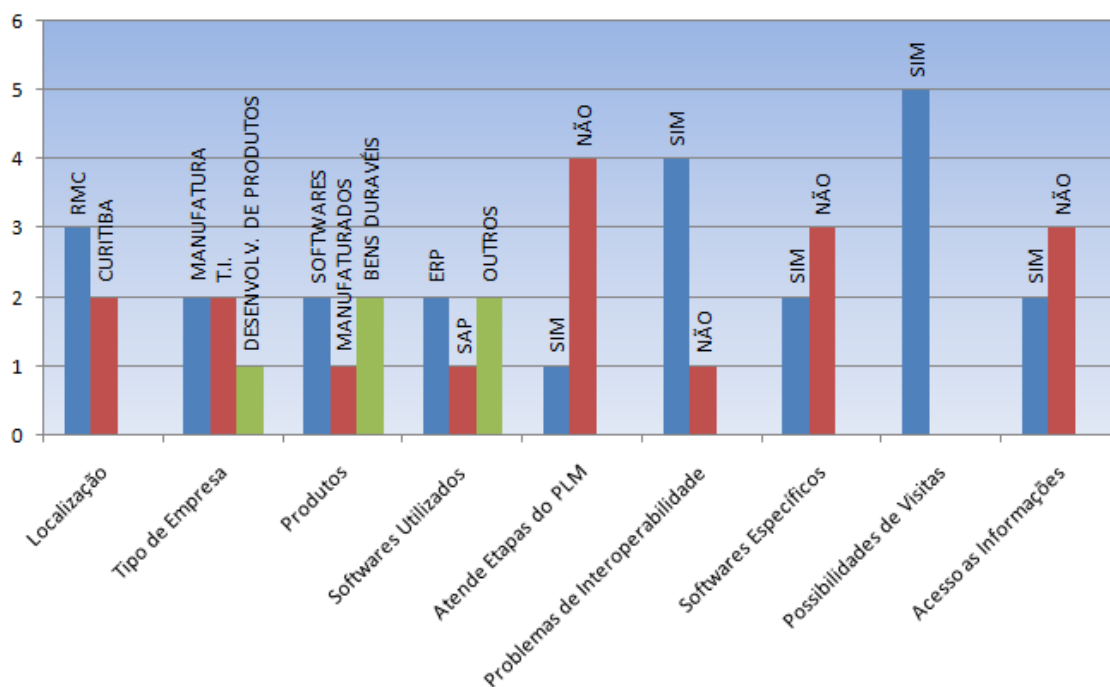


Figura 16 – Resultados da busca de informações junto às empresas consultadas.

Através da análise da figura 16, pode-se concluir que as empresas estão divididas na área de Tecnologia de Informação, Manufatura e Desenvolvimento de Produtos e que os seus principais produtos são softwares, itens manufaturados e de bens duráveis.

Também foi identificado que entre os softwares ERP utilizados o SAP se destaca. Há ainda outros softwares de ERP desenvolvidos pelas próprias empresas, para o gerenciamento das informações corporativas.

Entre as cinco empresas que responderam o questionário, quatro reportaram problemas de interoperabilidade entre seus sistemas durante alguma etapa do ciclo de vida de seus produtos. Contudo, somente duas empresas possibilitaram acesso às informações tratadas por seus sistemas.

4.2 MODELO DE INTEROPERABILIDADE SEMÂNTICA

O modelo de interoperabilidade semântica está representado na figura 17 e tem como objetivo principal garantir a troca de dados e informações entre dois sistemas de informação (A e B) utilizados em algum momento do ciclo de vida de produtos.

Uma das possibilidades de aplicação do modelo conceitual seria a realização de *queries* (consultas) à ontologia de referência, criada em linguagem OWL, a qual forneceria elementos suficientes para que o mapeamento de termos seja realizado, mediante consulta as suas classes, propriedades e axiomas. Caso os termos utilizados nos sistemas de informação apresentem nomenclaturas diferentes, porém com descrições semelhantes, a interoperabilidade entre os sistemas poderá ser realizada, conforme será descrito nas situações a seguir.



Figura 17 – Modelo de interoperabilidade semântica utilizando ontologia de referência.

Na situação 1 descrita na figura 17, caso exista o problema de interoperabilidade entre os sistemas A e B, ou seja, o sistema A possuir uma nomenclatura diferente de determinado produto com relação ao sistema B, o sistema A irá realizar a consulta à ontologia de referência e verificar se existem descrições semelhantes ou relações para as diferentes nomenclaturas.

Se as diferentes nomenclaturas entre os sistemas A e B possuírem uma relação através da ontologia de referência, a interoperabilidade entre os sistemas será possível. A ontologia de referência irá funcionar como um elo entre os sistemas A e B, buscando alguma definição ou relação que os sistemas possam interoperarem entre si. Essas relações poderão ser construídas a partir de formulas, conceitos matemáticos e definições, e formalmente inseridas na ontologia de referência por meio de axiomas.

A mesma solução ocorrerá na situação 2 para o sistema B, ou seja, o sistema recorrerá à ontologia de referência e verificará se existe uma relação para a interoperabilidade entre os sistemas. As situações 3 e 4 representam outras possibilidades de troca de informações entre sistemas de informação heterogêneos através da mesma ontologia de referência.

O uso de multiagentes é uma forma de se viabilizar a implementação do modelo conceitual apresentado, do ponto de vista da Tecnologia de Informação. A interoperabilidade com uso de sistemas multiagentes (MAS) e ontologias pode resolver o problema de interoperabilidade semântica, em que é necessário trocar informações entre dois sistemas diferentes, não sendo possível fazê-lo apenas com as ferramentas sintáticas (e.g. XML). Uma possível solução seria baseada no uso da plataforma SemantiCore, proposta por Blois *et al.* (2007).

Através dessa plataforma, dois sistemas diferentes na web enviam para o usuário um dado. Por trás do sistema, há uma ontologia que serve como referência, com o contexto em que estes dados trabalham e se relacionam. O que se deseja é que esses dados fornecidos pelos dois sistemas na web sejam avaliados através do contexto em que se relacionam (descrito pela ontologia) e um valor percentual seja retornado indicando o quão similares são os termos naquele contexto.

O mecanismo é dividido em quatro componentes: Sensorial, Decisório, Executor e Efetivador, cada um responsável por um conjunto de tarefas, que se comunicam por mensagens, conforme é visualizado na figura 18.

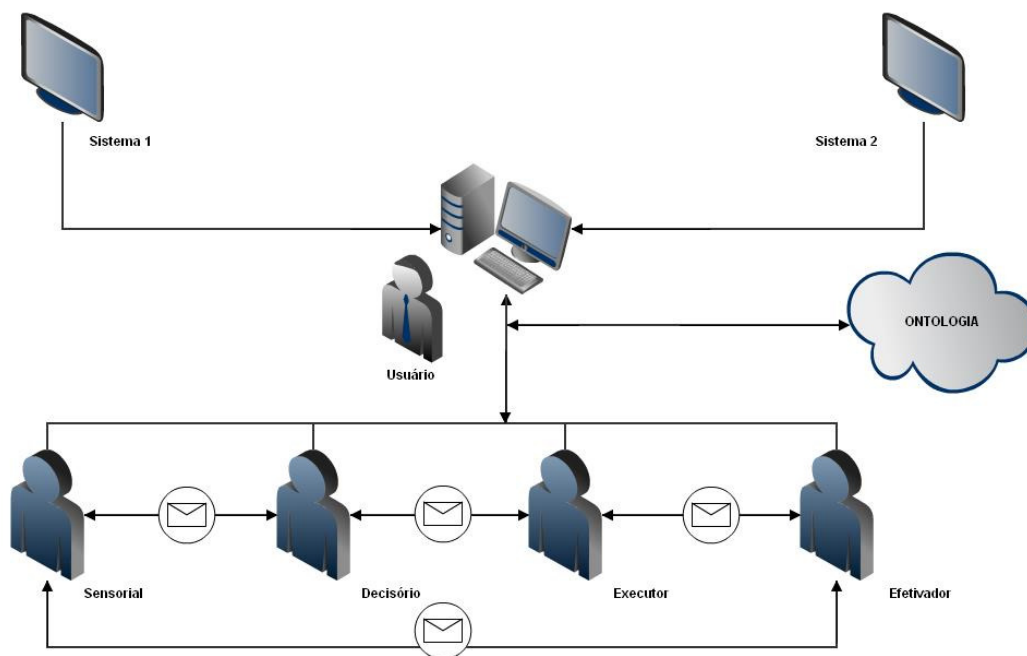


Figura 18 – Interoperabilidade com uso de sistemas multiagentes (MAS)

Fonte: Adaptado de BLOIS *et.al*, (2007).

O componente sensorial recebe o primeiro sinal do programa, e decide a melhor forma de se trabalhar com o dado recebido. A partir daí, cria-se uma lista de objetos que é enviada para o próximo componente, o decisório. Este componente trabalha com a parte lógica do agente, regras e axiomas estabelecidos. A partir dele, surge uma lista de ações a serem executadas pelo mecanismo executor. Este é o mecanismo que permite ao desenvolvedor o acesso aos dados manipulados. O último mecanismo, efetivador, é responsável pelo encapsulamento das mensagens e códigos enviados entre os agentes.

4.3 ESTUDO DE CASO

Na tabela 4 são listados os critérios de decisão para a escolha das empresas participantes no projeto. Para fins de confidencialidade, as empresas listadas receberão o nome de Empresa Ontology e Empresa Interoperability.

Tabela 4 – Critérios de decisão para a identificação das empresas para o estudo de caso.

| | Empresa Ontology | Empresa Interoperability |
|---|------------------|--------------------------|
| Problema de interoperabilidade identificado | X | X |
| Percepção do ciclo de vida do produto | X | |
| Localização geográfica e facilidade de acesso | X | |
| Programas de fácil acesso e compreensão | X | X |

A decisão pela escolha da Empresa Ontology para participação no projeto se deu pelo fato de ter sido possível identificar claramente o ciclo de vida seguido pelo produto desenvolvido e fabricado pela empresa, juntamente com os sistemas de informação utilizados, além do seu fácil acesso e localização.

A empresa é uma indústria da região metropolitana de Curitiba-Pr, que produz papelões a partir de papel reciclado. A empresa recebe aparas de papel usado como matéria-prima e as transforma em papelão da espécie cartão rígido, conhecido também como cartão pardo. Dentre os cartões produzidos, destacam-se: Cinza, Cinza H, Preto H, Marmorizado e Maculatura.

Neste caso, os principais problemas de interoperabilidade foram identificados na macro-fase de pós-desenvolvimento, que envolve sistemas de informação completamente distintos em sua estrutura e aplicação, mas que poderiam interoperar segundo o modelo conceitual proposto no presente trabalho. A seguir são descritas as principais fases do processo de manufatura do papel cartão que enfrentam problemas de interoperabilidade.

4.3.1 Processo de manufatura

No processo de manufatura realizado pela empresa Ontology, podem ser identificadas claramente três fases. O problema de interoperabilidade entre sistemas de informação existe em todas as fases, conforme descrito a seguir:

- a) Preparação da Massa: é feita uma seleção da matéria-prima pelos operadores e o material é despejado no *pulper* (máquina de moagem de papel). Nesta seleção é possível encontrar diversos tipos de papéis tais como papel de mercado, embalagem, impressão e escrita. A partir dessa fase do processo surge a massa do cartão, na qual é denominada de massa maculatura, como pode ser observado na figura 19.



Figura 19 – Preparação da massa.

- b) Produto Semi-Acabado: o produto passa por diversas máquinas nas etapas de fabricação, entre elas está a acopladora que faz a dobra. A partir dela já se pode definir a espessura do cartão. O tingimento do papel é feito através da máquina de *size press*, e pode ser definido em cor preta, azul, amarelo e verde. Nessa fase do processo, o produto passa por uma etapa em que o papel é enrolado em um sistema utilizando o rolo tipo bobina ou é empilhado no sistema de cartões, conforme ilustra a figura 20.



Figura 20 – Produto semi-acabado.

- c) Produto Acabado: nessa fase do processo o operador dá um acabamento final no papel, retirando dois centímetros de aparas para corrigir as imperfeições. O produto passa por uma inspeção de qualidade, no qual é vistoriado e é lacrado, conforme é apresentado na figura 21.



Figura 21 – Acabamento final.

3.3.2 Sistemas de informação

A empresa Ontology utiliza dois sistemas de informação para o gerenciamento da produção. O sistema de gestão Sapiens é utilizado pelos departamentos de PCP (Planejamento e Controle da Produção), Logística, Compras, RH (Recursos Humanos) e Financeiro.

