



Universidade Federal de Santa Catarina
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia e Gestão do Conhecimento

Renato Balancieri

**UM MÉTODO BASEADO EM ONTOLOGIAS PARA
EXPLICITAÇÃO DE CONHECIMENTO DERIVADO DA
ANÁLISE DE REDES SOCIAIS DE UM DOMÍNIO DE
APLICAÇÃO**

Florianópolis
2010

Catálogo na fonte pela Biblioteca Universitária
da
Universidade Federal de Santa Catarina

B171m Balancieri, Renato

Um método baseado em ontologias para explicitação de conhecimento derivado da análise de redes sociais de um domínio de aplicação [tese] / Renato Balancieri ; orientador, Roberto Carlos dos Santos Pacheco. - Florianópolis, SC, 2010. 184 p.: il., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento.

Inclui referências

1. Engenharia e gestão do conhecimento. 2. Estrutura social. 3. Ontologias (Sistema de recuperação da informação). I. Pacheco, Roberto C. S. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento. III. Título.

CDU 659.2

Renato Balancieri

**UM MÉTODO BASEADO EM ONTOLOGIAS PARA
EXPLICITAÇÃO DE CONHECIMENTO DERIVADO DA
ANÁLISE DE REDES SOCIAIS DE UM DOMÍNIO DE
APLICAÇÃO**

Proposta de tese a ser apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Engenharia e Gestão do Conhecimento.
Orientador: Roberto Carlos dos Santos Pacheco, Dr.

Florianópolis
2010

Renato Balancieri

**UM MÉTODO BASEADO EM ONTOLOGIAS PARA
EXPLICITAÇÃO DE CONHECIMENTO DERIVADO DA
ANÁLISE DE REDES SOCIAIS DE UM DOMÍNIO DE
APLICAÇÃO**

Esta tese foi julgada e aprovada para a obtenção do grau de Doutor em Engenharia e Gestão do Conhecimento no Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento da Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, 25 de outubro de 2010.

Prof. Roberto Carlos dos Santos Pacheco, Dr.
Coordenador do Programa

Prof. Ronaldo dos Santos Mello, Dr., UFSC – Moderador

Prof. Hernane Borges de Barros Pereira, Dr., UEFS – Membro

Profª. Maria Madalena Dias, Dra., UEM - Membro

Prof. José Leomar Todesco, Dr., UFSC - Membro

Prof. Roberto Carlos dos Santos Pacheco, Dr., UFSC - Orientador

RESUMO

A Análise de Redes Sociais (ARS) permite compreender a dinâmica de relações, identificar fluxos de informação, mecanismos e agentes de poder e analisar ambientes complexos de interações. Os métodos de ARS, portanto, para apresentarem seus resultados necessitam de um especialista em ARS que possa traduzir os índices produzidos na linguagem do domínio do problema analisado. Esta dependência do especialista em ARS limita a aplicabilidade do instrumento a situações em que ele está disponível. A engenharia do conhecimento e a engenharia de ontologias têm viabilizado a explicitação de conhecimentos associados a tarefas intensivas em conhecimento. A ARS é um tipo de tarefa intensiva em conhecimento, pois cabe ao seu especialista derivar novos conhecimentos sobre um domínio estudado, a partir do que ele conhece dos elementos da ARS. Nesta tese propõe-se um método baseado em ontologias para que os resultados da ARS sejam apresentados na linguagem do domínio de sua aplicação. O método proposto está baseado em três ontologias: uma para codificar o problema a ser tratado (ontologia de domínio), outra que codifica medidas da ARS (ontologia de tarefa) e uma terceira para codificar as deduções que o especialista em ARS realiza quando descreve o significado das medidas no âmbito do domínio estudado (ontologia de aplicação). Neste trabalho também é apresentada a verificação da aplicabilidade do método proposto em um domínio do conhecimento de CT&I e a compara com os resultados produzidos por uma ferramenta de ARS para este mesmo domínio. Além disso, o trabalho apresenta uma pesquisa empírica de opinião de usuários de conhecimento no domínio da CT&I, com o objetivo de conhecer a visão destes usuários quanto à compreensibilidade dos resultados apresentados pelo método proposto e, em particular, sua comparação com os resultados apresentados por método convencional de ARS.

Palavras-chave: Redes Sociais; Análise de Redes Sociais; Ontologias; Engenharia do Conhecimento.

ABSTRACT

Social Network Analysis (SNA) allows us to understand the dynamics of relationships, identify information flows, mechanisms and agents of power to analyze complex environments and interactions. The methods of SNA, therefore, to present their results need to be an expert in SNA that can translate the indices produced in the language of the problem domain analysis. This dependence on expert SNA limits the applicability of the instrument in situations where it is available. The knowledge engineering and ontology engineering have enabled the explicit knowledge associated with knowledge intensive tasks. The SNA is a type of knowledge-intensive task, because it is your specialist derive new knowledge about an area studied, from what he knows of the elements of SNA. This thesis proposes a method based on ontologies for the results of the SNA are presented in the language of domain your application. The proposed method is based on three ontologies: one for encoding the problem to be treated (domain ontology), which encodes other measures of SNA (task ontology) and a third code for the inferences that the expert when it describes the SNA held significance of the measures within the area studied (application ontology). This work also shows the applicability of the proposed method in a field of knowledge of STI and compares the results produced by a tool SNA for the same domain. In addition, the paper presents an empirical study of users' opinions of knowledge in the field of STI, in order to meet the vision of users as to the comprehensiveness of the results presented by the proposed method and, in particular, its comparison with the results presented by conventional method of SNA.

Keywords: *Social Networks, Social Network Analysis, Ontologies, Knowledge Engineering.*

DEDICATÓRIA

*Aos meus pais, João e Zelma,
pelo incentivo, confiança e exemplos de força e superação.*

*A minha amada esposa Adriana,
pelo seu apoio e amor constante em todos os momentos.*

AGRADECIMENTOS

Meu amado Jesus: “Agradeço por ter me concedido essa dádiva maravilhosa que é viver. Obrigado pela força, refúgio, consolo e por saber que tudo pertence a Ti, inclusive toda vitória alcançada em minha vida”.

Ao meu orientador, professor Roberto Pacheco: “Sou grato por sua amizade, paciência, dedicação, ensinamentos e pela oportunidade de trabalhar com você”.

Aos professores do EGC que contribuíram com seus ensinamentos e também aos funcionários do EGC pelo empenho em nos atender sempre que solicitados.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo financiamento de parte dos estudos no *Department of Computer and Management Sciences – University of Trento/IT*.

A Prof^ª. Roberta Cuel (*University of Trento*): “Grato pelo apoio, atenção, oportunidades e direções apontadas. *Grazie Mille*”!

Obrigado aos doutorandos italianos Diego Ponte e Carlo Rizzi, pela receptividade, amizade, e alegria (*Pollo con patate*) no período em que estive em Trento.

Ao Instituto Stela: obrigado pelo apoio nesta empreitada e pelos nove anos de aprendizado. Agradeço esta instituição na pessoa do Alexandre Gonçalves, Alexandre Marques, Alfredo, Andréa Bordin, Andréa Steil, Andreza, Aran, Cid, D. Celeste, Denilson, Dhiogo, Domingos, Fabiano, Fernando Ghisi, Fernando Montenegro, Flávio, Jaison, Joseane, Mallmann, Lucas, Marcos, Marcelo Marchezan, Márcio Feijó, Márcio Napoli, Marcos Marchezan, Mayara, Mônica, Natália, Otte, Rafael Motta, Ricardo Pires, Righetto, Rita, Roberta, Rosângela, Rudger, Salm, Sandra, Tiago Oliveira, Tite e Vinícius.

Aos colegas de trabalho e alunos do Departamento de Informática (UEM), pela compreensão, companheirismo e amizade. Em especial, agradeço a Prof^ª. Maria Madalena Dias, que muito me incentivou a ir para Florianópolis para fazer o mestrado.

Aos amigos da República dos “Pé Vermeio” (Alessandro, Paulo e Wagner): “Passamos por muita coisa juntos, momentos preciosos para

mim, obrigado por terem me aguentado e contribuído em muito para me fazer crescer”.

Aos amigos do GOU (Grupo de Oração Universitário) de Floripa (Alexandre Camargo, Denise, Kétner, Lígia, Alessandra, Renatinho, Larissa, Marlon, Gislaíne, Daniel, Rafael, Sayonara, Luiz Alcides, Letícia, Daiane, Guilherme, Helton, Fabrício, Jeane, Aires, Cássia): “Sou grato por terem sido a minha família, isso tornou a minha estadia muito mais suave”.

Aos amigos Luiz Magno e Michelle: “Amigos assim, queremos aos montes. Obrigado pelos preciosos conselhos, pela amizade, pela generosidade e pelo cuidado que dedicam a mim e a minha família”.

A minha afilhada Luiza: “Obrigado por iluminar minha vida”.

Aos amigos Vivi e Filipe: “Agradeço a Deus, porque Ele me deu vocês. Obrigado pelo amor sem reservas”.

A família Passarela dos Reis (Léo, H, Lucas e Lana): “Sou grato por ter convivido com vocês, obrigado por fazerem parte da minha história”.

Aos amigos Fábio Favarim e Edson Camargo: “Obrigado pelos conselhos, partilhas, sonhos e churrascos”.

A minha amiga Patrícia Areas: “Sou grato por ter compartilhado com você as angústias, alegrias e sonhos. Ainda iremos escrever nosso livro”.

Ao amigo Alexandre Matiello: “Agradeço pelas orações, telefonemas e palavras de apoio. Em um dos momentos mais difíceis nesta caminhada, você foi o instrumento de Deus para me levantar. Obrigado”.

Aos meus amigos Oscar e Irecê: “Sou grato porque Deus os usou para soprar sobre mim como vento e tirar toda cinza. E soprou o vento do Espírito Santo e o fogo recomeçou”!

A minha amiga Geni: “Sou grato pelas lições de amor e cuidado com o próximo. Você é demais”!

Aos meus amigos do GPP (Grupo de Partilha de Profissionais) de Maringá (Luciene, Ronaldo, Claudivan, Rafael, Greice, João Adriano, Alan, Alessandra, Annabella, Weslei, Gláucia, Janaína, Virginia): “Agradeço por orarem pelos meus sonhos e por partilharem comigo suas vidas”.

A todos os amigos do Ministério Universidades Renovadas: “Sonho que se sonha só, é apenas um sonho, mas sonho que se sonha juntos, é realidade. Obrigado por sonharem comigo”.

Ao meu bem maior, minha família, pelo apoio incansável: meus pais (João e Zelma) e meus sogros (Otávio e Tereza), pelo exemplo de vida e de batalha, e por me repassarem valores singulares, os quais me tornaram uma pessoa melhor; minhas irmãs (Silvana e Sirlene), meus cunhados (Beto, Marina, Márcia, Miguel, Valmir e Waldeley) por me apoiarem sempre e torcerem pelo meu sucesso; os sobrinhos pelos quais sou apaixonado, Bruno, Carol, Eduardo, Gabriel, João Guilherme, Lucas e Maria Tereza, por me trazerem alegria e me confortarem com seu sorriso.

E, em especial, a quem dedico este trabalho, minha esposa Adriana: “Te amo! Sem você não teria conseguido, você é meu porto seguro. Obrigado pela sua compreensão, carinho, apoio e incentivo sempre”!

Aos meus filhos que ainda não nasceram: saibam que já são amados, preciosos e queridos!

Finalmente, agradeço a todos que não foram citados, mas que de alguma forma contribuíram e torceram por mim!

Uma só coisa peço ao Senhor e a peço incessantemente: é habitar na casa do Senhor todos os dias de minha vida, para admirar aí a beleza do Senhor e contemplar o seu santuário. Assim, no dia mau ele me esconderá na sua tenda, ocultar-me-á no recôndito de seu tabernáculo, sobre um rochedo me erguerá.

(Salmo 26, 4-5)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Publicações em revistas sobre ARS de 1996 a 2008 - Fonte: Banco de Dados SCOPUS (DANDI; SAMMARRA, 2009)	27
Figura 1.2 – Visão esquemática da metodologia do trabalho	31
Figura 1.3 – Visão esquemática do contexto das pesquisas do EGC/UFSC. (PACHECO, 2008)	32
Figura 2.1 – a) Problema das Pontes de Königsberg; b) Grafo do Problema das Pontes de Königsberg; (HARARY, 1972, p.2)	36
Figura 2.2 – O desenvolvimento da ARS (MOLINA, 2004, p.37)	38
Figura 2.3 – Exemplos de vários tipos de redes: (a) Uma rede não- dirigida com só um único tipo de vértice e um único tipo de aresta; (b) uma rede com vários tipos de vértices e de arestas; (c) uma rede com vértices variados e arestas com pesos; (d) uma rede dirigida na qual cada aresta tem uma direção.	39
Figura 2.4 – Representação esquemática das relações entre os tipos de redes. (Adaptada de COSTA et al., 2007).....	40
Figura 2.5 – As redes podem ser representadas por matrizes de adjacência. Em (a) é apresentada uma rede não-dirigida e em (b) uma rede dirigida. No caso (a), os elementos a_{ij} da matriz são iguais a 1 se há uma ligação entre os vértices i e j e iguais a zero, caso contrário. Já no caso (b), os elementos da matriz a_{ij} são iguais a 1 se existe uma conexão dirigida do vértice i para o vértice j ...	41
Figura 2.6 – Exemplo de duas redes formadas por 10 vértices e 15 arestas.	42
Figura 2.7 – (a) Um exemplo de um grafo aleatório de Erdős e Rényi. (b) A distribuição da conectividade para uma rede com 10.000 vértices, usando uma probabilidade $p = 0,2$. Cada ponto no gráfico é a média sobre 10 redes. (Adaptada de COSTA <i>et al.</i> , 2007) ...	44
Figura 2.8 – As redes <i>Small World</i> de Watts e Strogatz são construídas a partir de uma rede regular, religando as arestas com probabilidade p	47
Figura 2.9 – (a) Um exemplo de uma rede <i>Small World</i> formada por 64 vértices (Presença de um elevado número de <i>loops</i> de ordem três). (b) A distribuição da conectividade para uma rede <i>Small World</i>	

formada por 1.000 vértices, $\kappa = 25$ e $p = 0,3$. (Adaptada de COSTA <i>et al.</i> , 2007)	47
Figura 2.10 – (a) Exemplo de uma rede gerada pelo modelo livre de escala de Barabási e Albert. (b) Distribuição das conexões para uma rede livre de escala formada por 10.000 vértices considerando $m = 5$. A distribuição das conexões segue uma lei de potência, diferentemente das redes apresentadas nas Figuras 2.7 e 2.9. Cada ponto é uma média sobre 10 redes. (Adaptada de COSTA <i>et al.</i> , 2007)	51
Figura 2.11 – Exemplo de uma rede social de pesquisadores. (Adaptada de EBENER, 2008)	54
Figura 2.12 – Os vértices com maior centralidade de intermediação (<i>betweenness centrality</i>) são os vértices A, B, C e D, pois participam da maioria dos menores caminhos da rede.	57
Figura 2.13 – Comparação de densidade entre duas redes. A medida atribui um valor de 25% para a rede apresentada em a) e 39% para a rede apresentada em b). (Adaptada de EBENER, 2008)	58
Figura 2.14 – a) Exemplo de uma matriz de distância geodésica. b) Representação da matriz na rede. (Adaptada de EBENER, 2008)	59
Figura 2.15 – Exemplo de uma rede com três subgrupos.....	60
Figura 2.16 – Ilustração esquemática de três situações onde o coeficiente de aglomeração tem diferentes valores.	61
Figura 3.1 – Tipos de ontologia e suas relações (GUARINO, 1998) ...	79
Figura 3.2 – Relação entre as linguagens e os formalismos. (Adaptada de CORCHO <i>et al.</i> , 2003)	82
Figura 3.3 – Linguagem OWL	82
Figura 3.4 – Ambiente gráfico do Protégé-OWL.....	85
Figura 4.1 – Diagrama de Atividades do Método	92
Figura 4.2 – Diagrama de Pacotes do Método	92
Figura 4.3 – Diagrama de Pacotes com as definições de trabalho (etapas) da Fase 1	94
Figura 4.4 – Diagrama de pacotes da Etapa 1 (Fase 1)	95
Figura 4.5 – Diagrama de atividades da Etapa 1 (Fase 1)	95
Figura 4.6 – Diagrama de pacotes da Etapa 2 (Fase 1)	96
Figura 4.7 – Diagrama de atividades da Etapa 2 (Fase 1)	96
Figura 4.8 – Diagrama de pacotes da Etapa 3 (Fase 1)	97
Figura 4.9 – Diagrama de atividades da Etapa 3 (Fase 1)	98

Figura 4.10 – Diagrama de classes do Modelo de Domínio	98
Figura 4.11 – Diagrama de pacotes com as definições de trabalho (Etapas) da Fase 2	99
Figura 4.12 – Diagrama de pacotes da Etapa 1 (Fase 2).....	100
Figura 4.13 – Diagrama de atividades da Etapa 1 (Fase 2).....	100
Figura 4.14 – Diagrama de pacotes da Etapa 2 (Fase 2).....	101
Figura 4.15 – Diagrama de atividades da Etapa 2 (Fase 2).....	102
Figura 4.16 – Diagrama de pacotes da Etapa 3 (Fase 2).....	102
Figura 4.17 – Diagrama de atividades da Etapa 3 (Fase 2).....	103
Figura 4.18 – Diagrama de classes do Modelo de Tarefa.....	103
Figura 4.19 – Diagrama de pacotes com as definições de trabalho (Etapas) da Fase 3	104
Figura 4.20 – Diagrama de pacotes da Etapa 1 (Fase 3).....	105
Figura 4.21 – Diagrama de atividades da Etapa 1 (Fase 3).....	106
Figura 4.22 – Diagrama de pacotes da Etapa 2 (Fase 3).....	107
Figura 4.23 – Diagrama de atividades da Etapa 2 (Fase 3).....	107
Figura 4.24 – Exemplo de uma descrição textual da ARS de um domínio da área médica	107
Figura 5.1 – Diagrama de classes para a rede social de coautoria.	112
Figura 5.2 – Rede social de coautoria gerada pelo OntoARS.....	113
Figura 5.3 – Matriz de entrada do UCINET para análise da rede social de coautoria.....	115
Figura 5.4 – Rede social de coautoria gerada pelo software UCINET em conjunto com o NETDRAW.....	116
Figura 5.5 – Visualização do protótipo OntoARS mostrando a rede social de coautoria e sua descrição textual das medidas aplicadas.	120
Figura 5.6 – Afirmções extraídas do protótipo OntoARS para a medida centralidade de grau.	121
Figura 5.7 – Afirmções extraídas do protótipo OntoARS para a medida centralidade de proximidade.	122
Figura 5.8 – Afirmções extraídas do protótipo OntoARS para a medida centralidade de intermediação.....	122
Figura D.1 – Rede social de coautoria gerada pelo software UCINET em conjunto com o NETDRAW	174
Figura D.2 – Rede social de coautoria e descrição textual sobre a rede gerada pelo software OntoARS	177

Figura AN.1 – Arquitetura em camadas do metamodelo SPEM (OMG, 2008)	180
Figura AN.2 – Modelo conceitual do SPEM (OMG, 2008).....	180
Figura AN.3 – Visão dos pacotes do SPEM (OMG, 2008).....	181
Figura AN.4 – Pacote da estrutura do processo, segundo SPEM (OMG, 2008)	183
Figura AN.5 – Pacote dos componentes do processo, segundo SPEM (OMG, 2008).....	183
Figura AN.6 – Pacote do ciclo de vida do processo, segundo SPEM (OMG, 2008).....	184

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Tabela 2.1 – Resultados analíticos de algumas medidas básicas para os modelos de Erdős-Rényi, Watts-Strogatz e Barabási-Albert (COSTA <i>et al.</i> , 2007).....	45
Tabela 2.2 – Exemplos de redes livres de escala. (Adaptada de RODRIGUES, 2007)	52
Tabela 2.3 – Medidas utilizadas na Figura 2.11, para ilustrar os diferentes tipos de centralidade. (Adaptada de EBENER, 2008).....	55
Tabela 2.4 – Visão Geral de programas selecionados para análise de redes sociais (Adaptada de HUISMAN; VAN DUIJN, 2004).....	63
Tabela 2.5 – Visão Geral de <i>kits</i> de ferramentas de software selecionados para análise de redes sociais (Adaptada de HUISMAN; VAN DUIJN, 2004).....	65
Tabela 3.1 – Classificação de tipos de ontologias. (Adaptada de ALMEIDA <i>et al.</i> , 2005).....	76
Tabela 3.2 – Correspondência entre nomenclaturas Protégé-Frames e Protégé-OWL.....	84
Tabela 4.1 – Notação e descrição dos estereótipos do metamodelo SPEM (OMG, 2008).....	91
Tabela 4.2 – Papéis no método proposto.....	93
Quadro 5.1 – Classificação da produção compreendida no cenário de aplicação.	111
Tabela 5.1 – Classes da ontologia de domínio.	112
Tabela 5.2 – Medidas da análise da rede social de coautoria calculada pelo UCINET.....	118
Tabela 5.3 – Compilação do resultado do questionário (APÊNDICE E) aplicado à especialistas da área de CT&I.....	125
Tabela D.1 – Medidas da análise da rede social de coautoria calculada pelo UCINET.....	175

LISTA DE SIGLAS

API	Application Programming Interface
ARS	Análise de Redes Sociais
CML	Conceptual Modeling Language
CT&I	Ciência, Tecnologia e Inovação
DAML	DARPA Agent Markup Language
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency
EGC	Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento
FOAF	Friend-Of-A-Friend
FLOGIC	Frame Logic
INSNA	International Network for Social Network Analysis
LEC	Laboratório de Engenharia do Conhecimento
OCDE	Organization for Economic Co-operation and Development
OCML	Operational Conceptual Modeling Language
OIL	Ontology Interchange Language
OKBC	Open Knowledge Base Connectivity
OWL	Web Ontology Language
PL	Plataforma Lattes
RDF	Resource Description Framework
RDFS	Resource Description Framework Schema
RS	Rede Social
SHOE	Simple HTML Ontology Extension
SMI	Stanford Medical Informatics
SPARQL	Protocol and RDF Query Language
SPEM	Software Process Engineering Metamodel Specification
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UML	Unified Modeling Language
XML	Extensible Markup Language
XOL	XML-Based Ontology Exchange Language
W3C	World Wide Web Consortium
WWW	World Wide Web

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	21
1.1 Apresentação.....	21
1.2 Problema de pesquisa.....	24
1.3 Objetivo geral.....	25
1.4 Objetivos específicos	25
1.5 Justificativa	26
1.6 Procedimentos metodológicos	29
1.7 Contextualização na Engenharia, Gestão e Mídia do Conhecimento	31
1.8 Delimitação	33
1.9 Estrutura do trabalho.....	33
2 ANÁLISE DE REDES SOCIAIS.....	35
2.1 Aspectos históricos da construção da abordagem de ARS.....	35
2.2 Conceitos Básicos	38
2.3 Modelos de redes	43
2.3.1 Modelo de Redes Aleatórias	43
2.3.2 Modelo Small World (Mundo Pequeno).....	45
2.3.3 Modelo de Redes Livres de Escala	48
2.4 Medidas de Análise de Redes Sociais.....	53
2.4.1 Centralidade (Centrality).....	53
2.4.1.1 Centralidade de grau (Degree Centrality)	55
2.4.1.2 Centralidade de proximidade (Closeness Centrality).....	56
2.4.1.3 Centralidade de Intermediação (Betweenness Centrality)	57
2.4.2 Densidade (Density).....	58
2.4.3 Distância (Distance).....	59
2.4.4 Subgrupos (Cliques).....	60
2.4.5 Aglomeração ou transitividade	60
2.5 Ferramentas para Análise de Redes sociais	61