O sistema de gestão Sapiens permite algumas funcionalidades, tais como manipular informações gerenciais e estatísticas dos diversos setores da fábrica, além de permitir a definição e a emissão de relatórios com quaisquer informações da base de dados.

No chão de fábrica o sistema SGP (Sistema Gerencial da Produção) é utilizado pelos operadores para o controle da produção diária e a emissão de ordens de serviço. O software SGP é um sistema mais simples, e que possui menos recursos e informações.

A figura 22 apresenta a interface do sistema Sapiens durante a fase de Preparação da Massa, em utilização pelo departamento de PCP.

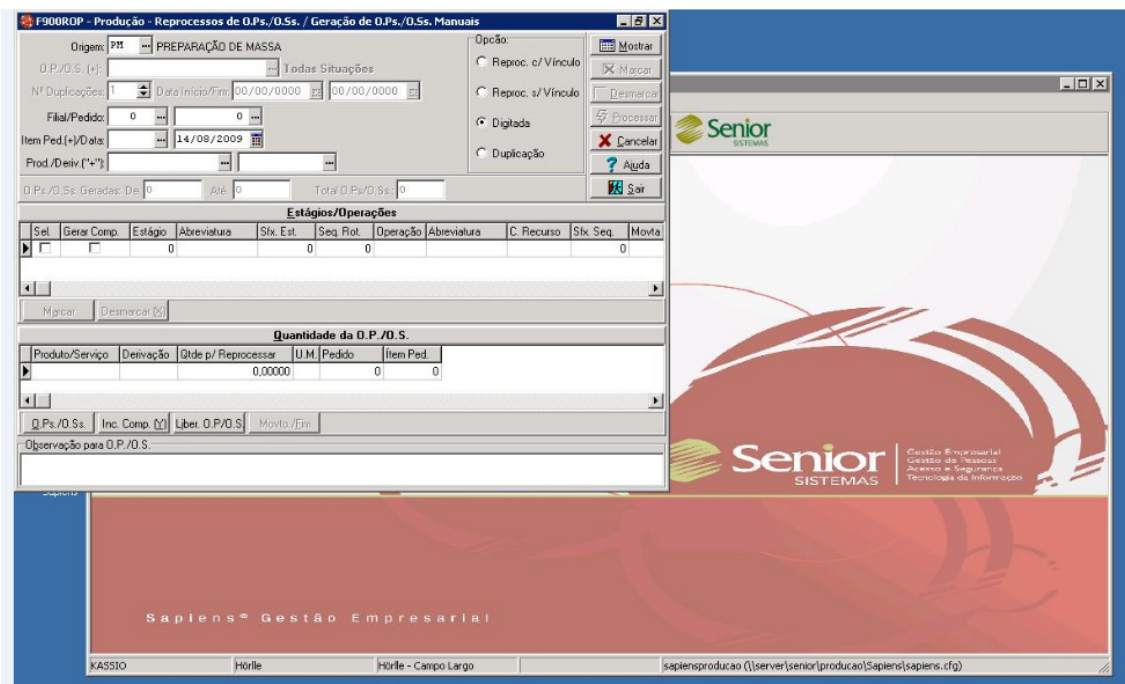


Figura 22 – Interface do sistema de gestão Sapiens na fase de preparação da massa.

Na figura 23 é apresentada a interface do sistema SGP na mesma fase de Preparação da Massa, na visão dos operadores do chão de fábrica.

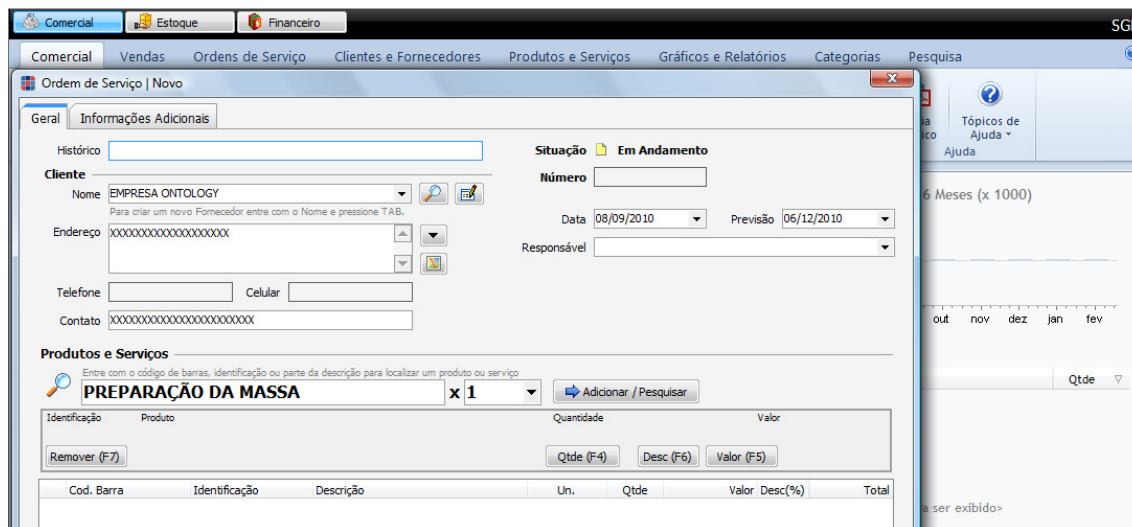


Figura 23 – Interface do sistema SGP na fase de preparação da massa.

Tanto o sistema SGP quanto o sistema Sapiens funcionam em rede, e utilizam o sistema operacional Microsoft Windows. Na tabela 5 são listadas as principais diferenças percebidas nas interfaces entre os sistemas.

Tabela 5 – Comparativo entre o Sistema Sapiens e o Sistema SGP.

| | Sistema Sapiens | Sistema SGP |
|---|------------------------|--------------------|
| Visualiza a estrutura multinível do produto | X | X |
| Disponibiliza relatórios gerenciais para acompanhamento da produção | X | |
| Permite roteiros de fabricação com tempos e múltiplas opções por operação | X | |
| Controla o estoque | X | X |
| Elabora o cronograma de produção por linha de fabricação considerando carga máquina | | X |

4.3.3 Oportunidades de interoperabilidade

Foi possível identificar algumas oportunidades de interoperabilidade entre os sistemas Sapiens e SGP nas três principais fases do processo de manufatura, conforme sintetizado na tabela 6.

Tabela 6 – Oportunidades de interoperabilidade no estudo de caso.

| Fase | Sistema Sapiens | Sistema SGP |
|-----------------------|---|---|
| Preparação da massa | Índice de refugo medido pelo Volume (m ³) | Índice de refugo medido pela Massa (kg) |
| Produto semi-acabado | Eficiência de Produção é medida pela Produção Bruta | Eficiência de Produção é medida pela Produção de Referência |
| Acabamento do produto | Quantidade de papel é medida pela Massa (gramas) | Quantidade de papel é medida pela Área (m ²) |

Durante a fase de Preparação da Massa, é medido o índice de refugo. Segundo Robles Junior (1994) o refugo é a produção que não satisfaz a padrões dimensionais ou de qualidade e, portanto é refugado e vendido por seu valor de disposição. É a porcentagem de matéria prima perdida.

O gerenciamento de índices de refugo é importante para as empresas, por estar diretamente relacionado a aspectos de planejamento da produção, planejamento do processo produtivo e custos.

No sistema Sapiens o índice de refugo é medido pelo volume em metros cúbicos, enquanto que no sistema SGP o índice de refugo é medido pela massa em quilogramas.

Na fase de Produto Semi-Acabado é medida a eficiência da produção. Eficiência da produção é o quanto se produz em relação ao quanto se poderia produzir. É um dos principais indicadores usados na gestão operacional da produção. Sua utilidade está em permitir avaliações, comparações e estabelecimento de metas.

No sistema Sapiens a eficiência da produção é descrita como Produção Bruta, enquanto que no sistema SGP a eficiência da produção é nomeada como Produção de Referência.

Nessa fase percebe-se a utilização de nomenclaturas diferentes para um mesmo elemento citado no processo. Ou seja, nesse caso o problema de interoperabilidade é evidenciado devido às divergências de nomenclaturas.

Na fase de Acabamento do Produto, o papel é enrolado em um sistema utilizando o rolo tipo bobina ou é empilhado no sistema de cartões. Nessa fase é medida a quantidade de papel produzido.

No sistema Sapiens a quantidade de papel é mensurada pela massa em gramas, enquanto que o no sistema SGP a produção final é medida pela área em metros quadrados.

4.3.4 Ontologia de referência

A construção da ontologia de referência seguiu o modelo proposto por Grüninger e Uschold, conforme foi descrito no capítulo anterior, sua terminologia será baseada em informações do ciclo de vida do produto Papel Cartão. Os termos são aplicados durante as diferentes fases do processo de manufatura do Papel Cartão até o seu descarte. As

nomenclaturas e definições da ontologia de referência serão definidas tomando como base relatórios técnicos, revistas técnicas e normas.

As etapas a serem seguidas para o desenvolvimento da ontologia serão detalhadas a seguir:

- a) Cenários de motivação: foram identificados problemas de interoperabilidade semântica envolvendo softwares de uma indústria que produz papel cartão, mas que poderiam interoperar segundo o modelo conceitual proposto no presente trabalho. Atualmente não existem pesquisas propondo uma abordagem semântica para interoperabilidade entre sistemas de informação utilizados ao longo do ciclo de vida dos produtos com a aplicação de ontologias de referência. A partir destes cenários motivadores, é justificada a demanda por uma nova ontologia.
- b) Questões de competências informais: baseado nos cenários motivadores, algumas perguntas surgiram com o propósito de auxiliar a análise da ontologia: - Como são classificados os tipos de papéis? - Como é medida a eficiência do processo? - Como o produto é recuperado (reciclado)? - Quais são as faixas de gramatura utilizadas? No total foram criadas 24 perguntas (APÊNDICE B), com o objetivo de auxiliar a construção da ontologia.
- c) Terminologia Formal: a partir dessa etapa utilizou-se o software Protégé para a criação das classes gerais de conceitos e, então, especializou-se em subclasses categorizando-as. As definições de classes e hierarquias foram efetivadas de cima para baixo e um conjunto de 13 classes primárias foi listado. No total foram criadas 275 classes. A seção 4.3.4.1 traz alguns exemplos de classes que foram definidas para a ontologia podem ser visualizados.
- d) Questões de competência formais: nesta fase foram definidas as propriedades das classes e a estruturação interna dos conceitos necessários para satisfazer os requisitos de informação do cenário em desenvolvimento. Ou seja, os tipos de valores, valores permitidos, número de valores (cardinalidade) e características que os valores das propriedades podem tomar. Através do software Protégé foram criadas a Propriedade_Modificadora com cinco propriedades e a Propriedade_Relacional com dezessete propriedades. Nessa

fase também surgiram algumas perguntas com o objetivo de auxiliar a análise da ontologia: - Qual é a relação entre as fórmulas? - Como é feita conversão entre as unidades de medida? - Como os produtos poderão ser reutilizados? Quais são as propriedades dos produtos? - Quais são os indicadores de produtividade? - Quais são as etapas do processo? A seção 4.3.4.2 apresenta propriedades que foram utilizadas no projeto.

- e) Axiomas formais: nessa etapa do projeto foram construídos os axiomas da ontologia definidos pela relação entre as classes e propriedades. Essa fase de inserções de axiomas foi feita diretamente no Protégé, pela facilidade de inserção em um ambiente apropriado para criação da ontologia em OWL. A criação dos axiomas pode ser visualizada na seção 4.3.4.3.
- f) Teoremas integrais: nessa fase do projeto, foram consolidados os axiomas tendo como referência os três cenários de interoperabilidade semântica entre os softwares SGP e SAPIENS evidenciados no estudo de caso. A consolidação dos axiomas é apresentada na seção 4.4.

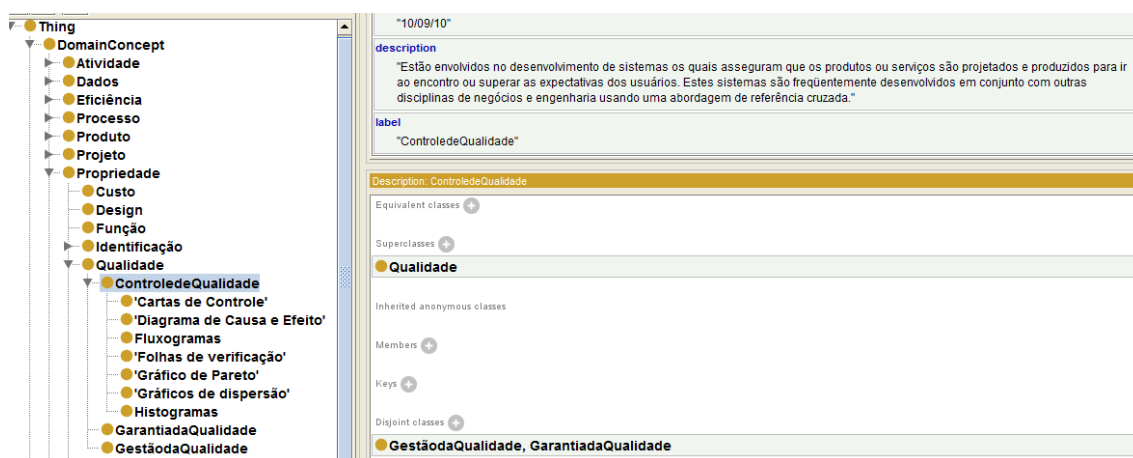
4.3.4.1 Classes

A tabela 7 contém alguns exemplos de classes que foram definidas para a ontologia. No apêndice C, podem ser visualizadas as demais classes que foram criadas no Protégé para a construção da ontologia.

Tabela 7 – Exemplos definição de classes no estudo de caso.

| Classe | É definido por | Descrição | Comentário |
|------------------------|--|--|---|
| Eficiência de Produção | É a relação expressa percentualmente entre a produção realizada e a produção de referência, tomando como base o tempo de produção. | É o quanto se produz em relação ao quanto se quer produzir. | É um dos principais indicadores usados na gestão operacional da produção. Sua utilidade está em permitir avaliações, comparações e estabelecimentos de metas. |
| Recurso | Designa um bem ou serviço utilizado na produção de outro bem ou serviço. | Inclui cada um dos elementos (matérias-primas, bens intermediários, uso de equipamentos, capital, horas de trabalho etc.) necessários para produzir mercadorias ou serviços. | No desenvolvimento de um novo produto ou serviço, devem ser estimados todos os recursos que possam, eventualmente, ser necessários ao seu desenvolvimento e produção. |

No exemplo da figura 24, pode ser visualizada a criação da classe *ControledeQualidade*, com suas respectivas subclasses representando as ferramentas da qualidade.

Figura 24 – Representação da subclasse *ControledeQualidade*.

Para a Ontologia de Referência foram definidas duas superclasses, `DomainConcept` e `ValuePartition`. A classe `DomainConcept`, representa a conceptualização do domínio da Ontologia, ou seja, nela são representadas todas as subclasses que representam exclusivamente o conceito para representação do ciclo de vida do papel cartão, conforme é ilustrado na figura 25.

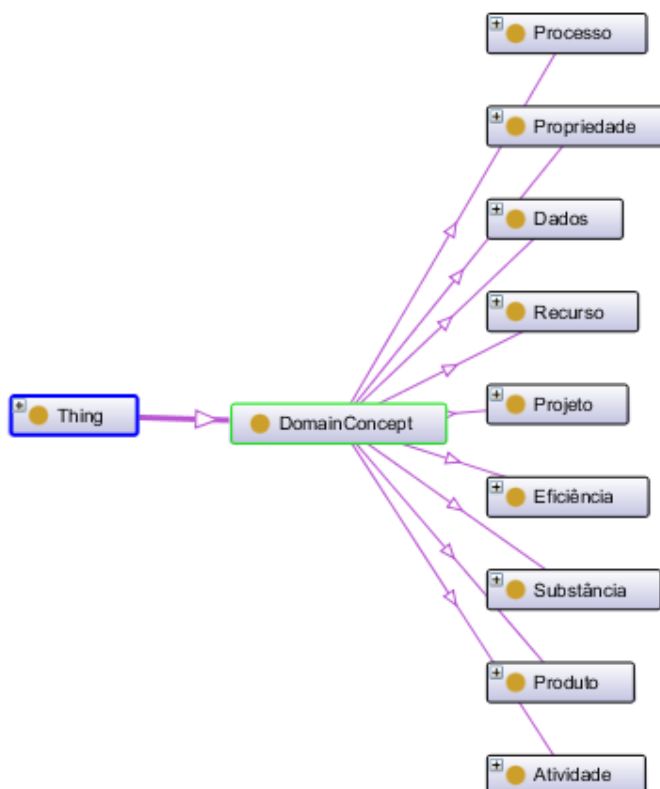


Figura 25 – Representação das subclasses de `DomainConcept`.

Na superclasse `ValuePartition` são representadas as classes mensuráveis, ou seja, todas as suas subclasses possuem elementos com propriedades similares para medição através de valores ou índices, como ilustra a figura 26.

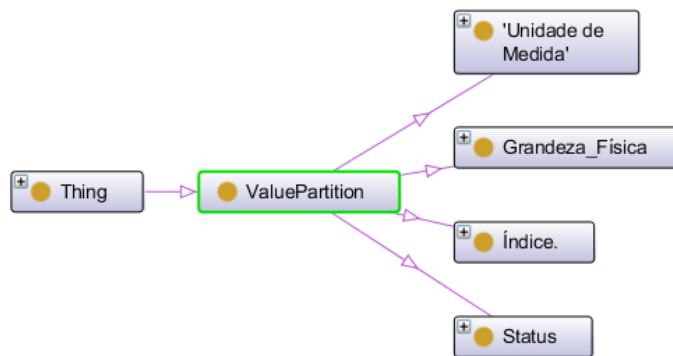


Figura 26 – Representação das subclasses de ValuePartition.

4.3.4.2 Propriedades

A tabela 8 contém alguns exemplos de propriedades que foram definidas para a ontologia.

Tabela 8 – Exemplos de definição de propriedades no estudo de caso.

| Propriedade | É definido por | Descrição | Comentário |
|--------------------|--|--|---|
| Tem Conformidade | Qualidade do que é conforme ou de quem se conforma. Em conformidade com, de acordo com, segundo a conveniência. | É a condição de alguém, de alguma coisa ou um ser, estar conforme o pretendido ou previamente estabelecido por si, por outrem ou entre diferentes pessoas ou grupo de pessoas. | A conformidade pode ser, por exemplo, o atendimento às especificações prometidas a terceiros. Os consumidores esperam que os produtos comprados tenham sua qualidade em conformidade com as especificações declaradas |
| Tem Objetivo | Diz respeito a um fim que se quer atingir. | Fim a atingir, alvo, propósito. | Os objetivos devem focar-se no resultado no resultado final a atingir e não nos meios para alcançá-lo. |

As propriedades capturam as diferentes variáveis relativas ao domínio da ontologia, sendo em OWL caracterizadas como *ObjectProperty* ou *Datatype*. Em ambas, é necessária a definição de *Domain* (domínio) e *Range* (valor) da propriedade.

Uma propriedade é declarada como *ObjectProperty* quando tem o papel de relacionar uma classe à outra classe. Na figura 27, por exemplo, as classes *Massa* e *Volume* foram relacionadas através da propriedade *Tem_Divisão*.

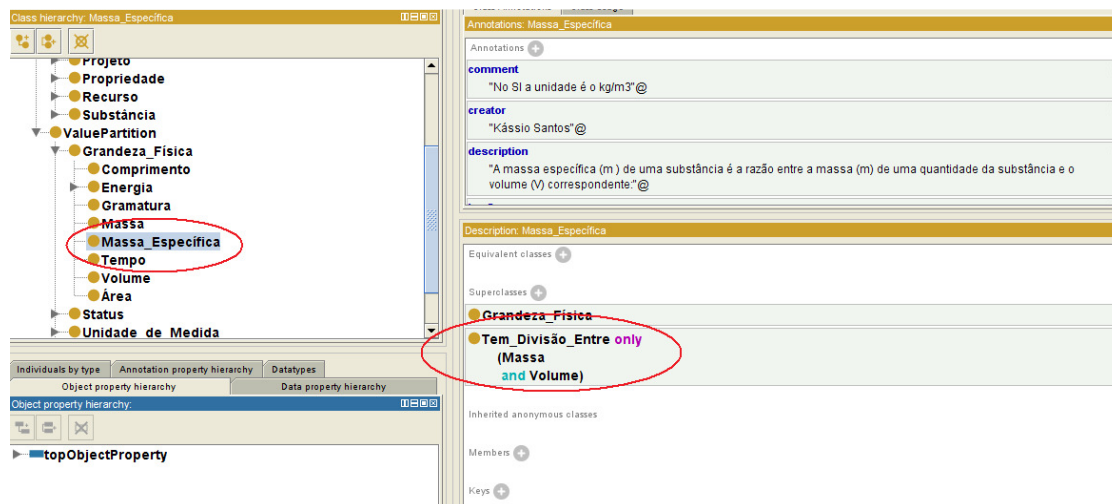


Figura 27 – Relação entre Massa e Volume através da Propriedade Tem_Divisão.

A propriedade do tipo Datatype se diferencia da ObjectProperty por utilizar uma variável para representar qualquer coisa no domínio abordado. Neste tipo de propriedade, também é necessário definir o domínio a qual ela pertence e o seu valor que, não mais será uma classe, mas um elemento do tipo *string*, *boolean*, entre outros.

Na figura 28 pode ser visualizada a construção da Propriedade Relacional Tem_Divisão_Entre.

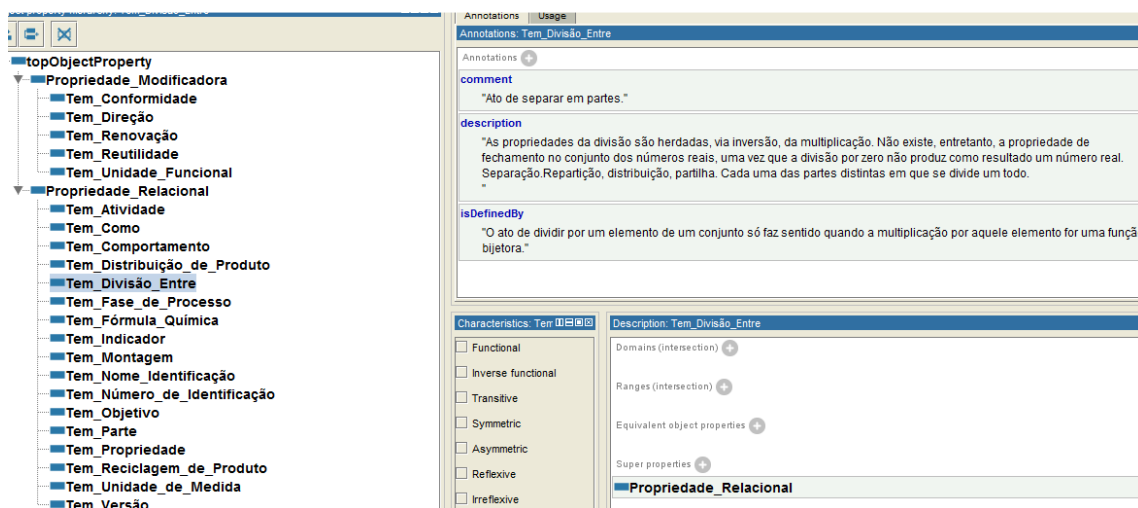


Figura 28 – Representação da Propriedade Relacional Tem_Divisão_Entre.

Na ontologia de referência foram criadas duas superclasses de ObjectProperty, a Propriedade_Modificadora com cinco propriedades e a Propriedade_Relacional com dezessete propriedades, conforme apresentado na figura 29.