2.6 Redes sociais e a Engenharia e Gestão do Conhecimento.....	66
2.7 Considerações finais.....	69
3 ONTOLOGIAS	70
3.1 Ontologias	70
3.2 Componentes de uma ontologia	73
3.3 Critérios para construção de ontologias	74
3.4 Tipos de ontologias	75
3.5 Inferência e Raciocínio.....	79
3.6 Linguagens para representação ontológica.....	80
3.7 Ferramentas para o desenvolvimento de ontologias.....	83
3.7.1 Manipulação de ontologias.....	85
3.8 Ontologia e Redes Sociais.....	86
3.9 Considerações finais.....	89
4 MÉTODO PROPOSTO.....	90
4.1 Visão geral do método.....	90
4.2 Fases e etapas do método	93
4.2.1 Fase 1: Modelo de Domínio	93
4.2.1.1 Etapa 1-1: Definição do Universo de Análise	94
4.2.1.2 Etapa 1-2: Definição do Domínio de Análise.....	95
4.2.1.3 Etapa 1-3: Especificação da Ontologia de Domínio.....	97
4.2.2 Fase 2: Modelo de Tarefa.....	99
4.2.2.1 Etapa 2-1: Definição das Medidas de ARS	100
4.2.2.2 Etapa 2-2: Aplicação das Medidas de ARS.....	101
4.2.2.3 Etapa 2-3: Especificação da Ontologia de Tarefa	102
4.2.3 Fase 3: Modelo de Aplicação	104
4.2.3.1 Etapa 3-1: Especificação da Ontologia de Aplicação.....	105
4.2.3.2 Etapa 3-2: Construção da Descrição Textual da ARS do Domínio de Aplicação.....	106
4.3 Considerações finais.....	108
5 APLICAÇÃO DO MÉTODO.....	109
5.1 Considerações preliminares.....	109
5.2 Definição do Modelo de Domínio para o cenário de aplicação.....	110
5.3 Definição do Modelo de Tarefa para o cenário de aplicação	114

5.4 Definição do Modelo de Aplicação para o cenário de aplicação ..	119
5.5 Análise e comparação dos resultados.....	120
5.6 Pesquisa empírica.....	122
5.7 Considerações finais	126
6 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	127
6.1 Conclusões	127
6.2 Trabalhos Futuros	129
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	131
APÊNDICE A.....	148
APÊNDICE B.....	154
APÊNDICE C.....	154
APÊNDICE D.....	163
APÊNDICE E.....	172
ANEXO A	179

INTRODUÇÃO

Conexões podem mudar o mundo; todo vértice é importante.
Anônimo

1.1 Apresentação

A tendência natural do ser humano é agrupar-se, viver em comunidade, constituindo uma convivência que possibilita o compartilhamento de informações e experiências que passam a ser essenciais ao indivíduo. Essa estrutura social que criamos, nos diferentes círculos que frequentamos, é que nos fortalece e abre oportunidades para realizações. Assim, é nesse contexto que se encontram as redes sociais, que representam a estrutura, em que estamos inseridos e articulam toda nossa convivência (TOMAÉL *et al.*, 2007).

Dessa forma, a Análise de Redes Sociais (ARS) permite compreender a dinâmica de relações, identificar fluxos de informação, mecanismos e agentes de poder e analisar ambientes complexos de interações. Por exemplo, um grupo de pessoas em uma organização trocando mensagens eletrônicas a fim de desempenhar suas funções pode ser interpretado como uma rede social, onde cada pessoa passa a ser um ator (*vértice*¹) e as mensagens eletrônicas por eles trocadas passam a ser os relacionamentos (*arestas*²) da rede. Assim, a aplicação de ARS pode identificar colaboradores mais conectados, mais influentes, mensagens mais disseminadas, entre outras aplicações (BRANDÃO *et al.*, 2007).

Originalmente, a análise de redes era aplicada aos sistemas de telecomunicações e computação, circuitos eletromagnéticos, sistemas de

¹ O vértice em uma rede social pode ser chamado de ator ou entidade social, que é o elemento básico de uma rede, entende-se como ator, qualquer entidade existente no contexto social. Estes conceitos são tratados no Capítulo 2.

² Aresta no contexto social pode ser chamada de relação ou laço social, que representa um vínculo relacional de um tipo específico entre dois vértices (atores) da rede. Estes conceitos são tratados no Capítulo 2.

engenharia (transportes) e sistemas geográficos (estudos de bacias hidrográficas, por exemplo). Adaptada às relações sociais que constituem os tijolos elementares de toda sociedade humana, a ARS mostra-se relevante para a compreensão de problemas complexos, como a integração entre estrutura social (macro) e ação individual (micro) (DEGENNE; FORSÉ, 1999; SCOTT, 2000).

A ARS é considerada por Cross, Parker e Borgatti (2000) um importante instrumento para estudar relacionamentos que fomentam o compartilhamento da informação e do conhecimento. É uma ferramenta que permite a identificação de indicadores de padrões de relacionamentos que aprimoram a cooperação. Em síntese, é um recurso que respalda a gestão organizacional, identificando os atores mais influentes na rede, e está tornando-se, cada vez mais, um recurso estratégico na estruturação e criação de ligações importantes.

A ARS tem-se valido de diversas áreas do conhecimento, com diferentes abordagens e notações (BRANDÃO *et al.*, 2007). Na matemática, as redes são tratadas como grafos, seus elementos como vértices e suas conexões como arestas. A Teoria de Grafos permite, assim, que algoritmos matemáticos sejam aplicados às redes sociais para a determinação de vértices mais conectados, caminho mínimo entre vértices, etc. Cada parâmetro determinado pela Teoria de Grafos possui um significado específico para o problema em análise.

De forma geral, os métodos de ARS têm em comum o seguinte conjunto de etapas: (a) levantamento de dados que descrevem o problema a ser analisado; (b) representação destes dados em sistemas computacionais que geram redes sociais; (c) cálculo das medidas de ARS (centralidade, distância, etc.); e (d) interpretação do resultado pelo especialista em ARS³.

Os métodos de ARS, portanto, para apresentarem seus resultados necessitam de um especialista em ARS que possa traduzir os índices produzidos na linguagem do domínio do problema analisado. É o especialista em ARS que explica o que representam seus instrumentos de medida e esta dependência limita a aplicabilidade do instrumento a situações em que esse especialista está disponível. Trata-se de uma situação típica de atividades intensivas em conhecimento

³ O especialista em ARS é o responsável por aplicar as medidas de ARS. Ele tem conhecimento profundo das técnicas envolvidas e das ferramentas utilizadas no processo de ARS.

(SCHREIBER, *et al.*, 2000; OCDE, 2006), nas quais o conhecimento de um especialista é insumo indissociável à execução da tarefa.

Para dar suporte às atividades intensivas em conhecimento, surgiu a área de engenharia do conhecimento, a qual consiste em domínio científico que tem por objetivo estabelecer metodologias, métodos e técnicas voltados à explicitação de conhecimento. Sua gênese remonta à área de Inteligência Artificial (IA), com desenvolvimentos interdisciplinares nas últimas décadas que a transformaram em um domínio com conhecimentos originários das áreas de Administração, Engenharia de Software, Ciência da Computação e Psicologia Cognitiva (PACHECO *et al.*, 2008).

Um engenheiro do conhecimento é responsável pela elaboração de modelos que fornecem a base ao desenvolvimento de um sistema de conhecimento. Tais modelos contemplam as visões do contexto organizacional onde o sistema será criado (modelo da organização), dos processos intensivos em conhecimento de que trata (modelo de tarefa), dos atores humanos e tecnológicos associados a estas tarefas (modelo de agente), do próprio conhecimento que procura modelar (modelo de conhecimento), da comunicação entre os atores (modelo de comunicação) e do projeto associado ao seu desenvolvimento (modelo de projeto) (SCHREIBER *et al.*, 2000).

A engenharia do conhecimento inclui, entre seus objetivos, explicitar conhecimentos implícitos (PACHECO *et al.*, 2006). Além disso, esta explicitação vale-se de metodologias que permitem o reuso e a configuração a diferentes sistemas de conhecimento (PACHECO *et al.*, 2008). Não se objetiva substituir o especialista humano, mas sim apoiá-lo nas tarefas intensivas em conhecimento e ajudar o usuário de conhecimento no domínio⁴ a ter acesso a mais conhecimento além daqueles diretamente providos pelo especialista. Entre os diversos subdomínios de interesse da engenharia do conhecimento encontram-se as ontologias, que se configuram em uma das áreas de codificação de conhecimento, que permite explicitar, formalizar e representar conhecimentos em um determinado domínio.

Uma ontologia pode representar os seguintes níveis de conhecimento: a estrutura dos conceitos do conhecimento sobre o domínio de aplicação; o conhecimento sobre o domínio, representado por instâncias do tipo anterior e o conhecimento manipulado pelo

⁴ O usuário de conhecimento no domínio deve pertencer ao domínio de aplicação e estar interessado nos resultados das análises dos relacionamentos da rede social.

sistema disponibilizado em bases de conhecimento (por exemplo, casos e fatos apresentados pelos especialistas).

Algumas vantagens proporcionadas pelo uso da técnica de ontologia são: definição de vocabulário consensual; padronização no desenvolvimento de sistemas; possibilidade de desenvolvimento de software mais inteligente; comunicação entre sistemas e reuso do conhecimento modelado em novas aplicações e pesquisas.

O desenvolvimento de ontologia requer envolvimento de vários grupos de pessoas. O profissional que possui conhecimento no domínio de ARS (especialista em ARS) pode saber como utilizar seus conhecimentos para realizar tarefas, mas isso não implica que ele saiba como modelar este conhecimento. A atividade de modelagem e representação de conhecimento pode ser apoiada por um profissional especializado em técnicas de representação de conhecimento, denominado engenheiro do conhecimento (ZWEIGENBAUM, 1995).

Para que possa apoiar as soluções de problemas de gestão na descoberta, na criação, na compilação, na distribuição e na aplicação de conhecimento, o engenheiro do conhecimento deve, entre outros, planejar a arquitetura tecnológica de modo a torná-la útil aos objetivos estratégicos da organização e ao suporte aos sistemas de conhecimento (MANICA *et al.*, 2008). Dessa forma, por meio de ontologias, o engenheiro do conhecimento é capaz de modelar e formalizar conhecimentos em um domínio geral ou específico.

Portanto, a engenharia do conhecimento e a engenharia de ontologias têm viabilizado a explicitação de conhecimentos associados a tarefas intensivas em conhecimento. A ARS é um tipo de tarefa intensiva em conhecimento, pois cabe ao seu especialista derivar novos conhecimentos sobre um domínio estudado a partir do que ele conhece sobre a estrutura, os modelos de redes e outros elementos da ARS. Nesse sentido, surge a possibilidade de que também para a ARS, as engenharias do conhecimento e de ontologias possam trazer respostas para o problema de como explicitar aquele conhecimento que o especialista em ARS detém.

Nas seções seguintes, são descritos o problema de pesquisa e os objetivos da tese.

1.2 Problema de pesquisa

O problema definido para a tese é:

Como tornar os resultados da ARS compreensíveis para pessoas que não conhecem esta técnica, porém compreendem o domínio no qual elas foram aplicadas (e.g., tornar a ARS em saúde compreendida por médicos, a ARS em negócios compreendida por gestores, etc.)?

Para abordar este problema, a tese está estruturada segundo os objetivos geral e específicos a seguir.

1.3 Objetivo geral

Este trabalho tem por objetivo geral propor um método para sistematizar a apresentação de resultados oriundos da ARS na linguagem do domínio de sua aplicação.