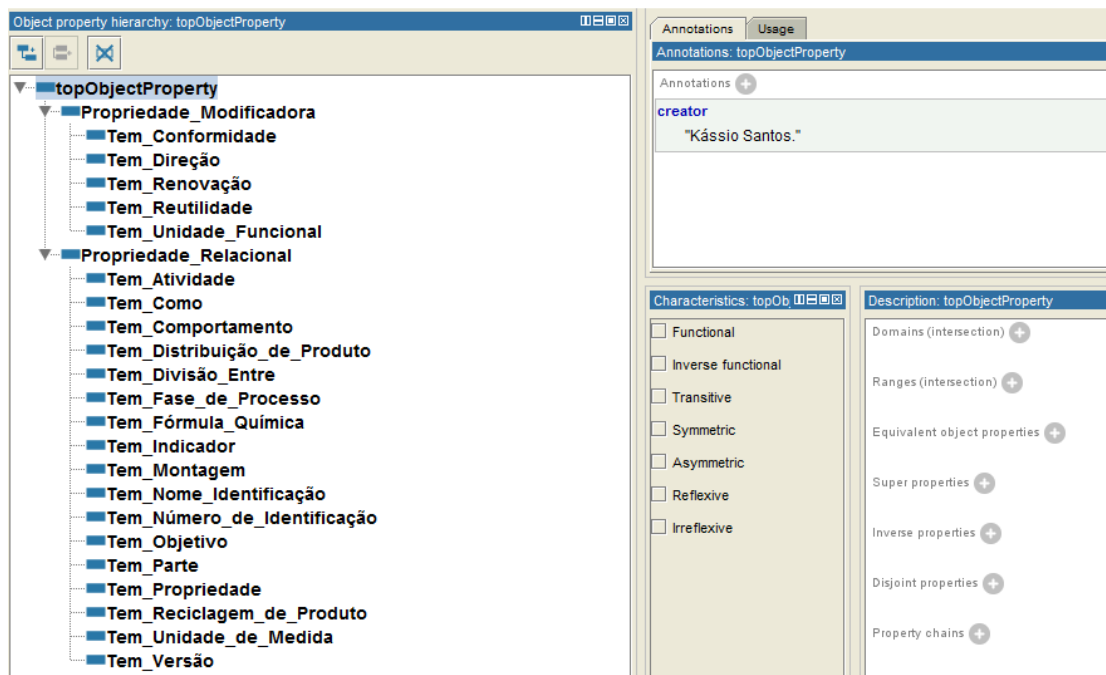


Figura 29 – Relação de Propriedades de ObjectProperty.

4.3.4.3 Axiomas

Os axiomas desempenham um papel fundamental para as relações entre os conceitos da ontologia, eles foram criados com os objetivos de definirem as semânticas entre os termos.

No projeto foram representados na forma de axiomas de derivação, com o foco de permitirem explicitar informações a partir do conhecimento previamente existente, definindo as consequências lógicas no processo. Os axiomas de derivação podem ter origem no significado dos conceitos e relações da ontologia ou na forma como são estruturados. Foi assumida essa forma de axioma no projeto, pelo fato do conhecimento (informações da ontologia) já estarem pré-estabelecidas.

A tabela 9 contém alguns exemplos de axiomas que foram definidos para a ontologia.

Tabela 9 – Exemplos de definição de axiomas no estudo de caso.

| Axioma | É definido por | Descrição | Comentário |
|--|---|---|--|
| Processo Tem_Indicador Eficiência de Produção | Relação entre o resultado alcançado e os recursos utilizados. | O critério da eficiência na produção possui dois componentes, sendo o primeiro o componente físico que tem como objetivo a redução de desperdício e o segundo componente econômico que tem como objetivo avaliar a melhor relação entre os recursos empregados e resultados gerados no ponto de vista financeiro. | A análise destes procedimentos ou regras tem por objetivo retirar através das informações conclusões necessárias para apoiar a avaliação e a tomada de decisões em qualquer nível da organização, seja para melhoria das operações, análise da concorrência e ainda sendo úteis para elaborar previsões, relações de causa e efeito dentre outros. |
| Área Tem_Unidade_de_Medida Metro_Quadrado | Conceito matemático que pode ser definida como quantidade de espaço bidimensional, ou seja, de superfície. Superfície plana delimitada. | Existem várias unidades de medida de área, sendo a mais utilizada o metro quadrado (m ²) e os seus múltiplos e submúltiplos. | Medida de uma superfície. Em matemática, a área de uma superfície é o número de unidades de área que ela contém. |

Na linguagem OWL, os axiomas são definidos através de propriedades, representando uma forma de resposta às questões que são de competência na ontologia. Na figura 30 é ilustrado o axioma de `Produto_Reciclado` no qual representa a reutilidade de um `Recurso_Renovável`.

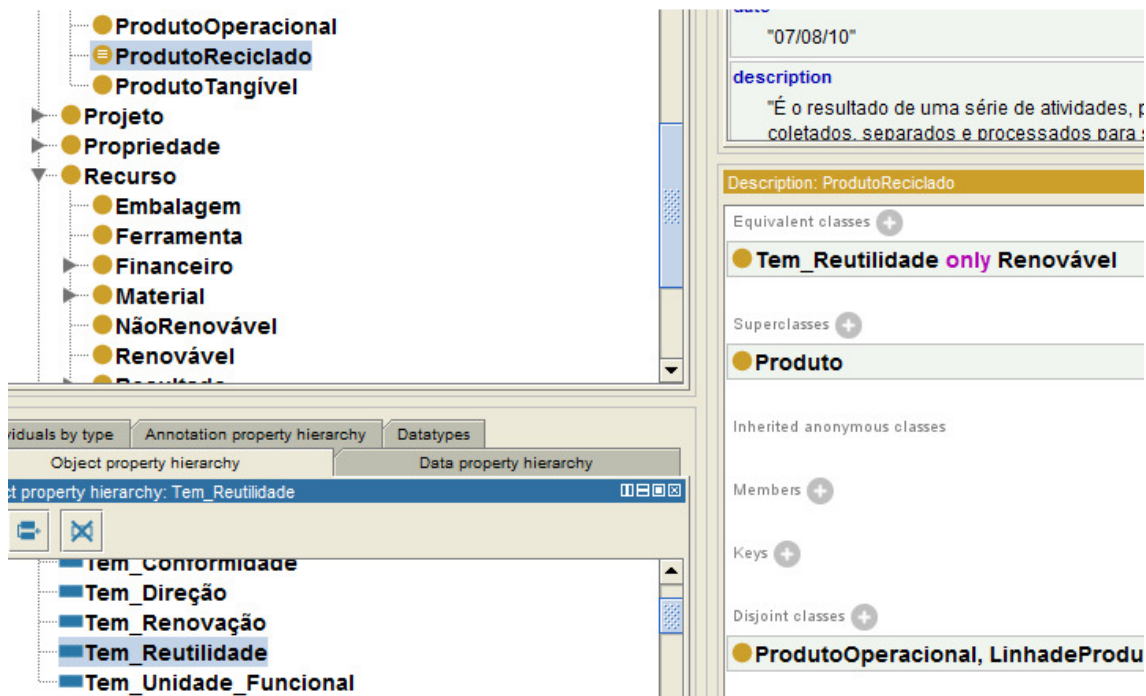


Figura 30 – Representação do axioma do Produto_Reciclado.

Na figura 31 é ilustrado o axioma de Produto_Manufaturado no qual representa a montagem de um Material.

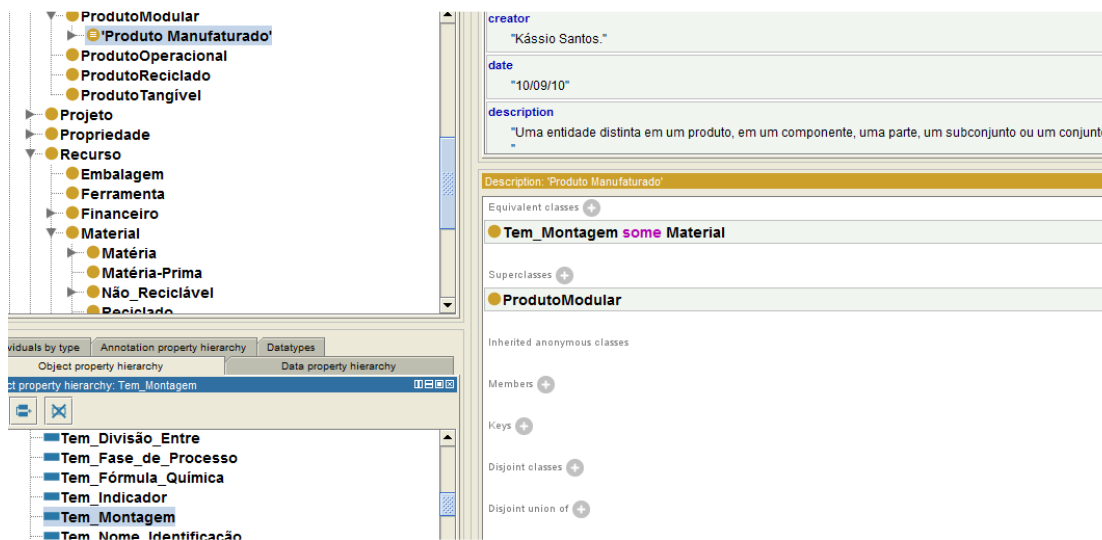


Figura 31 – Representação do axioma do Produto_Manufaturado.

4.4 Cenários de interoperabilidade do estudo de caso

Para a validação da proposta e solução dos problemas apresentados no capítulo anterior, propõe-se a interoperabilidade entre os sistemas através da ontologia de referência. Nos passos a seguir serão demonstradas as três fases do processo com a utilização da ontologia de referência para a interoperabilidade entre os Sistemas Sapiens e SGP.

4.4.1 Interoperabilidade na fase de preparação da massa

Conforme descrito anteriormente, a Ontologia de Referência será um elo entre os Sistemas Sapiens e SGP. Na primeira fase do processo, na Preparação da Massa, é medido o Índice de Refugo. No sistema Sapiens o Índice de Refugo é medido pelo volume em metros cúbicos, enquanto que no sistema SGP o mesmo Índice é mensurado pela massa em kg, evidenciando que os sistemas não se comunicam entre si, conforme é visualizado na figura 32.

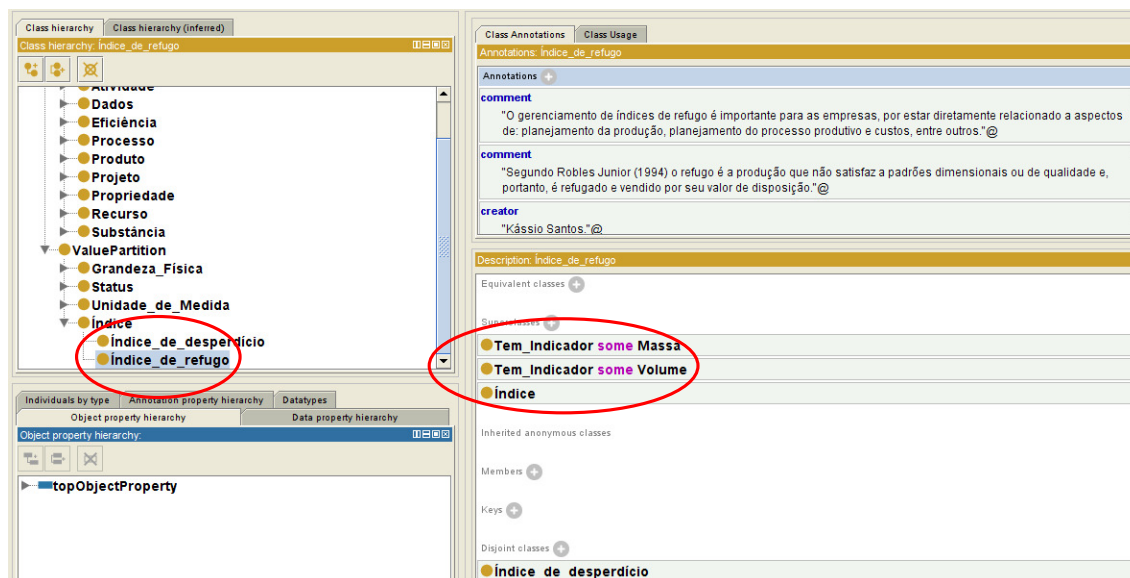


Figura 32 – Índice de Refugo e indicadores.

Para solução do problema de interoperabilidade entre sistemas, os programas terão que recorrer à ontologia de referência criada. As setas indicam a troca de informações entre os sistemas Sapiens e SGP com a ontologia, conforme é ilustrado na figura 33.