1.4 Objetivos específicos

Para alcançar o objetivo geral deste trabalho, foram considerados os seguintes objetivos específicos:

- representar domínios de conhecimento em que se aplica a análise de redes sociais em uma *ontologia de domínio*⁵, para modelar os elementos de uma rede social na linguagem do domínio de aplicação;
- representar a análise de redes sociais em uma *ontologia de tarefa*⁶, para modelar as medidas de ARS no contexto do domínio de aplicação;
- criar uma *ontologia de aplicação*⁷ que combine os modelos estabelecidos para as ontologias de domínio e de tarefa, para produzir resultados da ARS na linguagem do domínio da aplicação;

⁵ *Ontologia de domínio* descreve um vocabulário relacionado à área do problema (ex. Medicina para problemas de análise de relações médico-paciente, Computação para problemas de análise de fluxo de mensagens eletrônicas). As ontologias de domínio são tratadas com mais detalhes no Capítulo 3.

⁶ *Ontologia de tarefa* descreve um vocabulário relacionado a uma atividade ou tarefa genérica (ex. Diagnóstico em problemas da área médica, projeto em problemas da área de engenharia). As ontologias de tarefas são tratadas com mais detalhes no Capítulo 3.

⁷ *Ontologia de aplicação* descreve conceitos e outros componentes dependentes do domínio e de tarefas particulares. Os conceitos geralmente correspondem a papéis desempenhados por entidades do domínio, quando realizam uma atividade e os outros componentes correspondem a axiomas, relações e outras formas de combinação dos elementos no domínio. As ontologias de aplicação são tratadas com mais detalhes no Capítulo 3.

- verificar a aplicabilidade do método proposto em um domínio do conhecimento e comparar seus resultados com os resultados produzidos por uma ferramenta de ARS para este mesmo domínio.

1.5 Justificativa

A partir das análises das inter-relações entre os atores de uma rede social, pode-se inspecionar, de forma dinâmica, o modo com que esses interagem em um determinado domínio. Além disso, a disponibilidade de instrumentos de ARS serve de base para atividades de inspeção de oportunidades, indução de formação de redes, análise de resultados de investimentos, investigação de possibilidades de incentivo ao intercâmbio, etc.

No Brasil, parte das pesquisas em redes sociais vem sendo desenvolvidas por pesquisadores do campo da ciência da informação (MATHEUS; SILVA, 2006), seja na análise de fluxos de transferência de informação (MARTELETO, 2001), do compartilhamento de informação e conhecimento em organizações (ALCARÁ *et al.*, 2006; TOMAÉL *et al.*, 2005; TOMAÉL; MARTELETO, 2006) ou no estudo de redes de colaboração científica (PARREIRAS *et al.*, 2006; SILVA *et al.*, 2006b) e de interdisciplinaridade (SILVA *et al.*, 2006a). Há também pesquisadores de outros campos da ciência utilizando-se das redes sociais para estudar os fluxos de informações e conhecimento (FREITAS; PEREIRA, 2005; PEREIRA *et al.*, 2007). Além disso, diversos pesquisadores dedicam-se a desenvolver pesquisas no sentido de identificar e avaliar propriedades estatísticas de redes sociais (AMARAL *et al.*, 2000; NEWMAN *et al.*, 2001; WATTS; STROGATZ, 1998).

Para se ter a dimensão da importância que as pesquisas em ARS têm ganhado nos últimos anos, a Figura 1.1 ilustra um exemplo da distribuição ao longo do tempo de aproximadamente 800 artigos sobre ARS publicados em revistas acadêmicas de economia ou de negócios entre os anos de 1996 a 2008. Cabe ressaltar, que outras revistas (de diversas áreas) tais como *Physical Review*, *Nature* e *Science*, também publicaram ao longo dos anos um grande número de artigos sobre ARS e/ou redes complexas.

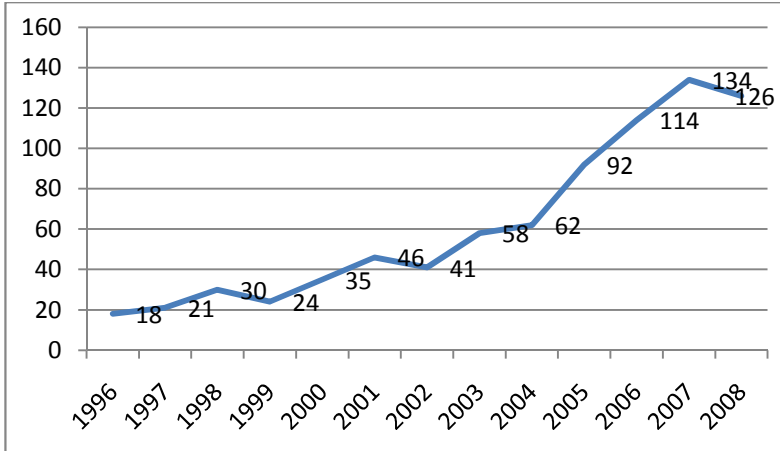


Figura 1.1 – Publicações em revistas sobre ARS de 1996 a 2008 - Fonte: Banco de Dados SCOPUS (DANDI; SAMMARRA, 2009)

No entanto, a maioria dos estudos atuais tem limitado-se a analisar as redes sociais sob o ponto de vista matemático, ou seja, sem levar em consideração a linguagem do domínio do problema na explicitação de conhecimento associado às medidas de ARS e, quando o fazem, necessitam de um especialista em ARS para realizar essa “tradução”.

Portanto, a originalidade desta pesquisa está em combinar ontologias em três dimensões de análise de problemas associados a redes sociais, fazendo com que o conhecimento implícito desta tarefa seja levado de forma explícita para o usuário de conhecimento no domínio.

A combinação entre ARS e ontologias está presente na literatura, porém, não se identificam pesquisas que usam ontologias para levarem o conhecimento de ARS ao usuário de conhecimento no domínio.

De acordo com a revisão de literatura, foram encontradas pesquisas que apresentam apenas a ontologia de domínio para ser considerada em ARS (DUARTE; SILVA, 2007; FREITAS, 2008). Nestes trabalhos, a intenção é permitir a explicitação do conhecimento do domínio do problema de redes sociais e habilitar a integração de redes sociais de diferentes sistemas e domínios. Além disso, nestes trabalhos propõe-se a criação de um *framework* de redes sociais que foca na concepção de uma estratégia de modelagem para representar redes sociais. Há, também, trabalhos (WENNERBERG, 2005;

GIMÉNEZ-LUGO, 2007; ERÉTÉO *et al.*, 2008 e 2009) que apresentam ontologia de ARS como forma de codificar conhecimento no processo de análise e contextualizar a ARS como item de análises de redes semânticas.

Quanto à relevância do presente trabalho, aponta-se que a apresentação de resultados de ARS na linguagem utilizada pelo usuário de conhecimento no domínio permite uma maior divulgação dos métodos de ARS em diversas áreas de aplicação. Na prática, consiste em propiciar ao usuário de conhecimento no domínio mais um instrumento de tomada de decisão, que revela relacionamentos entre elementos daquele domínio, analisados segundo os recursos que a ARS dispõe, porém, apresentados segundo a semântica que o usuário de conhecimento no domínio utiliza.

Outro aspecto de relevância no alcance dos objetivos do trabalho está na possibilidade de que a explicitação de conhecimentos de ARS para usuários de conhecimento no domínio torne mais acessível e difundido o potencial de ARS como instrumento de análise. Por exemplo, caso o modelo fosse aplicado à análise de redes sociais no sistema de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) do Brasil, a explicitação, na linguagem deste domínio, de conhecimentos revelados nas relações de autoria, orientação, coleguismos ou coparticipações, pode ser insumo direto à tomada de decisão de gestores de CT&I. Atualmente, para utilizarem ARS em sua tomada de decisão, estes gestores necessitam ou de especializarem-se na área de ARS ou de contar com o apoio de um especialista em ARS.

Finalmente, como contribuição à área de ARS, no método proposto são identificados os diferentes atores envolvidos no processo de ARS em um domínio de aplicação. Atualmente, os métodos de ARS são desenvolvidos para que especialistas em ARS modelem o domínio do problema em ferramentas de ARS, calculem medidas sobre este domínio e façam pessoalmente a tradução das mesmas para os usuários do conhecimento daquele domínio. Não se tem notícia na literatura de métodos de ARS que descrevem os papéis do especialista em ARS, do engenheiro do conhecimento, do especialista no domínio do problema⁸ e do usuário do conhecimento naquele domínio.

⁸ O especialista no domínio é aquele que conhece o domínio no qual será aplicada a ARS.

1.6 Procedimentos metodológicos

Para Creswell (2003), um pesquisador deve fazer uso de uma estrutura que oriente sua pesquisa desde a identificação da postura epistemológica que fundamenta a postura filosófica do pesquisador frente ao objeto de pesquisa, até os procedimentos de coleta e análise dos dados.

Segundo Myers (2010), os itens relevantes que devem ser considerados no desenvolvimento da pesquisa são: perspectiva filosófica, métodos, técnicas de coleta de dados e modos de análise e interpretação dos dados; itens similares aos propostos por Creswell (2003).

Utilizando-se como referências as visões de Myers (2010) e Creswell (2003), elaborou-se uma estrutura de referência que trata os aspectos relevantes a serem considerados neste trabalho. A estrutura proposta é composta por duas dimensões descritas a seguir:

Postura epistemológica: todas as pesquisas, tanto qualitativas quanto quantitativas, fundamentam-se em pressupostos filosóficos que representam “como” o pesquisador irá aprender e “o que” ele irá aprender com o desenvolvimento da pesquisa. A dimensão epistemológica relaciona-se ao conhecimento e como ele pode ser obtido (HIRSCHHEIM, 1992).

Neste trabalho, a abordagem utilizada foi a **interpretativa**, que tem o objetivo de entender o mundo do ponto de vista daqueles que o vivenciam. Nessa abordagem, o objeto de pesquisa é entendido como construído socialmente pelos atores. Atores moldam significados a partir de eventos e fenômenos por meio de processos complexos e longos de interação social. Essa abordagem pressupõe que para compreender o mundo, o pesquisador deve interpretá-lo. Preparar uma interpretação é também construir uma leitura desses significados, é oferecer a construção do pesquisador a partir da construção dos atores em estudo (SCHWANDT, 1994).

Orlikowski e Baroudi (1991) consideram como estudos interpretativistas, aqueles que apresentam evidências de uma perspectiva não determinista; na qual a intenção do pesquisador é ampliar seu entendimento sobre o fenômeno em situações contextuais e culturais; onde este é examinado em seu local de ocorrência e a partir das perspectivas dos participantes; e na qual os pesquisadores não impõem a priori seu entendimento de alguém “de fora” da situação.

Método de pesquisa: com base no posicionamento epistemológico, vários métodos de pesquisa podem ser utilizados como

estratégias de investigação, que estabelecem direções específicas para os procedimentos de uma pesquisa de tese de doutorado (MYERS, 2010).

O método de pesquisa escolhido para o desenvolvimento deste trabalho é a **pesquisa-ação**. De acordo com Myers (2010), a pesquisa-ação busca contribuir para os interesses práticos das pessoas em uma situação problemática imediata. Trauth (2001) afirma que a intenção da pesquisa-ação é mudar situações de forma que venham a ser vistas como melhores, seja pelo pesquisador, seja pelos grupos na situação investigada, obtendo algumas conclusões teóricas do processo. A pesquisa-ação requer que o pesquisador obtenha um entendimento preciso e abrangente da situação em estudo antes de tomar qualquer ação no sentido da solução dos problemas identificados. Depois que as decisões são tomadas e efetuadas as mudanças, estas são analisadas. Como resultado das análises, há a geração de conhecimento.

Como neste trabalho não haverá a etapa de coleta de dados, não serão tratadas as dimensões de técnica de coleta de dados e modo de análise e interpretação dos dados, restringindo-se apenas a posição epistemológica e o método de pesquisa, que fornecem a base teórica e são os direcionadores da postura adotada.

A seguir são citadas as etapas que fundamentam o trabalho, com o intuito de que sejam efetivados os objetivos propostos:

- Estudo da área de análise de redes sociais;
- Estudo da área de ontologias;
- Elaboração de um método baseado em ontologias para explicitação de conhecimento derivado da ARS de um domínio de aplicação;
- Verificação da aplicabilidade do método proposto em um domínio de aplicação; e,
- Comparação dos resultados do método com os resultados produzidos por uma ferramenta de ARS para o mesmo domínio.

A Figura 1.2 ilustra uma visão esquemática da metodologia de construção do trabalho.

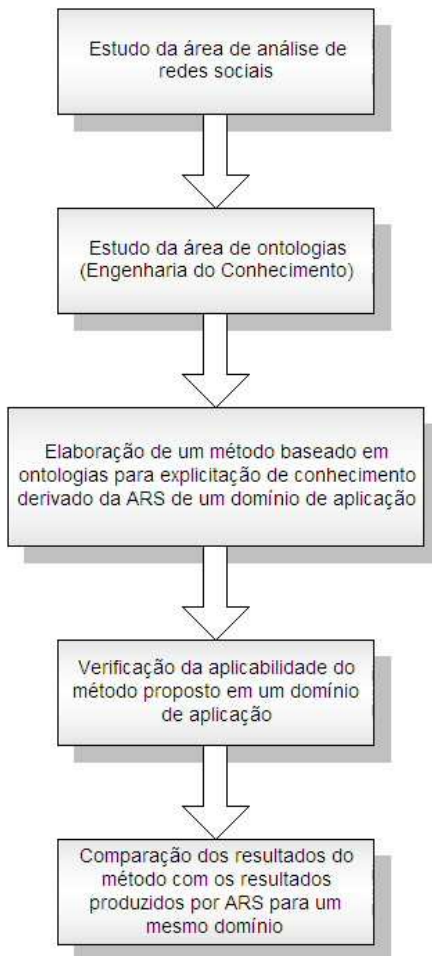


Figura 1.2 – Visão esquemática da metodologia do trabalho

1.7 Contextualização na Engenharia, Gestão e Mídia do Conhecimento

A Figura 1.3 a seguir destaca o contexto no qual são realizadas as pesquisas do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento da Universidade Federal de Santa Catarina (EGC/UFSC).

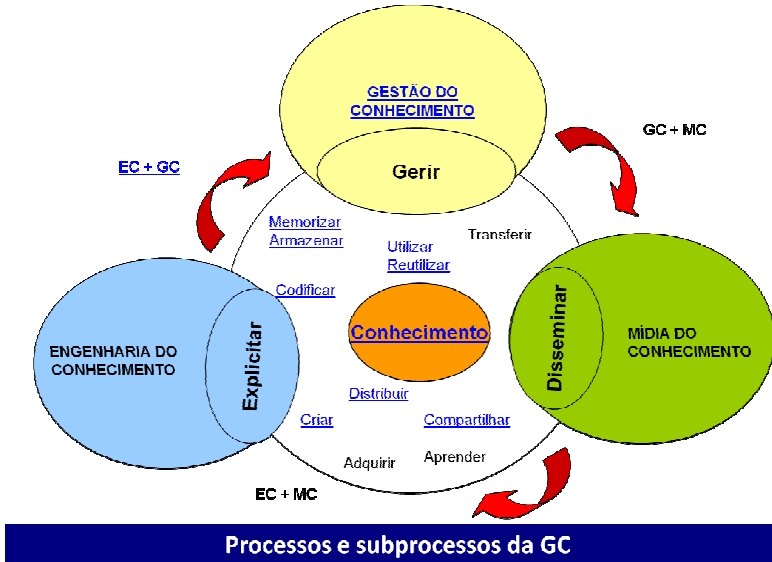


Figura 1.3 – Visão esquemática do contexto das pesquisas do EGC/UFSC. (PACHECO, 2008)

O EGC/UFSC tem como propósito a formação e a pesquisa de métodos e técnicas voltados aos processos intensivos em conhecimento, visto como fator de geração de riqueza. Para tal, o Programa estrutura sua proposta em três áreas de concentração: engenharia, gestão e mídia, que tratam, respectivamente, dos macroprocessos de explicitação, gestão e disseminação do conhecimento.

A área de gestão do conhecimento postula os desafios das organizações no trato do conhecimento como fator de riqueza. Tanto a engenharia como a mídia procuram nestes desafios os objetos para sua contribuição à explicitação e à disseminação do conhecimento.

A contextualização deste trabalho no EGC/UFSC se dá no âmbito da linha de pesquisa *Teoria e Prática em Engenharia do Conhecimento*, compreendendo a combinação entre a ARS e ontologias como uma contribuição à aplicação da engenharia do conhecimento a uma metodologia oriunda das ciências sociais, tornando os resultados de ARS mais facilmente disseminados entre tomadores de decisão.

A engenharia do conhecimento no EGC procura fornecer soluções, técnicas e métodos para problemas da gestão do conhecimento, de forma isolada ou em cooperação com a área de mídia.

Neste trabalho, pretende-se que a aplicação da ontologia (área da engenharia) venha enriquecer a ARS de modo a permitir seu uso por leigos em redes sociais, facilitando a disseminação do conhecimento e o uso deste instrumento em problemas da gestão do conhecimento.

Tendo em vista a aplicação crescente de ARS como ferramenta da área de gestão do conhecimento (ALLEE, 2000; ERICKSON; KELLOGG, 2001; STAAB *et al.*, 2005; BALANCIERI *et al.*, 2005, 2006 e 2007; COSTA *et al.*, 2008 e 2009), a presente tese traz como contribuições ao EGC: (a) maior disseminação da ARS entre gestores e tomadores de decisão; (b) incorporação do conhecimento de domínio da aplicação à ferramenta da engenharia do conhecimento; e (c) uso de ontologias na representação e explicitação do conhecimento associado à ARS como um meio de disseminação do conhecimento.

1.8 Delimitação

Para verificar a aplicabilidade do método proposto, realizou-se pesquisa empírica de opinião de usuários de conhecimento no domínio da CT&I. O intuito foi conhecer a visão destes usuários quanto à compreensibilidade dos resultados apresentados pelo método proposto e, em particular, sua comparação com os resultados apresentados por método convencional de ARS.

Por falta de tempo, a pesquisa de opinião não foi realizada com o objetivo de se efetivar estudo qualitativo de opinião de usuários de conhecimento no domínio em aplicações do método proposto. Para tal, além do instrumento de entrevista efetivado, seria necessário ampliar o conjunto amostral e adotar-se método de análise quali-quantitativa dos resultados (além de se explicitar as hipóteses e características de compreensibilidade esperadas na mensuração).

1.9 Estrutura do trabalho

O presente trabalho divide-se em cinco capítulos, os quais visam à abordagem de questões relacionadas à proposição de um método baseado em ontologias para análise de redes sociais que aponte seus resultados segundo a linguagem do domínio de aplicação. Assim, os capítulos seguintes estão estruturados como se segue.

- *Capítulo 1: Introdução* – No presente capítulo é apresentada a introdução do trabalho, incluindo a apresentação, a definição do problema de pesquisa, o objetivo geral e os específicos, a justificativa, a metodologia, a caracterização de

interdisciplinaridade, a delimitação do trabalho e a estrutura do trabalho.

- *Capítulo 2: Análise de Redes Sociais* – Neste capítulo é realizada uma revisão conceitual da área de redes sociais, iniciando com a descrição dos aspectos históricos da construção da abordagem de ARS e dos conceitos básicos, em seguida são apresentados os modelos de rede. Além disso, são detalhadas algumas medidas de ARS e as ferramentas disponíveis para este tipo de análise. Por fim, é ilustrada a relação entre ARS e a Engenharia e Gestão do Conhecimento.
- *Capítulo 3: Ontologias* – Neste capítulo é realizada uma revisão conceitual sobre as ontologias (sob o enfoque da Engenharia do Conhecimento e não da Filosofia), seus componentes, critérios para a construção de ontologias, os tipos de ontologias, discussão sobre a inferência e o raciocínio, linguagens para representação ontológica, ferramentas para o desenvolvimento de ontologias e como manipular ontologias. Além disso, é apresentada uma discussão sobre os trabalhos que abordam a área de ontologias e redes sociais, mostrando suas semelhanças e diferenças com esta tese.
- *Capítulo 4: Método para explicitar conhecimento derivado da ARS* – Neste capítulo é descrito o método proposto. Para tal, são apresentadas: (i) visão geral do método; (ii) fases e etapas do método: fase 1 (modelo de domínio), fase 2 (modelo de tarefa) e fase 3 (modelo de aplicação); e, (iii) considerações finais do capítulo.
- *Capítulo 5: Aplicabilidade do Método* – Neste capítulo é verificada a aplicabilidade do método proposto. Para tal, são apresentadas: (i) as considerações preliminares; (ii) a definição do modelo de domínio para o cenário de aplicação; (iii) a definição do modelo de tarefa para o cenário de aplicação; (iv) a definição do modelo de aplicação para o cenário de aplicação; (v) a análise e comparação dos resultados; (vi) pesquisa empírica e, (vii) considerações finais do capítulo.
- *Capítulo 6: Conclusões e Trabalhos Futuros* – No último capítulo apresentam-se as conclusões da tese e descrevem-se algumas sugestões de possíveis trabalhos futuros.

ANÁLISE DE REDES SOCIAIS

“De onde viemos? Aonde vamos? Viajemos e compreendamos nosso destino (...) Na era dos computadores, temos mais ideias e sonhos. Agora estamos diante do desafio do amanhã. Com o aumento do conhecimento e da tecnologia, nós mudamos nossas vidas e nossos mundos. Dos confins do espaço às profundezas do mar, nós construímos uma vasta rede (...)”

Pierre Badin

Neste capítulo apresentam-se os aspectos históricos da construção da abordagem de ARS, os conceitos básicos de ARS, os modelos de redes (aleatórias, mundo pequeno e livres de escala), algumas medidas de ARS e as principais ferramentas de ARS disponíveis. O objetivo é analisar a área de redes sociais, destacando-se os elementos necessários à formulação de uma ontologia para a área. Além disso, são abordados, os desenvolvimentos científicos que combinam engenharia e gestão do conhecimento e a ARS.

2.1 Aspectos históricos da construção da abordagem de ARS

Historicamente, a possibilidade de formalização matemática do fenômeno das redes sociais encontra-se no conceito de grafos introduzido pelo matemático Leonhard Paul Euler no século XVIII (ALBERT; BARABÁSI, 2002; NEWMAN, 2003b). Um grafo é um conjunto de pontos, chamados vértices (ou nodos), conectados por linhas, chamadas de arestas (ou arcos); um grafo é a representação de uma rede através de pontos e linhas.

Euler (1707-1782) tornou-se o pai da Teoria dos Grafos quando resolveu um famoso problema de sua época, chamado de “Problema das Pontes de Königsberg”. Havia duas ilhas ligadas uma à outra e aos dois bancos do rio Pregel por sete pontes, conforme a Figura 2.1a. O

problema era começar em qualquer uma das quatro áreas, caminhar por cada ponte exatamente uma vez e retornar ao ponto de partida.

Ao provar que o problema não tinha solução, Euler substituiu cada área de terra por um ponto e cada ponte por uma linha unindo os pontos correspondentes, assim produzindo um grafo. Este grafo é mostrado na Figura 2.1b, onde os pontos estão rotulados de forma correspondente às quatro áreas da Figura 2.1a. Mostrar que o problema não tem solução é equivalente a mostrar que o grafo da Figura 2.1b não pode ser atravessado.

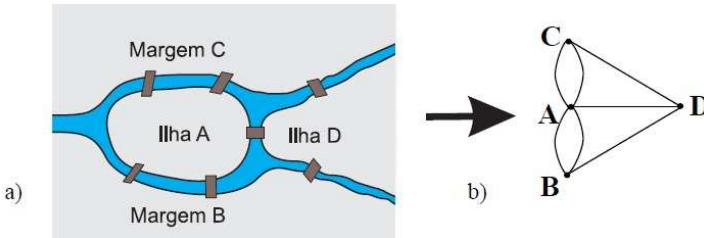


Figura 2.1 – a) Problema das Pontes de Königsberg; b) Grafo do Problema das Pontes de Königsberg; (HARARY, 1972, p.2)

Euler generalizou o problema e desenvolveu um critério para que um dado grafo pudesse ser atravessado. O grafo deveria estar conectado e cada ponto deveria ser incidente a um número par de linhas. O grafo da Figura 2.1b, embora esteja conectado, não possui ponto nenhum que seja incidente a um número par de linhas. A partir do grafo das Pontes de Königsberg, ele provou que não havia uma rota que cruzasse cada ponte apenas uma vez. Era necessário inserir pelo menos mais uma ponte para tornar possível esta solução.