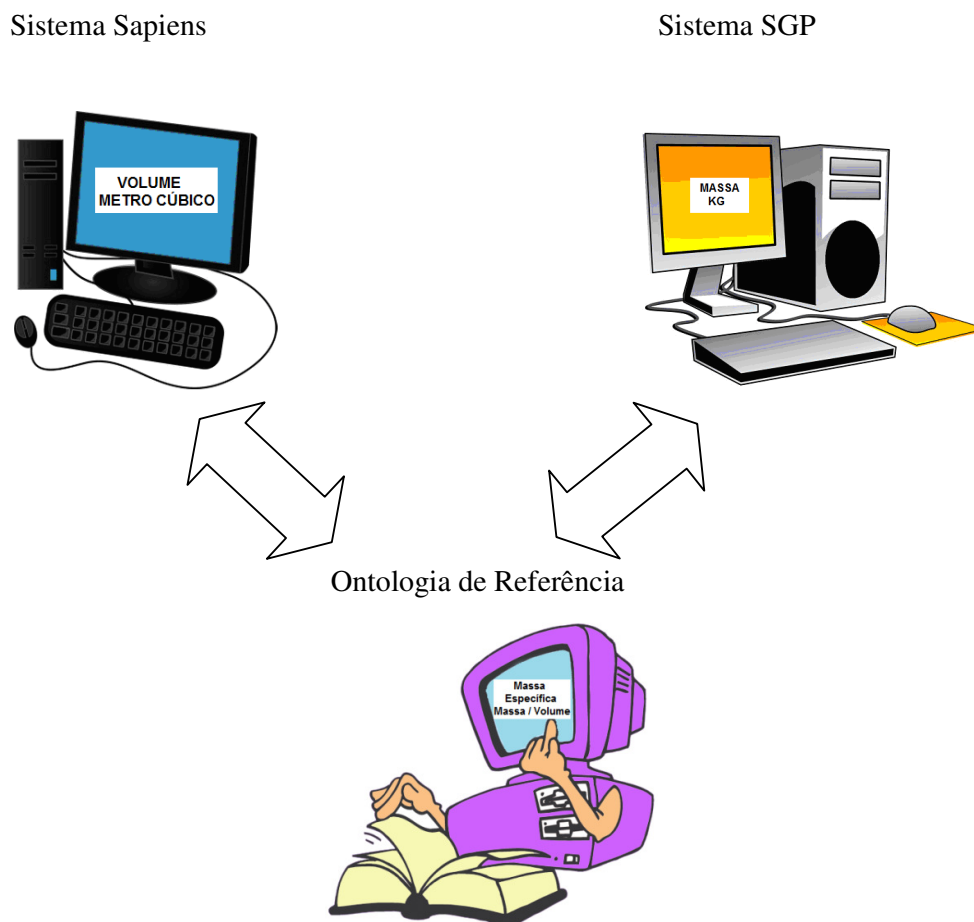


Figura 33 – Interoperabilidade entre os softwares Sapiens e SGP na fase de Preparação da Massa.

Na ontologia de referência a massa específica será o indicador responsável pela interoperabilidade entre os Sistemas Sapiens e SGP, conforme é demonstrado na figura 33, ou seja, como quilogramas e metro cúbico não têm relação entre si, para solução da falta de interoperabilidade entre Massa e Volume recorreu-se a massa específica.

Na figura 34 a massa específica é descrita como a razão entre a massa de uma quantidade substância e o seu volume correspondente.

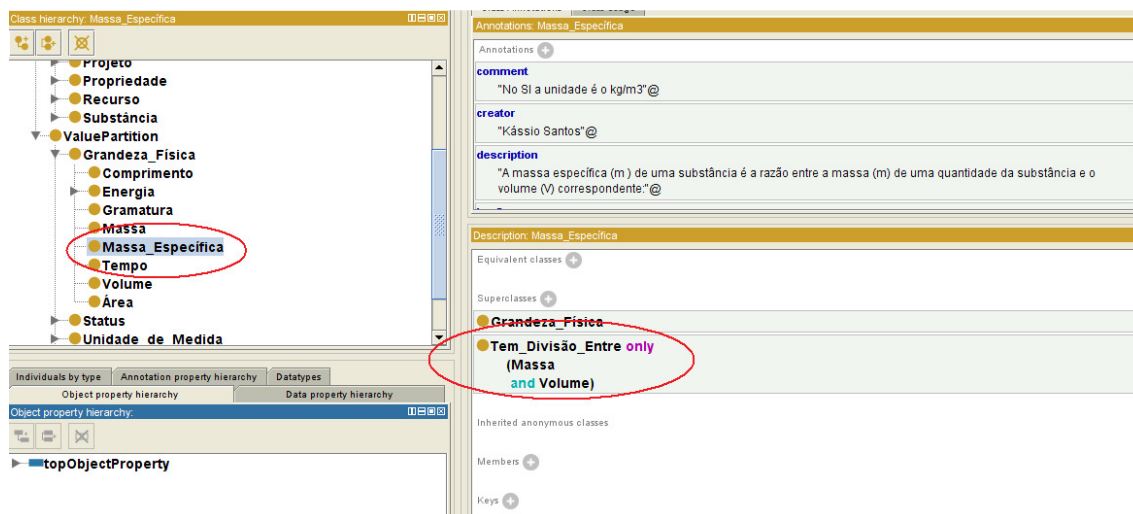


Figura 34 – Interoperabilidade entre Massa e Volume.

4.4.2 Interoperabilidade na fase do produto semi-acabado

Na próxima fase, a Ontologia de Referência também será um elo entre os Sistemas Sapiens e SGP. Na segunda fase do processo, Produto Semi-Acabado, no Sistema Sapiens a eficiência de produção é denominada pela Produção Bruta, enquanto que no Sistema SGP a eficiência é chamada de Produção de Referência.

A Produção Bruta é a quantidade de papel produzido na enroladeira das máquinas de papel, cartão e revestidora no período considerado. A Produção de Referência é a máxima quantidade de papel que a máquina, em condições específicas, teria condições de produzir na respectiva enroladeira para cada tipo de papel.

Conforme descrito na figura 35, ambos os sistemas têm como unidade de medida Tonelada, porém o que não permite a interoperabilidade entre os softwares SGP e Sapiens são suas diferentes nomenclaturas com relação à eficiência de produção.

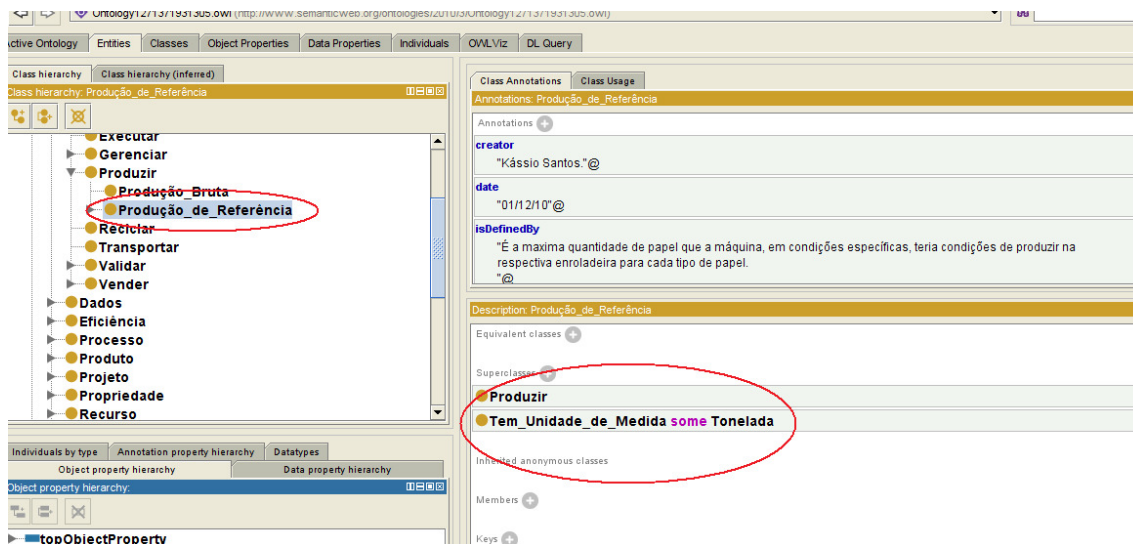


Figura 35 – Medição da Produção de Referência em Tonelada.

Para solução do problema de interoperabilidade entre os sistemas, os programas terão que recorrer à ontologia de referência criada, conforme é visto na figura 36.

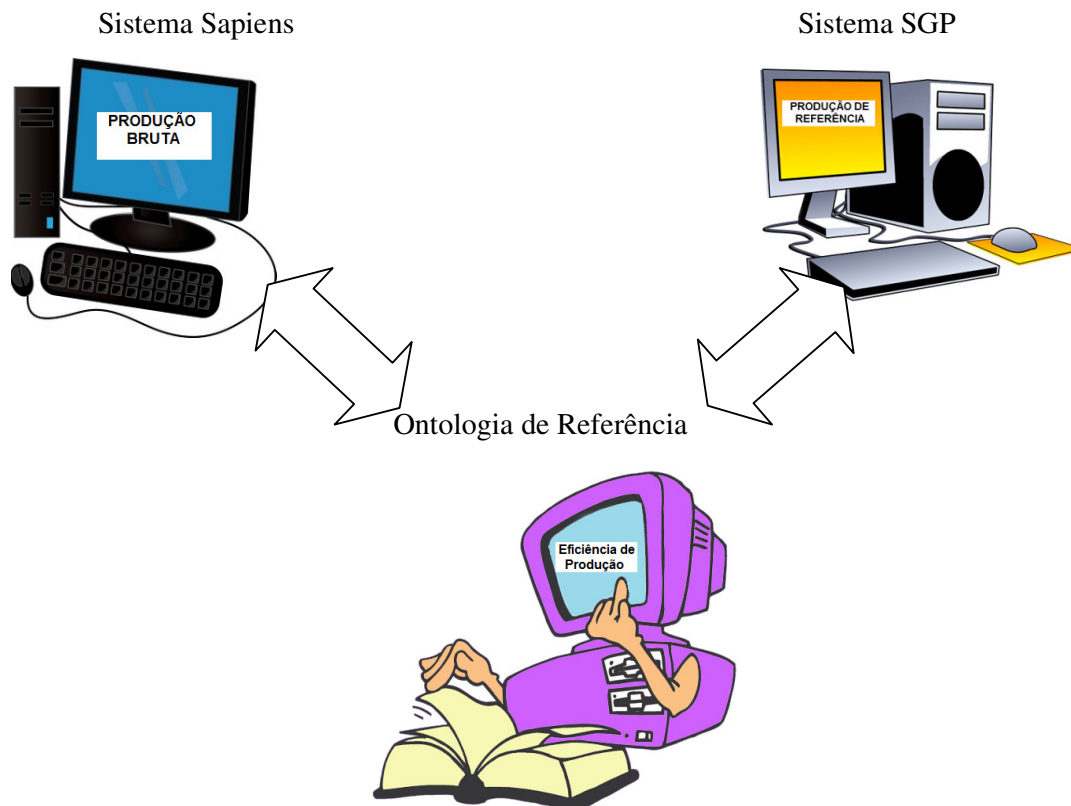


Figura 36 – Interoperabilidade entre os softwares Sapiens e SGP na fase do produto semi-acabado.

Na ontologia de referência a Eficiência de Produção é descrita como a relação, expressa percentualmente entre a produção realizada e a produção de referência da máquina calculada tomando como base o tempo de produção, conforme pode ser visualizado na figura 37.

Nesse caso a Eficiência de Produção funcionaria como o agente para a interoperabilidade entre a Produção de Referência e a Produção Bruta.

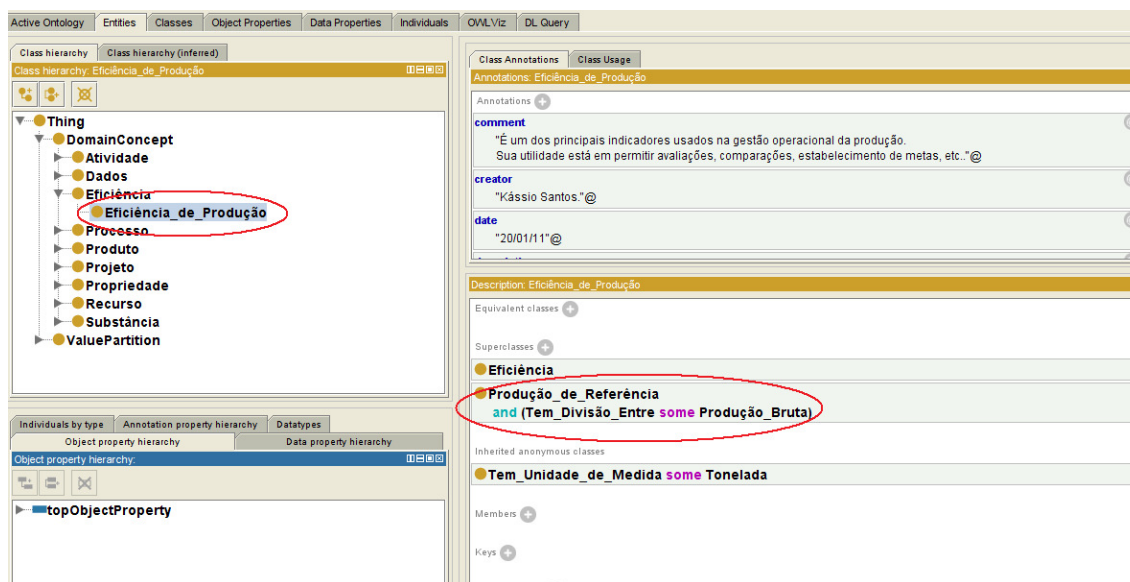


Figura 37 – Interoperabilidade entre Produção de Referência e Produção Bruta.

4.4.3 Interoperabilidade na fase de produto acabado

Na última fase do processo, na fase do Produto Acabado é medida a quantidade de material produzido.

No Sistema Sapiens o Produto Acabado é mensurado pela Massa em gramas, enquanto que pelo sistema SGP a medida é feita pela Área em metros quadrados, conforme pode ser visualizado nas figuras 38 e 39.

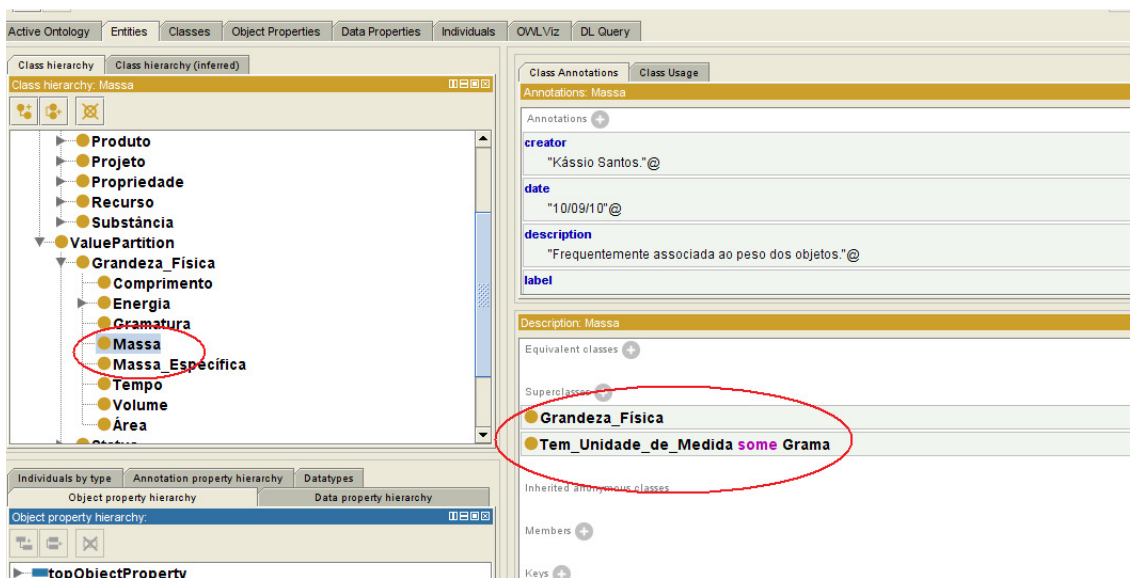


Figura 38 – Medição da Massa em Gramas.

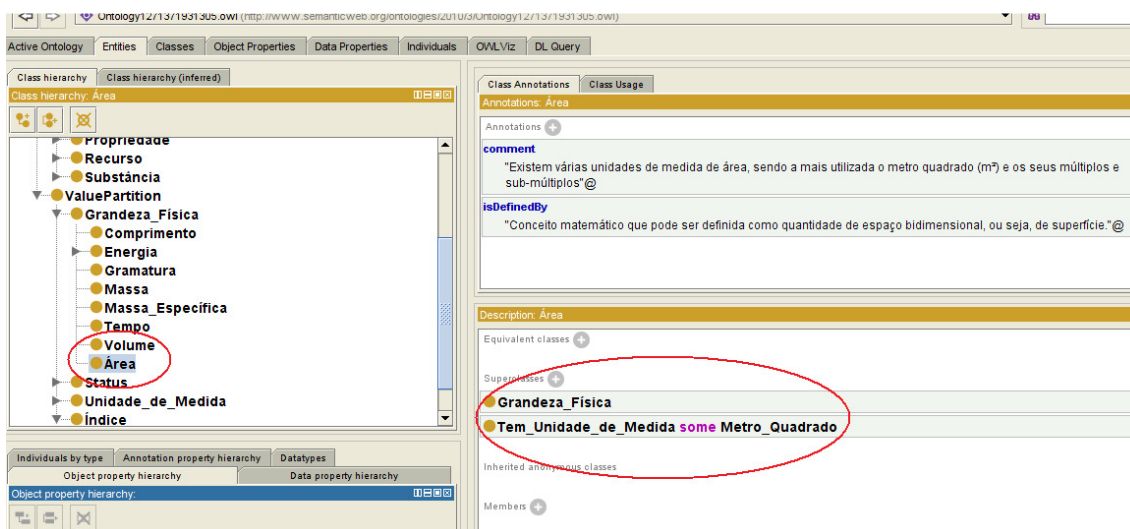


Figura 39 – Medição da Área em Metro Quadrado.

Para solução do problema de interoperabilidade entre os sistemas, será necessário recorrer a Ontologia de Referência. Nesse caso será utilizada a Gramatura, que é descrita como a medida da grossura e densidade de um papel, expressa em gramas por metro quadrado (g/m^2), conforme pode ser visualizado na figura 40. Sua especificação foi padronizada pela norma ISO 536. Quanto maior for à gramatura, mais "grosso" será o papel.

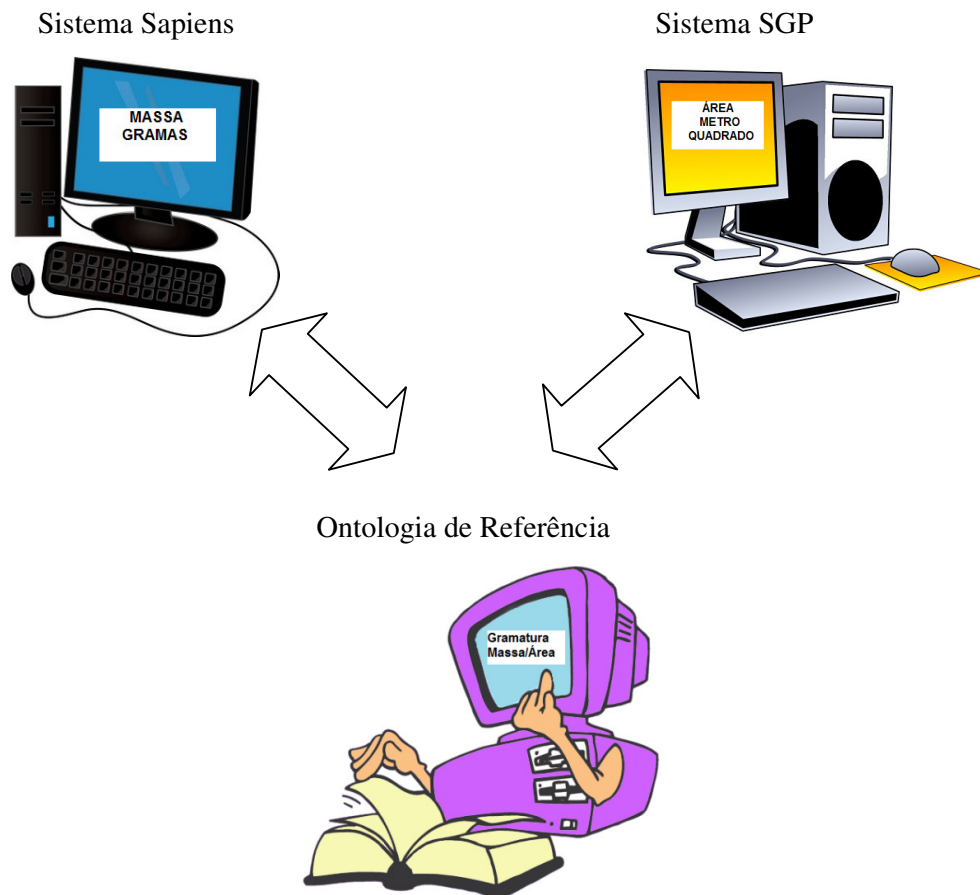


Figura 40 – Interoperabilidade entre os sistemas Sapiens e SGP na fase do Produto Acabado.

Na figura 41, é demonstrada a gramatura como sendo a divisão entre a massa e a área do produto papel, permitindo a interoperabilidade entre os Sistemas Sapiens e SGP.

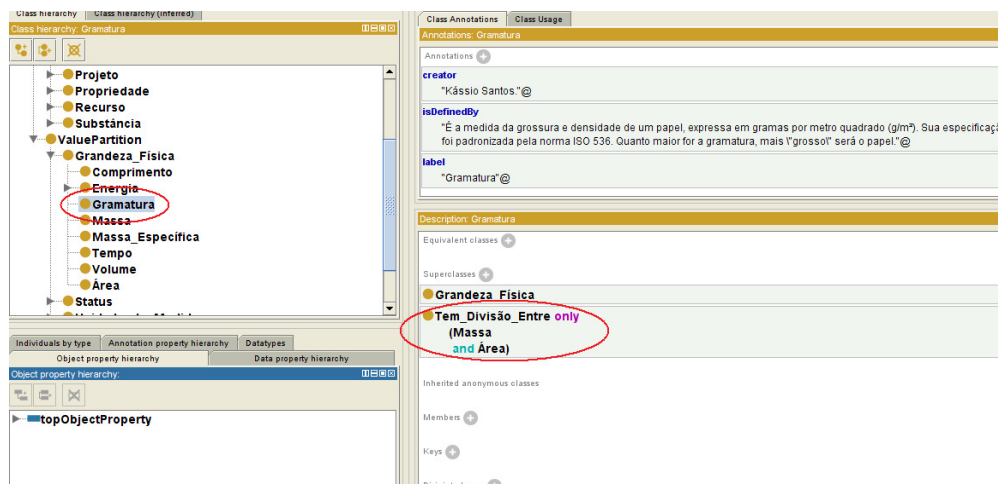


Figura 41 – Gramatura – Relação entre Massa e Área.

4.5 Análise e discussão dos resultados

O presente projeto de pesquisa buscou apresentar um modelo de interoperabilidade entre sistemas, adotando uma ontologia como referência para a troca de informações. Através dos cenários de troca de informações, foram demonstradas possibilidades de mapeamentos semânticos tendo como referência um estudo de caso.

Um das barreiras encontradas no início da pesquisa foi à dificuldade de se encontrar um estudo de caso que atendessem os objetivos iniciais do projeto. Para atender essa etapa foi enviado um questionário às empresas com o objetivo de buscar questões de demanda por problemas de interoperabilidade entre softwares.

Através da análise do questionário, concluiu-se que dentre as empresas que participaram da pesquisa, a maioria apresentava problemas de interoperabilidade entre seus sistemas durante as fases de gerenciamento do seu ciclo de vida. O critério de decisão para a escolha do estudo de caso se deu pelo fato de ter sido possível identificar claramente o ciclo de vida seguido pelo produto desenvolvido e fabricado pela empresa, juntamente com os sistemas de informação utilizados. Optou-se pela escolha da empresa de nome fictício Ontology, que produz papel cartão.

Após o interesse da empresa Ontology em participar do projeto, o estudo de caso foi baseado em seus softwares de gerenciamento industrial e de produção Sapiens e SGP, respectivamente.

Foi identificado através de visitas à empresa e acessos aos seus arquivos que os sistemas possuíam falhas de comunicação entre si, no que se referiam as nomenclaturas dos termos. Nesse sentido, foi criada uma Ontologia voltada ao ciclo de vida do produto da empresa Ontology, ou seja, o produto papel cartão.

Para representação do conceito de interoperabilidade o modelo conceitual foi desenvolvido tomando como referência a proposta de Cruz (2005), onde se adota uma ontologia como referência, estabelecendo mapeamentos entre a ontologia global e cada ontologia distribuída. O modelo foi apresentado na forma de um desenho esquemático, para facilitar a visualização e o entendimento da proposta. A opção pela escolha desse modelo se deve ao fato do modelo ser simples e bastante referenciado em trabalhos para a interoperabilidade de ontologias.