Após a descoberta de Euler, pode-se destacar as redescobertas da mesma teoria por Kirchhoff, em 1847, e Cayley, em 1857, que tratavam de aplicações reais da teoria respectivamente na análise de redes elétricas e de isômeros químicos. No século XX, Lewin apresentou uma aplicação dos grafos na área da Psicologia. Enfim, os grafos podem representar tópicos dentro das mais diversificadas temáticas (HARARY, 1972).

Freeman (2004) destaca a contribuição de Auguste Comte (1798-1857), filósofo francês, para a origem das ideias e práticas relacionadas à intuição estrutural que permeiam a ARS atualmente. Segundo o autor,

Comte foi o primeiro estudioso que propôs uma maneira de observar a sociedade em termos de interconexões entre atores sociais.

Vários autores (FREEMAN, 2004; MOLINA; 2004; NEWMAN, 2003b) apontam como marco inicial dos estudos sobre a ARS na Sociologia, o trabalho de Jacob Levy Moreno (1934), que introduziu os sociogramas para representar as redes de relações interpessoais na *Hudson School for Girls*. Na Antropologia, são apontados vários pesquisadores em Harvard durante a década de 1930, embora o esforço em Harvard se concentrasse mais na busca pelas características da estrutura global da sociedade e não tenha proporcionado uma sólida base teórico-metodológica para as pesquisas sobre redes sociais.

Nas décadas de 1940 e 1950, os estudos sobre redes sociais passaram pelo que Freeman (2004) chama de “Idade das Trevas” (*Dark Ages*), quando poucos estudos foram desenvolvidos dentro da temática e nenhum deles teve sucesso em gerar um paradigma geral para a ARS. Os esforços de psicólogos sociais tiveram um impacto maior nesse sentido, porém, eles aparentemente se restringiram à área da Psicologia Social. Molina e Aguilar (2004), entretanto, reconhecem na chamada “Escola de Manchester”⁹ uma rica tradição de estudos antropológicos que se iniciou nesse período, particularmente com a publicação do artigo de Barnes (1954), que deu ênfase às estruturas das relações humanas, combinando técnicas formais de análise de redes com conceitos substantivos da Sociologia.

O “Renascimento” dos estudos sobre redes sociais na década de 1960 é marcado pelo retorno a Harvard e compreende basicamente as contribuições de Harrison Coyer White e seus alunos, que conseguiram finalmente construir uma base consistente para a investigação das redes sociais por meio de estudos sobre estruturas sociais complexas. Azarian (2000) credita esse sucesso de White à sua formação em Física, que teria proporcionado modelos e ferramentas adequadas ao estudo quantitativo de estruturas e processos que envolvem as redes sociais.

No final da década de 1970, a ARS tornou-se universalmente reconhecida entre os cientistas sociais e as contribuições da informática apresentaram-se, desde então, de forma indispensável ao

⁹ Os antropólogos urbanos da Escola de Manchester estavam interessados nas redes sociais para explicar o comportamento que não podia ser explicado por um paradigma teórico estrutural-funcionalista, o qual mostra a existência de uma rede ativa de instituições que permitia dar conta da vida social do indivíduo. Estes pesquisadores documentaram a relação entre a estrutura da rede pessoal e a conduta pessoal em situações baseadas em lutas políticas, conflitos sociais em alguns ambientes, tais como ambiente de trabalho.

desenvolvimento do campo, posto que a construção de programas (*softwares*) capazes de organizar e computar dados relacionais em grande escala foi o que tornou possível realizar trabalhos tão abrangentes. Nas Ciências Sociais, com o ingresso de novas técnicas de tratamento de dados possibilitadas pela introdução da informática na década de 1970, iniciou-se a realização de estudos mais detalhados e aprofundados sobre o assunto. Nessa época, Simmel (1964) com o seu ensaio intitulado “*The web of affiliations*”, iniciou o que se costuma chamar de tradição intelectual no estudo de redes sociais (FONTES; EICHNER, 2004).

O esquema elaborado por Molina (2004), exibido na Figura 2.2, proporciona um panorama sintético do desenvolvimento da ARS, destacando a condição interdisciplinar dessa perspectiva na atualidade.



Figura 2.2 – O desenvolvimento da ARS (MOLINA, 2004, p.37)

2.2 Conceitos Básicos

As redes são descritas como um conjunto de *vértices* (nodos) que são ligados por *arestas* (conexões, ligações ou *links*) devido a algum tipo de interação (NEWMAN, 2003b). No caso de uma rede social, o vértice pode ser chamado de **ator** ou **entidade social**, que é o elemento básico de uma rede, entende-se como ator qualquer entidade existente no contexto social. Exemplos de vértices: pessoa, organização, grupo, conceito, etc.; enquanto a aresta, no contexto social, pode ser chamada

de **relação** ou **laço social**, que representa um vínculo relacional de um tipo específico entre dois vértices (atores) da rede. São exemplos de relações: amizade, parentesco, etc.

Uma **Rede Social** consiste de um conjunto finito de atores e as relações existentes entre eles. Matematicamente, uma rede $R = (N, E)$ é formada por um conjunto de N vértices, $N = \{n_1, n_2, \dots, n_N\}$, e um conjunto de M arestas, $E = \{e_1, e_2, \dots, e_M\}$.

A Figura 2.3 mostra alguns exemplos de tipos de redes, as quais podem ter vários tipos de vértices e/ou vários tipos de arestas. Tanto vértices como arestas podem ter variedade de propriedades, numéricas ou não, associadas a eles. Por exemplo, em uma rede social de pessoas, os vértices podem representar homens ou mulheres, pessoas com diferentes nacionalidades, lugares, idades, renda ou alguma outra característica. As arestas podem representar amizade, conhecidos da faculdade ou proximidade geográfica, elas podem ser distinguíveis de acordo com algum tipo de característica compartilhada pelos vértices, por exemplo, o meio como uma pessoa conhece a outra (escola, universidade, trabalho, etc.) e podem estar dirigidas em algum sentido.

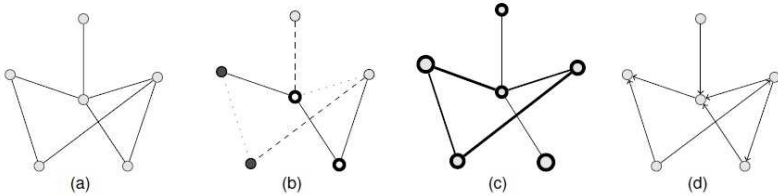


Figura 2.3 – Exemplos de vários tipos de redes: (a) Uma rede não-dirigida com só um único tipo de vértice e um único tipo de aresta; (b) uma rede com vários tipos de vértices e de arestas; (c) uma rede com vértices variados e arestas com pesos; (d) uma rede dirigida na qual cada aresta tem uma direção.

As redes sociais compostas de apenas um tipo de ator são chamadas de **homogêneas** e as redes com mais de um tipo de ator são **heterogêneas**. As relações que conectam os atores podem ser **dirigidas**, isto é, possui um ator origem e um ator destino e **não-dirigidas**, quando não há um direcionamento no relacionamento entre os atores.

Além disso, as relações podem ter uma “força” de intensidade (*weighted ties*), ou seja, elas podem ter um número indicando um peso ou não. Se as ligações possuem intensidade, a rede deve apresentar informações adicionais sobre os pesos, isto é, além de ser formada pelos conjuntos N, E , a rede possui ainda o conjunto $W = \{w_1, w_2, \dots, w_M\}$, que

representa o peso das ligações, sendo a rede representada por $R = (N, E, W)$.

Deste modo, a partir de uma rede cujas ligações são dirigidas e possuem uma intensidade associada, é possível obter as demais configurações por meio de operações de limiarização, para obtenção de redes sem peso, e simetrização, para a obtenção de redes não-dirigidas. A Figura 2.4 apresenta um diagrama com estas operações. A limiarização é realizada retirando-se arestas cujo peso seja menor do que um limiar definido e associando peso unitário às arestas remanescentes. Já a simetrização transforma as ligações dirigidas em não-dirigidas.



Figura 2.4 – Representação esquemática das relações entre os tipos de redes. (Adaptada de COSTA et al., 2007)

As operações de simetrização e limiarização, apresentadas na Figura 2.4, podem ser expressas da seguinte forma:

- Limiarização: $A = \delta_T(W)$,
- Simetrização: $\psi(A) = \delta_1(A + A^T)$,

onde $A = \delta_T(W)$ associa $a_{ij} = 1$ se $w_{ij} > T$ ou $a_{ij} = 0$, caso contrário. A matriz A^T é transposta de A .

Outro conceito importante dentro da análise de redes sociais são as redes **egocêntricas** (*ego network*) ou **pessoais e completas** (*complete network*) ou **totais**. As redes egocêntricas focam em um ator principal da rede (chamado de *ego*) juntamente com os outros atores (chamados de *alter*) que têm alguma relação com o *ego*. A rede completa como o próprio nome diz, são todos os atores da rede com todas as relações existentes entre eles.

Segundo Degenne e Forsé (1999), a análise de redes pessoais é o primeiro tipo e o mais básico da análise de redes sociais, pois captura os dados relacionais em torno de um indivíduo. Por outro lado, para uma compreensão profunda das estruturas, as redes totais se fazem necessárias, dado o efeito de “multiplexidade” – quando diferentes conteúdos de relações (parentesco, amizade, contato formal, relações financeiras, etc.) sobrepõem-se ao campo de interação social.

Em seu aspecto geral, a análise de redes sociais não se preocupa com indivíduos isolados, mas com suas conexões em uma coletividade. Por isso, a abordagem das redes totais é mais indicada para atingir o objetivo principal da análise de redes sociais: explicar a ocorrência de diferentes estruturas e como essas estruturas interferem ou não nos comportamentos dos atores (BALANCIERI, 2004).

Em termos computacionais, as redes podem ser armazenadas por meio de listas ou matrizes de adjacência, por exemplo. No caso da lista, apenas os pares de vértices (i, j) que possuem ligações são armazenados. Já no caso da matriz de adjacência A , se dois vértices i e j estão ligados, a entrada a_{ij} na matriz será igual a 1 e igual a 0, caso contrário. A Figura 2.5 mostra um exemplo de mapeamento de uma rede não-dirigida e de uma dirigida em matrizes de adjacência. Quando as conexões na rede possuem peso, a lista tem um terceiro elemento relacionado à intensidade das ligações, (i, j, w_{ij}) . Além disso, ao invés da matriz de adjacência, é utilizada uma matriz de pesos W , que armazena os pesos das ligações entre os vértices, dados pelas entradas w_{ij} na matriz. Cada estrutura de armazenamento tem suas vantagens e desvantagens. O uso das listas permite maior economia de memória (quando as redes são esparsas) do que o uso das matrizes de adjacência, embora o acesso às ligações seja mais complexo, porque são necessárias buscas na lista.

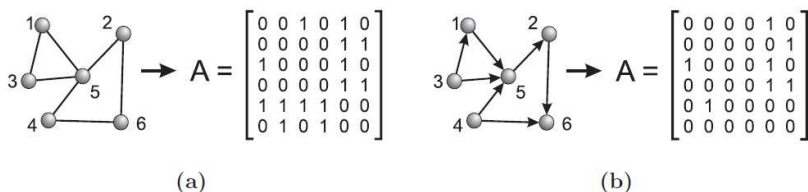


Figura 2.5 – As redes podem ser representadas por matrizes de adjacência. Em (a) é apresentada uma rede não-dirigida e em (b) uma rede dirigida. No caso (a), os elementos a_{ij} da matriz são iguais a 1 se há uma ligação entre os vértices i e j e iguais a zero, caso contrário. Já no caso (b), os elementos da matriz a_{ij} são iguais a 1 se existe uma conexão dirigida do vértice i para o vértice j .

Freeman (1978) define que em uma rede não-dirigida, o **grau** (do inglês *nodal degree*) de um vértice qualquer é o número de arestas que incidem (conectam) aquele vértice. O grau de um vértice pode variar de 0 (para vértices isolados) até $g - 1$, onde g representa o total de vértices de uma rede. Para uma rede dirigida, considera-se o grau de entrada (do inglês *indegree*) e o grau de saída (*outdegree*), de acordo com a direção das arestas que chegam ou que saem do vértice. Além disso, se a rede possui intensidade associada as suas arestas, então o grau de um vértice consistirá na soma de todos os pesos das arestas incidentes.

O grau é definido como uma generalização da conectividade, pois leva em conta multi-conexões entre dois vértices (NEWMAN, 2003b). Dessa forma, uma medida básica para caracterização da estrutura de redes é dada pela média do número de conexões entre os vértices, denominada **conectividade média**, $\langle k \rangle$. A conectividade de um dado vértice i para uma rede não-dirigida é dada por $k_i = \sum_{j=1}^N A_{ij}$, e a conectividade média, $\langle k \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N k_i$. Se as conexões na rede possuem intensidade, é utilizada a força do vértice, s_i , ao invés da conectividade, que é calculada por $s_i = \sum_{j=1}^N w_{ij}$. A respectiva medida global é a força média da rede, dada pela seguinte equação: $\langle S \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N s_i$.

Estas medidas podem ser usadas na identificação de **hubs** (vértices altamente conectados) e para quantificar a densidade de conexões (ALBERT *et al.*, 2000). Na Figura 2.6 é apresentado um exemplo de duas redes formadas por 10 vértices e 15 arestas. Enquanto que na rede sem peso da Figura 2.6(a), o vértice 1 é um *hub* porque concentra grande parte das conexões ($k_1=8$), na rede da Figura 2.6(b) o vértice 6 é um *hub* por possuir ligações com maior intensidade (a intensidade da ligação é representada pela largura da aresta).

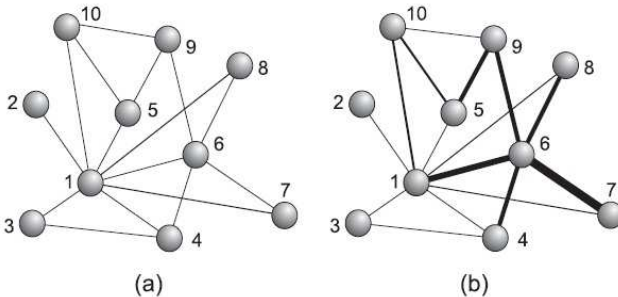


Figura 2.6 – Exemplo de duas redes formadas por 10 vértices e 15 arestas.

Em alguns trabalhos, como não se considera redes cujos pares distintos de vértices possuem mais de uma ligação entre si, adota-se grau e conectividade como sinônimos. Por meio da conectividade e da sua distribuição é possível, por exemplo, caracterizar diversos tipos de redes, assim como determinar se a configuração das conexões de uma dada rede é definida de forma aleatória ou se possui alguma lei de formação. A análise das conexões foi fundamental nas primeiras investigações a respeito das redes, e estimulou pesquisas futuras, como o desenvolvimento de modelos para reproduzir a estrutura de redes reais.

2.3 Modelos de redes

Em uma tentativa de explicar características e propriedades das redes, nos últimos anos foram desenvolvidos estudos aplicados às redes, sejam sociais (WATTS, 1999, 2003; NEWMAN, 1999; BARABÁSI *et al.*, 2002; ADAMIC; ADAR, 2004; AMARAL *et al.*, 2000) e às redes como um todo (ALBERT; BARABÁSI, 2002; BOCCALETTI *et al.*, 2006; COSTA *et al.*, 2007; NEWMAN, 2003b). Nessas novas perspectivas, foram criados modelos de análise de redes.

Watts (2003) afirma que a diferença entre os novos estudos de redes e os antigos é que no passado as redes foram vistas como objetos de pura estrutura, cujas propriedades estavam fixadas no tempo. Para Watts, é preciso levar em conta que, nas redes, os elementos estão sempre em ação, "fazendo algo" e que elas são dinâmicas, estão evoluindo e mudando com o tempo.

Portanto, a questão crucial para a compreensão dessas redes sociais passava também por essa dinâmica de sua construção e manutenção. Deste modo, a novidade das novas abordagens sobre redes e sua possível contribuição para o estudo das redes sociais está no fato de perceber a estrutura não como determinada e determinante, mas como mutante no tempo e no espaço.

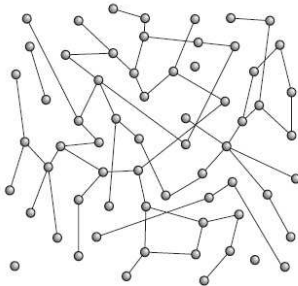
Nas próximas subseções são apresentados três modelos de redes: aleatórias, mundo pequeno (*Small World*) e livres de escala.

2.3.1 Modelo de Redes Aleatórias

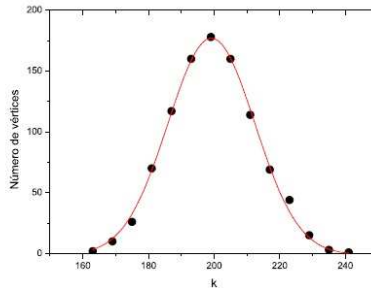
Em 1959, dois matemáticos húngaros, Paul Erdős e Alfred Rényi, consideraram os grafos como objetos estocásticos, ao invés de analisá-los de forma puramente determinística, como fazia até então a

matemática discreta e a sociologia. Assim, eles sugeriram um modelo de rede baseado em ligações aleatórias, que ficou conhecido como grafos aleatórios de Erdős e Rényi (ERDÖS; RÉNYI, 1959, 1960, 1961).

Estes grafos são construídos iniciando-se com um conjunto de N vértices totalmente desconectados e a cada passo dois vértices são escolhidos aleatoriamente e conectados com uma probabilidade fixa p , sendo cada par de vértices considerado apenas uma vez. Assim sendo, todas as ligações possuem a mesma probabilidade de ocorrerem, ou seja, a rede gerada tem uma estrutura altamente homogênea. Na Figura 2.7(a) é apresentado um exemplo de rede aleatória. A distribuição da conectividade para essas redes, quando N é grande e a conectividade média é mantida constante, tende à distribuição de Poisson (Figura 2.7(b) e Tabela 2.1). Além disso, o caminho mínimo médio é pequeno nessas redes, caindo com o logaritmo do tamanho da rede, $\ell \sim \ln N / \ln \langle k \rangle$, sendo $\langle k \rangle = 2M / N = p(N - 1)$ o número médio de conexões na rede e M o número de arestas.



(a)



(b)

Figura 2.7 – (a) Um exemplo de um grafo aleatório de Erdős e Rényi. (b) A distribuição da conectividade para uma rede com 10.000 vértices, usando uma probabilidade $p = 0,2$. Cada ponto no gráfico é a média sobre 10 redes. (Adaptada de COSTA *et al.*, 2007)

Tabela 2.1 – Resultados analíticos de algumas medidas básicas para os modelos de Erdős-Rényi, Watts-Strogatz e Barabási-Albert (COSTA *et al.*, 2007)

Erdős-Rényi	Watts-Strogatz	Barabási-Albert
$P(k) = \frac{e^{-\langle k \rangle} \langle k \rangle^k}{k!}$	$P(k) = \sum_{i=1}^{\min(k-\kappa, \kappa)} \binom{\kappa}{i} (1-p)^i p^{\kappa-i} \frac{(p\kappa)^{k-\kappa-i}}{(k-\kappa-i)!} e^{-p\kappa}$	$P(k) \sim k^{-3}$
$\langle k \rangle = p(N-1)$	$\langle k \rangle = 2\kappa^*$	$\langle k \rangle = 2m$
$C = p$	$C \sim \frac{3(\kappa-1)}{2(2\kappa-1)} (1-p)^3$	$C \sim N^{-0.75}$
$\ell \sim \frac{\log N}{\log \langle k \rangle}$	$\ell \sim p^\tau f(Np^\tau)^*$	$\ell \sim \frac{\log N}{\log(\log N)}$

♦ Nas redes de Watts-Strogatz, os valores 2κ representam o número de vizinhos de cada vértice na rede regular (na Figura 2.8, $k = 4$).

* A função $f(u) = \text{constante}$ se $u \ll 1$ ou $f(u) = \ln(u)/u$ se $u \gg 1$.

Erdős e Rényi estavam interessados apenas na riqueza matemática das redes aleatórias e não em aplicações práticas. Eles apenas mencionaram em seu artigo de 1959 que a evolução dos grafos poderia ser considerada como um modelo muito simplificado de certas redes de comunicação, como estradas e ferrovias. Portanto, os trabalhos publicados por estes estudiosos consideraram apenas as propriedades matemáticas dos grafos e não as aplicações práticas. Mesmo assim, o modelo de Erdős e Rényi suscitou questões relacionadas à estrutura das conexões em redes reais. Uma delas questionava se estas conexões poderiam ser representadas pelo modelo aleatório. Entretanto essa resposta só foi obtida no final da década de 90, quando novas bases de dados surgiram e o poder computacional aumentou.

2.3.2 Modelo *Small World* (Mundo Pequeno)

Em 1967, uma importante propriedade presente nas redes sociais foi descoberta quando Stanley Milgram, um pesquisador de sociologia em Harvard, Estados Unidos, interessado na estrutura da sociedade americana, descobriu que a distância média entre duas pessoas quaisquer nos Estados Unidos é aproximadamente seis. O experimento que determinou tal resultado foi realizado com o envio de centenas de cartas a pessoas residentes em Wichita (Kansas) e Omaha (Nebraska). Na carta era perguntado se elas conheciam a esposa de um aluno de graduação que residia em Sharon (Massachusetts) ou se conheciam um corretor de fundos públicos em Boston. Caso elas conhecessem, as cartas deveriam ser enviadas aos respectivos destinatários. Caso contrário, as pessoas deveriam colocar seus dados e enviar as cartas a outras pessoas que supostamente os conheciam. As cartas deveriam passar pelas mãos de

diversos indivíduos até chegarem ao seu destino e, dessa forma, Milgram poderia saber a rota pela qual elas teriam passado. Das 160 cartas enviadas, 42 chegaram ao destino e, com isso, Milgram determinou o caminho médio que separava duas pessoas quaisquer nos Estados Unidos. Tal distância foi determinada como sendo aproximadamente 5,5 e arredondada para seis. A partir desta descoberta, surgiu o famoso termo “seis graus de separação” (MILGRAM, 1967). De acordo com este princípio, a distância média entre um esquimó no Alaska e uma pessoa residente em Florianópolis deve ser em torno de seis. Esse fenômeno é conhecido como efeito de mundo pequeno (*Small World*).

O efeito *Small World* é devido ao fato da distância de separação crescer mais lentamente do que o tamanho da rede. Ou seja, se cada vértice está ligado em média a k vizinhos, o número de vértices entre um dado vértice i e outro j localizado a uma distância ℓ de i , é igual a k^ℓ . Como k^ℓ não deve ser maior do que N , temos $\ell \leq \log N / \log k$. Assim, a origem do efeito *Small World* é que a distância cresce com o logaritmo da rede e decresce com o logaritmo da média do número de conexões. Hoje, se sabe que a maioria das redes complexas apresentam esta propriedade, como a Internet ($\ell \approx 10$), as espécies em cadeias alimentares ($\ell \approx 2$) e as moléculas presentes nas células ($\ell \approx 3$) (ALBERT; BARABÁSI, 2002; NEWMAN, 2003b).

Em 1998, Duncan Watts e Steven Strogatz, pesquisadores das Universidades de Columbia e Cornell respectivamente, observaram que em algumas redes reais, tais como a rede de neurônios do *Caerohabditis elegans* e a rede de distribuição de energia dos Estados Unidos; a presença de loops (caminhos fechados) de ordem três é muito maior do que nas redes aleatórias com mesmo número de vértices e arestas (WATTS; STROGATZ, 1998). Esse foi o primeiro indício de que as redes reais não são completamente aleatórias, mas possuem uma determinada lei de formação.