A Ontologia foi desenvolvida tendo como referência o quadro proposto por Grüninger e Uschold (1996), com a inserção de classes, propriedades e axiomas tomando

como base o gerenciamento do ciclo de vida do produto Papel Cartão. Adotou-se a abordagem proposta por Grüniger e Uschold, pois a metodologia possui algumas vantagens como identificar o porquê da construção da ontologia e possibilitar a integração com ontologias existentes, além de ser uma metodologia bastante conhecida nas pesquisas de ontologias.

Optou-se pela utilização do software Protégé para o desenvolvimento da ontologia pelo fato do sistema possuir uma grande variedade de plugins, o que permite a sua exportação em diversas linguagens (RDF, OWL, XML) e a criação e edição da ontologia através de uma interface gráfica. Além de ser uma ferramenta free, de fácil usabilidade e bem disseminada pela comunidade dos usuários de ontologias.

A linguagem utilizada para o projeto foi a OWL, por se tratar de uma linguagem criada para definir e instanciar ontologias na Web, podendo ser utilizada por aplicações que necessitam processar o conteúdo de informações em vez de apenas apresentar tais informações.

A partir da criação dos cenários de interoperabilidade buscou-se mostrar a proposta de interoperabilidade entre os softwares Sapiens e SGP, demonstrando como seria a implementação do modelo adotando a Ontologia de Referência para a troca de informações. Naturalmente, para que uma solução seja implementada, os sistemas em questão deveriam ser adaptados para a plataforma web, a fim de permitirem o compartilhamento de informações através de algum paradigma tecnológico, como por exemplo, a utilização de multiagentes.

O projeto não partiu para a programação dos softwares, visando à interoperabilidade entre os sistemas, devido às dificuldades intrínsecas de se criarem programas específicos em tempo hábil para a realização do trabalho.

O maior desafio encontrado durante a realização da pesquisa foi à aplicação do modelo de interoperabilidade no estudo de caso, devido às seguintes dificuldades:

- a) Falta de referências para a aplicação de Ontologias voltadas ao gerenciamento do ciclo de vida do produto.
- b) Construção de uma ontologia específica para o domínio.
- c) Desenvolvimento de axiomas para a interoperabilidade entre os softwares.

5 CONCLUSÃO

A capacidade de uma empresa de compartilhar descrições detalhadas de produto e outras informações por entre domínios funcionais ao longo do ciclo de vida de produto é fundamental para o desempenho da mesma. Para alcançar a sustentabilidade, a infraestrutura de informação precisa se deslocar para além dos silos de informação, em direção a um modelo em rede que forneça serviços a todas as fases do ciclo de vida.

O problema identificado no estudo de caso atinge indústrias de diversos segmentos e gera perdas imensuráveis nos processos de produção. Neste sentido, a utilização de ontologias é vista como uma das soluções mais promissoras e pesquisas na atualidade para a solução desses problemas de interoperabilidade.

O objetivo de propor uma abordagem semântica para interoperabilidade entre sistemas de informação utilizados ao longo do ciclo de vida de produtos, baseada na aplicação de ontologias de referência foi alcançado através da criação do modelo de interoperabilidade, da ontologia de referência e dos cenários de interoperabilidade do estudo de caso.

A falta de referências de ontologias voltadas ao gerenciamento do ciclo de vida do produto motivou a realização do projeto. Através do estudo buscou-se gerar uma contribuição nas pesquisas de ontologias, em construir uma ontologia formal com termos e definições que poderá ser tomada como referência para interoperabilidade semântica e criar um conceito funcional de interoperabilidade através de cenários de troca de informação entre sistemas durante o gerenciamento do ciclo de vida do produto.

É importante destacar que importantes observações foram feitas durante o desenvolvimento deste projeto no que diz respeito a modelos e métodos de aplicação de ontologias, interoperabilidade entre sistemas e a criação da ontologia de referência, como o modelo de Isabel Cruz para a interoperabilidade entre sistemas e o método de criação de ontologias desenvolvido por Grüninger e Uschold.

Supõe-se que a ontologia de apoio para a interoperabilidade de sistemas PLM poderá auxiliar projetos futuros, utilizando toda a estrutura proposta e gerada durante o desenvolvimento do trabalho.

Durante o desenvolvimento do presente projeto, foram abordados alguns pontos que futuramente poderão ser explorados. Sendo assim, podem-se enumerar algumas

oportunidades existentes dentro desse assunto, com o objetivo de contribuir com o presente estudo, sendo elas:

- a) Desenvolvimento de um programa para validar a aplicação proposta pelo modelo de interoperabilidade.
- b) Evolução das ontologias voltadas ao do ciclo de vida de produtos em diversos segmentos industriais.
- c) Inclusão de novos termos (classes, propriedades, axiomas) na ontologia desenvolvida pelo projeto e adotá-la como referência para trabalhos futuros.

6 REFERÊNCIAS

ABTCP (**Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel**). Disponível em <<http://www.abtcp.org.br>> Acesso em: 14 de março de 2010.

ALTOVA (**Altova Semantic Works**). Disponível em <http://www.altova.com/products/semanticworks/semantic_web_rdf_owl_editor.html> Acesso em 10 junho de 2009.

AMBITE, J. L; KNOBLOCK, C. A; MUSLEA, I; PHILPOT, A. G. **Compiling Source Descriptions for Efficient and Flexible Information Integration**. p.149–187, 2001. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1023/A:1011289701371>> Acesso em 11 de setembro de 2009.

AMODIO, C C; CZIULIK, C; UGAYA, C; FERNANDES, E; SIQUEIRA, F; ROZENFELD, H; TOBIAS, R J; SANTOS, K; LAZZARI, M; BORSATO, M; BERNASKI, P; JULIANO, R; BRANÍCIO, S. **Ontologia PLM Project: development and preliminary results**, 2008.

AMORIM, S. R. L. **Tecnologia, organização e produtividade na construção**. Rio de Janeiro, 1995, 118 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

ARANGO, G. **Domain Analysis Methods**, Software Reusability. p.17-49 Hemel Hempstead, England, Ellis Horwood, 1994.

ARMS, W. **A spectrum of interoperability: the site for science prototype for the NSDL**. Dlib Magazine, v.8, n.1, 2002.

BAX, M; **Uma visão geral sobre ontologias: pesquisa sobre definições, tipos, aplicações, métodos de avaliação e construção**, 2003.

BAIRD, S; **A Government Role and the Interoperability Ecosystem**. ICEGOV2007, 2007.

BECHHOFFER, S; HARMELEN, F. V; HENDLER, J; HORROCKS, I; MCGUINNESS, D. L; PATEL-SCHNEIDER, P. F; STEIN, L. A. **OWL Web Ontology Language Reference**,

2010. Disponível em <<http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-ref-20040210/>>. Acesso em 10 de Abril 2010.

BERNERAS, A; LARESGOITI, I; CORERA, J. **“Building and Reusing Ontologies for Electrical” Network Applications.**European Conference of Artificial Intelligence, 1996.

BINGI, P. **Critical Issues Affecting an ERP Implementation.** In J.M. Myerson **Enterprise Systems Integration**: p.425-438. Auerbach Publications, CPC Press, 2001.

BISHR, Y. **Semantic Aspect of Interoperable GIS.** Ph.D. Thesis, Wageningen Agricultural University, Netherlands, 1997.

BLOIS, M; ESCOBAR, M; CHOREN, R; **“Using Agents and Ontologies for Application Development on the Semantic Web”.** Journal of the Brazilian Computer Society, vol.1, 2007.

BORST, W. N; **Construction of engineering Ontologies for Knowledge sharing and reuse.** Thesis. University of Twente, Enschede, Netherlands, p.243, 1997.

BRUNNERMEIER, S. B; MARTIN, S. A; **Interoperability Cost in the US. Automotive supply chain.** **Supply Chain Management**: An International Journal, vol 7 n. 02, p. 71-82, 2002. Disponível em: <<http://www.emeraldinsight.com/index.htm>>. Acesso em 07 de julho de 2010.

BURANARACH, M; **The Foundation for Semantic Interoperability on the World Wide Web.** Department of Information Science and Telecommunications School of Information Sciences, University of Pittsburgh, Novembro, 2011.

BUSSE, S; KUTSCHE, R.-D; LESER, U; WEBER, H. **Federated Information Systems: Concepts, Terminology and Architectures,** 1999. Disponível em <<http://cis.cs.tu-berlin.de/Dokumente/Papers/1999/BKLW99.ps.gz>>. Acesso em 11 de agosto de 2010.

CAFEZEIRO, I; VITERBO, J; RADEMAKER, A; ENDLER, M; HAEUSLER, E. H. **“A formal Framework for modeling context-aware behavior in ubiquitous computing”** **Communications in Computer and Information Science**, V.17, 2008.

CAMPOS, M, C; **Interoperabilidade entre Sistemas Distribuídos Utilizando Web Services**, Faculdades Integradas Cândido Rondon, 2006.

CANTELE, R; ADAMATI, D; FERREIRA, M. **Reengenharia e Ontologias: Análise aplicação**. Universidade de São Paulo. Poli USP 2004. In I Workshop de Web Semântica – WWS 2004. Disponível em: <[http:// www.iti.pcs.usp.br/publicacoes/publicacaoe2004.html](http://www.iti.pcs.usp.br/publicacoes/publicacaoe2004.html)> Acesso em 18 de outubro de 2009.

CIMDATA Report (2002). **Product Lifecycle Management: Empowering the future of business**, 2002. Disponível em: <http://www.cimdata.com/publications/PLM_Definition> Acesso em: 20 de outubro de 2010.

CIMDATA (2003). **“PDM to PLM: Growth of an Industry”**. A CIMDATA Market Report. Março de 2003. Disponível em: <<http://www.cimdata.com/>>. Acesso em 3 de outubro 2009.

CHAUDRI, V; **Open Knowledge base connectivity specification**. V 2.0, SRI and Knowledge Systems Laboratory, Stanford University, 2008.

Commission of the European Communities, **Linking up Europe: the Importance of Interoperability for e-Government Services**. Commission Staff Working Paper SEC, 2003. Disponível em < http://www.csi.map.es/csi/pdf/interoperabilidad_165.pdf> Acesso em 24 de abril de 2010.

CRUZ, I; XIAO, H; HSU, F; **An Ontology based Framework for XML Semantic Integration**. Department of Computer Science.University of Illinois at Chicago, 2005.

CUNHA, M; SOUZA, M; ALMEIDA, H. **Dificuldades com integração e interoperabilidade de sistemas de informação nas instituições públicas de ensino – Um estudo de caso no CEFET-AL**, 2005.

FALBO, R.A. **Integração de Conhecimento em um Ambiente de Desenvolvimento de Software**, Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ, 1998.

FAGIN, R; KOLAITIS, P. G; MILLER, R. J; POPA, L. **Data Exchange: Semantics And Query Answering**. 2005. Disponível em:

<<http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1085304.1085309>> , Acesso em 11 de outubro de 2010.

FARQUHAR, A; FIKES, R; RICE, J. **The ontolingua server. USA: a tool for collaborative ontology construction.** Duluth: Academic Press, 1997. p. 707-727.

FELICÍSSIMO, C. H; **Interoperabilidade Semântica na Web: Uma Estratégia para o Alinhamento Taxonômico de Ontologia.** Dissertação de Mestrado, PUC-RIO, 2004.

FENSEL, D; **Ontologies: Silver Bullet for Knowledge Management and Electronic Commerce,** Springer-Verlag, Berlin, 2001.

FERNÁNDEZ, M; GOMÉZ-PERÉZ, A; JURINO, N. **Methontology: From ontological art towards ontological engineering.** In Symposium on Ontological Engineering of AAAI, Stanford – Califórnia, 1997.

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, M. **Building a chemical ontology using Methontology and the ontology design environment: IEEE Intelligent Systems & their Applications,** p. 37-46, 1999.

FONSECA, F; EGENHOFER, MAX; BORGES, KARLA. **Ontologia e Interoperabilidade Semântica entre SIG'S.** 2006.

FRIEDMAN, M; LEVY, A; MILLSTEIN, T. **Navigational Plans For Data Integration. Proceedings Of The Sixteenth National Conference on Artificial Intelligence and the Eleventh Innovative Applications of Artificial Intelligence Conference,** p. 67–73, Menlo Park, CA, USA, 1999. American Association for Artificial Intelligence. Disponível em <<http://portal.acm.org/citation.cfm?id=315149.315229>>, Acesso 11 de novembro de 2010.

GALLAHER, M.P. **Cost Analysis of Inadequate Inoperability in the Capital Facilities Industry.** *National Institute of Standards and Technology (NIST) Technical Report No. NIST GCR-04-867, August, 2004.*

GALUPPO, F; FEIJÓ, M. “**Desenvolvendo com C#, 1ª edição,** p.496”, 2004.

GARETTI, M; TERZI, S; BRIANZA, N; **Organizational change and knowledge management in PLM implementation.** *Int. J. Product Lifecycle Management, Vol 1, 2005.*

GARDARIN, G; DANG-NGOC, T. T. **Mediating the Semantic Web**. 2004. Disponível em <<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/9145/29024/01307577.pdf>>, Acesso em 21 de agosto de 2010.

GÓMEZ-PÉREZ, A; GONZÁLEZ-CABERO, R; LAMA, M. **A Framework for Design and Composing Semantic Web Services**”, *IEEE Intelligent Systems*, vol. 16, pp. 24–3.2004.

GÓMEZ-PÉREZ, A. **Evaluation of taxonomic knowledge in Ontologies and knowledge bases**. *In: TWELFTH WORKSHOP ON KNOWLEDGE ACQUISITION, MODELING AND MANAGEMENT*, 1999.

GÓMEZ-PÉREZ, A; CORCHO, O. **Ontology Languages for the Semantic Web**. *IEEE Intelligent Systems*, 2002.

GRIEVES, M; **Product Lifecycle Management. Driving the next generation of lean thinking**. New York. McGraw-Hill, 2006.

GRUBER, T.R; **Towards principles for the design of ontologies used for Knowledge sharing**. International Workshop on Formal Ontology, Padova, Italy 1993.

GRUBER, T.R; 1996. **What is an ontology?** Disponível em:<<http://wwwksl.stanford.edu/kst/what-is-na-ontology.html>>. Acesso em: 03 dezembro de 2009.

GRUNINGER, M; CIOCOIU, M; NAU, D; **Ontologies for Integrating Engineering Applications**, 2000.

GRUNINGER, M; **Model Theoretic Approaches to Semantic Integration**, 2005.

GRUNINGER, M; FOX, M.S; USCHOLD. **Methontology for the design and evaluation of ontologies**. Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing. Montreal, 1995.

GUARINO, N; **Semantic Matching: Formal Ontological Distinctions for Information Organization, Extraction, and Integration**. A Multidisciplinary Approach to an Emerging Information Technology, International Summer School, SCIE-97, Frascati, Italy, pp. 139-170, 1997.

GUARINO, N; WELTY, C. **Conceptual modeling and ontological analysis**. Slides presented at the AAI-2000 Tutorial on Conceptual Modeling and Ontological Analysis, 2000.

JASPER, R; USCHOLD, M. **A Framework for understanding and classifying ontology applications**. VoyagerInn, Banff, Alberta, Canada, 1999.

JONES, D; BENCH-CAPON, T; VISSER, P. **Methodologies for ontology development**, 1998. Disponível em: <<http://cweb.inria.fr/Resources/ONTOLOGIES/methodo-for-onto-dev.pdf>>. Acesso em: 27 junho de 2010.

HANDSCHUCH, S; MAEDCHE, A; STOJANOVIC, L; **The Karlsruhe Ontology and Semantic Web Infrastructure**, Disponível <<http://kaon.semanticWeb.org/kaon/white-paper.pdf>, 2001> Acesso em: 13 de agosto de 2010.

HEFLIN, J; HENDLER, J; LUKE, S. **SHOE: A Knowledge Representation Language for Internet Applications**. Relatório Técnico CS-TR-4078, 1999.

HORRIDGE, M; **A practical guide to building OWL ontologies using Teh Protégé-OWL Plugin and CO-ODE**. The University of Manchester and Stanford University, 2004.

HORROCKS, J; SATLER, S; TOBIES, A. **Use of Ontologies in a pervasive computing environment**, Department of Computer Science, University of Illinois, Urbana-Champaign, USA, 1999.

KENT, R; **Conceptual Knowledge Markup Language: The Central Core**, 1999. Disponível em <<http://sern.ucalgary.ca/ksi/kaw/kaw99/papers/Kent1/CKML.pdf>> Acesso em 21 agosto 2010.

KARP, P.D; CHAUDHRI, V.K; THOMERE, J. **XOL: An XML-based ontology exchange language** - Version 0.4, Relatório, 1999.

KOTLER, P; **Administração de Marketing** – 10 Edição. Prentice Hall, 2000.

LEGER, A; **Ontology domain modeling support for multilingual services in e-commerce**. 2000. Disponível em: <<http://mkbeem.elibel.tm.fr/paper/ecai00-final.pdf>>. Acesso em: 22 de novembro de 2010.

LEITE, M **SWS-GIS: Uma arquitetura baseada em serviços para uma federação de Spatial Data Infrastructures**. UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA, 2007.

LLOYD, R; **Metric mishap causes loss of NASA orbiter**, CNN Interactive, 1999.

LÓPEZ, M; GÓMEZ-PÉREZ; JURINO, N. “**Methontology: From ontological art towards ontological engineering**”. Spring Symposium Series, pp. 33-40, Stanford, 1997.

MA, S; FUH, E; “**Product lifecycle modelling, analysis and management**”, Special Issue of Computers in Industry, Volume 59, Issues 2-3, Pages 107-320. 2008.

MAEDCHE, A; NUNO SILVA, P; MOTIK, B; VOLZ, R; - **A Mapping Framework for Distributed Ontologies. Karlsruhe.** 2002.

MANOV, D; EHRING, M. **State-of-the-art survey on ontology merging and aligning.** Digital Enterprise Research Institute, University of Innsbruck, 2005.

MAHALINGAM, K; HUHNS, M. N. **An ontology tool for query formulation in an agent-based context.** In: IFCIS INTERNATIONAL CONFERENCE ON COOPERATIVE INFORMATION SYSTEMS, 1997.

MARK, D; SMITH, B; B. TVERSKY. **Ontology and geographic objects: An empirical study of cognitive categorization.** Cognitive and Computational Foundations of Geographic Information Science, number 1661 in Lecture Notes in Computer Science, pages 283–298. Springer Verlag, 1999.

MARTIN, OWL-S; **The owl-s editor a development tool for semantic web services**, 2004.

MIKA, P; **Social Networks and the Semantic Web.** Springer Science Business Media LCC, 2007.

MOREIRA, M. M; **Integração Semântica de Sistemas de Informação.** Dissertação de Mestrado, PUC-RIO, 2003.

NECHES, R; FIKES, R; FININ, T.W; **Enabling Technology for Knowledge Sharing**, **AI Magazine**, v. 12, n. 3, p.36-56. 1991.

NOVELLO, T, C; “**Ontologias, Sistemas baseados em Conhecimento e Modelos de Banco de Dados**”, 2003.

NOY, F. N; GUINNESS, D. L; **Ontology development 101: a guide to create your first ontology**. 2001.

ORGUN, B; DRAS, M; NAYAK, A; **Approaches for Semantic Interoperability between Domain Ontologies**. 2006.

PAPAZOGLU, M; RIBBERS, A; “**e-Business: Organizational and Technical Foundations**”. J.Wiley & Sons, 2006.

PREDOIU, L; FEIER, C; SCHARFFE, F; DE BRUNIN, J; MARTIN-RECUERDA, F; MANOV, D; EHRING, M. **State-of-the-art survey on ontology merging and aligning v2**. Technical Report D4.2.2, Digital Enterprise Research Institute, University of Innsbruck, 2005.

PROTÉGÉ: **home, overview, documentation, downloads, community, about us**. Disponível em: < <http://protege.stanford.edu/index.html>>. Acesso em: 10 maio de 2010.

ROBLES JÚNIOR, A; **Custo da qualidade: uma estratégia para a competição global**. São Paulo: Atlas, 1994.

ROTHBERG, R; **Corporate Strategy and Product Innovation** ed.2 Nova York: The Free Press, 1991.

STARK, J; **Product Lifecycle Management**. Century Paradigm for Product Realization. London, Springer 2006.

SANTOS, M; **O PLM – Gerenciamento do ciclo de vida do produto transformando negócios em empresas classe mundial** - Brasilmatics, 2004.

SCHREIBER, A. T; WIELINGA, B. J; JANSWEIJER, H. **The KACTUS view on the 'O' word**. In D. Skuce, N. Guarino & L. Bouchard, 1995.

SMITH, M. K; WELTY, C; MCGUINNESS, D. L; **OWL Web Ontology Language Guide**. 2004. Disponível em <<http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-20040210/>>, Acesso em: 3 de Abril de 2010.

STARK, J. **Product Lifecycle Management. Century Paradigm for Product Realisation**. London, Springer 2006.

TEIXEIRA, M; **O PLM – Gerenciamento do ciclo de vida do produto transformando negócios em empresa classe mundial**, Brasilmatics, 2004.

USCHOLD, M; JASPER, R.A. **Framework for Understanding and Classifying Ontology Applications**. In: WORKSHOP ON ONTOLOGIES AND PROBLEMSOLVING METHODS, Stockholm, Sweden, 1999.

USCHOLD, M; GRUNINGER, M. **Ontologies: principles, methods and applications**. **Knowledge Engineering Review**. Vol 11, num 2. 1996.

VALDANBRINI, C. A; **O Gerenciamento do Conhecimento do Produto como fator de competitividade na Gestão do Ciclo de Vida do Produto**. Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Gestão de Negócios da Universidade Católica de Santos, 2008.

WANG, L. C; "Power Allocation Mechanisms for Downlink Soft Handoff in the WCDMA System," Chap. 19, **DESIGN AND ANALYSIS OF WIRELESS NETWORKS**, Science Publishers, 2005.

World Wide Web Consortium (W3C-OWL) 2004. W3C Web-Ontology (WebOnt) Working Group web site. Disponível em < <http://www.w3c.org/2001/sw/WebOnt/>> Acesso em: 2 de abril de 2010.

World Wide Web Consortium (W3C-OWL) 2007. Patel-Schneider, Hayes, Horrocks.

ZANCUL, E. D. **Gestão do Ciclo de vida dos produtos: seleção de sistemas PLM com base em modelos de referência**. Escola de Engenharia de São Carlos (EESC), 2009.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO ENVIADO AS EMPRESAS

DADOS GERAIS DA EMPRESA

- 1 LOCALIZAÇÃO:
- 2 TIPO DE EMPRESA: MANUFATURA, TI, DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO?
- 3 PRINCIPAIS PRODUTOS?
- 4 SOFTWARES UTILIZADOS?
- 5 ATENDE AS PRINCIPAIS ETAPAS DO CICLO DE VIDA DO PRODUTO?
- 6 POSSUI PROBLEMAS DE INTEROPERABILIDADE ENTRE OS SOFTWARES?
- 7 OS SOFTWARES SÃO DESENVOLVIDOS ESPECÍFICAMENTE PARA A EMPRESA?
- 8 POSSIBILIDADES DE SEREM REALIZADAS VISITAS PARA LEVANTAMENTO DE DADOS?
- 9 LIBERDADE DE ACESSO AS INFORMAÇÕES?

APÊNDICE B – QUESTÕES DE COMPETÊNCIAS INFORMAIS

- 1) Quais unidades de medida são utilizadas?
- 2) Quais são as etapas do processo?
- 3) Como é medida a eficiência do processo?
- 4) Quais são as principais atividades realizadas durante o ciclo de vida do produto?
- 5) Como a informação é estruturada?
- 6) Quais métodos são utilizados para o controle da qualidade?
- 7) Quais substâncias químicas são utilizadas no processo?
- 8) Como o produto é recuperado (reciclado)?
- 9) Como o produto é embalado e distribuído?
- 10) Como o material é estocado?
- 11) Como a matéria-prima é selecionada?
- 12) Como o consumo de energia é mensurado?
- 13) Quais índices são importantes para avaliar os impactos ambientais do processo?
- 14) Como são classificados os tipos de papéis?
- 15) Quais são os custos impactantes no processo?
- 16) Como é realizado o gerenciamento dos projetos?
- 17) Quais são as etapas de tingimento?
- 18) Quais são as etapas de secagem?
- 19) Quais são os tamanhos padrões para o papel cartão?
- 20) Como é feita a separação e tratamento dos resíduos?
- 21) Quais são as faixas de gramatura utilizadas?
- 22) Qual é o teor máximo de umidade?
- 23) Qual é o teor máximo de impurezas?
- 24) Qual é o teor máximo de materiais proibitivos?