Baseados nesta descoberta, Watts e Strogatz sugeriram um modelo alternativo aos grafos aleatórios, chamado modelo *Small World* de Watts-Strogatz (em analogia ao fenômeno descoberto por Stanley Milgram), que apresenta o efeito *Small World* e a presença de um grande número de *loops* de ordem três. Neste modelo, eles assumem que as redes presentes na natureza não são completamente regulares e nem mesmo aleatórias, todavia situam-se entre esses dois extremos.

Para a obtenção do modelo *Small World*, inicia-se com uma rede regular formada por N vértices ligados a κ vizinhos mais próximos em

cada direção, totalizando 2κ conexões iniciais, sendo $N \gg \kappa \gg \log(N) \gg 1$. A seguir, cada aresta é aleatoriamente reconectada com uma probabilidade fixa p , que introduz o caráter aleatório à rede. Quando $p = 0$, a rede é completamente regular, apresentando alta quantidade de *loops* e caminho médio alto, e quando $p = 1$, a rede é aleatória, apresentando baixa quantidade de *loops* de ordem três, mas pequeno caminho médio. Portanto, tal modelo situa-se entre a completa regularidade e a aleatoriedade. A emergência do regime *Small World* ocorre para $p > 0,01$, quando o menor caminho médio converge para o valor encontrado nos grafos aleatórios e a ocorrência de ciclos de ordem três permanece da ordem das redes regulares. Na Figura 2.8 é apresentado o mecanismo de construção do modelo *Small World*. A Figura 2.9(a) ilustra um exemplo de rede gerada por tal modelo e a Figura 2.9(b) apresenta a distribuição da conectividade para uma rede *Small World* formada por 10.000 vértices.

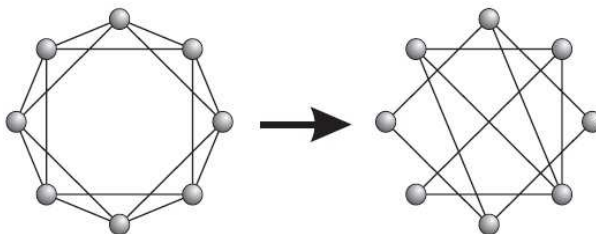


Figura 2.8 – As redes *Small World* de Watts e Strogatz são construídas a partir de uma rede regular, religando as arestas com probabilidade p .

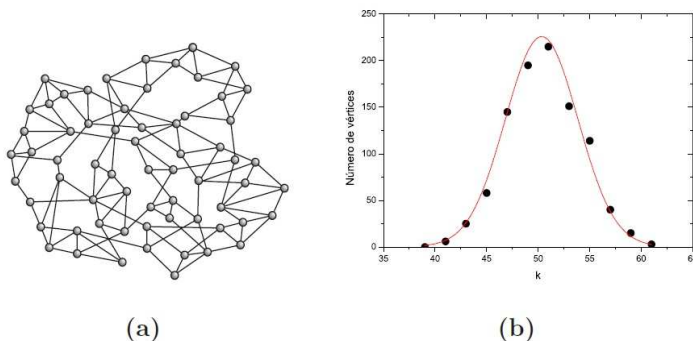


Figura 2.9 – (a) Um exemplo de uma rede *Small World* formada por 64 vértices (Presença de um elevado número de *loops* de ordem três). (b) A distribuição da conectividade para uma rede *Small World* formada por 1.000 vértices, $\kappa = 25$ e $p = 0,3$. (Adaptada de COSTA *et al.*, 2007)

O trabalho de Watts e Strogatz formalizou um antigo problema de sociologia proposto por Mark Granovetter em 1973 (GRANOVETTER, 1973), que estudou as relações entre pessoas na sociedade e mostrou que as ligações mais fracas de amizade são extremamente importantes. Granovetter demonstrou que os laços afetivos entre familiares e entre amigos íntimos não oferecem uma diversidade de conhecimento tão grande como as relações entre pessoas conhecidas e amigos distantes. Tal conclusão foi obtida quando Granovetter entrevistou dezenas de trabalhadores e perguntou a eles quem os tinha ajudado a encontrar um emprego. Na maioria dos casos (27,8 % dos casos), a informação sobre tal emprego vinha de conhecidos, ao invés de amigos íntimos (16,7 % dos casos). Isto ocorre porque os amigos íntimos tendem a compartilhar as mesmas informações (GRANOVETTER, 1995). As implicações da descoberta de Granovetter vão desde a sociologia até a economia, marketing e política (GRANOVETTER, 1985, 1995). No modelo de Watts e Strogatz, as ligações mais fracas sugeridas por Granovetter são aquelas estabelecidas pela reconexão de arestas. Estas ligações têm um papel fundamental na conexão entre os membros de grupos fechados (formado por familiares e amigos íntimos) e o mundo externo. É através delas que as redes sociais se tornam *Small World*. O trabalho de Watts e Strogatz trouxe o fenômeno *Small World* da sociologia para as comunidades formadas por físicos e matemáticos, inspirando novas investigações em redes complexas.

2.3.3 Modelo de Redes Livres de Escala

Em 1999, dois pesquisadores da Universidade de Notre Dame, Estados Unidos, Albert-László Barabási e Reka Albert (BARABÁSI; ALBERT, 1999), decidiram verificar se o fenômeno *Small World* estava presente na Web. Através do uso de um *Web Crawler*¹⁰, eles mapearam a topologia das conexões entre as páginas da Web e descobriram que além dela apresentar o fenômeno *Small World* ($\ell \approx 11$), a distribuição de conexões não é aleatória, mas do tipo livre de escala (*scale-free*), que é da forma $P(k) \sim k^{-\gamma}$ (ALBERT *et al.*, 1999).

¹⁰ Os *Web Crawlers*, também conhecidos como indexadores automáticos, *robots*, *ant*, *spider*, *wanderers*, *walkers*, *knownbots* ou *bot*, são programas responsáveis por percorrer a Web e realizar o *download* de páginas para serem usadas por sistemas de busca.

O nome "livre de escalas" advém de características da representação matemática da rede, que segue uma curva denominada *Power Law* (curva logarítmica que decresce abruptamente a níveis próximos de um mínimo e mantém-se assim, construindo uma longa "cauda"). A distribuição *power law* implica que uma abundância de vértices possui apenas algumas ligações e uma minoria pequena, mas significativa, tem a grande maioria de ligações.

Ainda em 1999, o mesmo tipo de distribuição já havia sido encontrado na Internet pelos irmãos Faloutsos (FALOUTSOS *et al.*, 1999), embora tal trabalho não tivesse despertado forte impacto. A partir dessas descobertas, verificou-se que diversas redes apresentam distribuição de ligações do tipo livre de escala e, portanto, o universo aleatório de Erdős e Rényi tende a não estar presente na natureza. Assim, o trabalho de Watts e Strogatz sugeriu a primeira limitação do modelo de Erdős e Rényi, que foi a ausência de ciclos de ordem três, embora tenha mantido o caráter aleatório. Já o de Barabási e Albert descartou a aleatoriedade e mostrou que há leis que regem a estrutura das redes reais.

A distribuição livre de escala é um tipo de distribuição de probabilidades que reflete invariância de escala. Leis de potência também são conhecidas como Lei de Zipf ou Distribuição de Pareto. Tais distribuições são idênticas, embora alguns autores tenham gerado confusão ao diferenciá-las (NEWMAN, 2005). A distribuição de Pareto foi proposta por Vilfredo Pareto (PARETO, 1942) no início do século 20, que demonstrou que certos fenômenos em economia, assim como na física, podem ser modelados matematicamente. Deste modo, a economia não é governada por simples aleatoriedade, mas possui leis que regem o seu comportamento. Quantidades geradas aleatoriamente possuem uma escala típica, sendo descritas por curvas características definidas por uma média e um desvio padrão (observar a Figura 2.7(b)). Por exemplo, a distribuição de riquezas, do tamanho das cidades, dos preços de livros, dos diâmetros das crateras lunares, da intensidade dos terremotos, do número de conexões por roteadores e o número de citações por artigo; não possuem uma média e desvio característicos, sendo invariantes por escala (NEWMAN, 2005). Pareto havia observado que em muitos fenômenos, 80% das consequências advêm de 20% das causas (regra 80/20), o que gera uma lei de potência, que é uma curva continuamente decrescente sem um pico característico, descrita por um único expoente (observar a Figura 2.10(b)). Diferentemente da uniformidade, leis de

potência sugerem que muitos eventos pequenos podem coexistir com poucos eventos grandes.

Motivados pela descoberta da estrutura da Web, pesquisadores verificaram que a falta de uniformidade na estrutura das redes complexas é um fenômeno universal, sendo observado, por exemplo, nas redes de colaboração entre cientistas (BARABÁSI *et al.*, 2002). Inspirados por essas descobertas, Barabási e Albert propuseram um modelo de crescimento, que gera as redes livres de escala (BARABÁSI; ALBERT, 1999), que é baseado em dois passos:

1. **Crescimento:** Iniciando-se com um pequeno número de vértices N_0 , a cada passo é adicionado um vértice com m ($m \leq N_0$) arestas que se conectam com vértices já presentes na rede.
2. **Adesão preferencial:** O novo vértice, que vai ser adicionado à rede, tende a se conectar com os vértices mais conectados, ou seja, a probabilidade de um vértice j , presente na rede, ser escolhido é proporcional a sua conectividade, $P_{i \rightarrow j}(n+1) = \frac{k_j(n)}{\sum_{u=-N_0+1}^n k_u(n)}$, onde n é o tempo e o número de vértices adicionados à rede.

Cabe ressaltar que estes dois mecanismos de construção das redes livres de escala não estão presentes no modelo aleatório de Erdős e Rényi e no modelo *Small World* de Watts e Strogatz, pois nestes não há adição de novos vértices e as conexões são estabelecidas de forma homogênea, havendo uma conectividade característica (conectividade média) na rede. Por outro lado, nas redes geradas pelo modelo livre de escala, os vértices mais conectados tendem a receber mais conexões — paradigma conhecido como “o rico fica mais rico”. Estas redes são formadas por um reduzido número de vértices altamente conectados, denominados *hubs*, e por uma grande quantidade de vértices pouco conectados, o que define a distribuição livre de escala. Na Figura 2.10 é mostrada uma rede gerada pelo modelo de Barabási e Albert e a distribuição da conectividade para uma rede composta por 10.000 vértices.

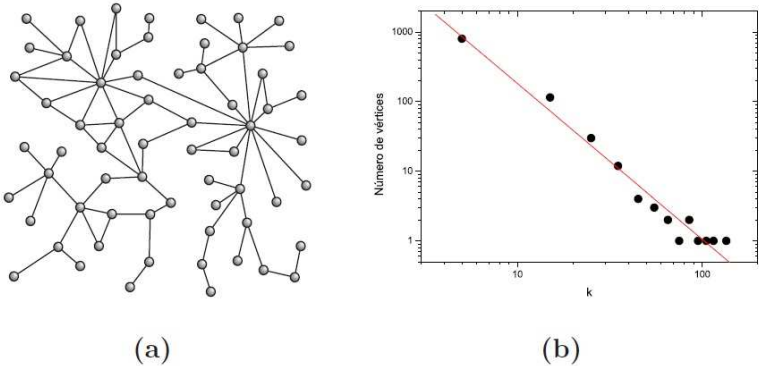


Figura 2.10 – (a) Exemplo de uma rede gerada pelo modelo livre de escala de Barabási e Albert. (b) Distribuição das conexões para uma rede livre de escala formada por 10.000 vértices considerando $m = 5$. A distribuição das conexões segue uma lei de potência, diferentemente das redes apresentadas nas Figuras 2.7 e 2.9. Cada ponto é uma média sobre 10 redes. (Adaptada de COSTA *et al.*, 2007)

O modelo de Barabási e Albert possui várias similaridades com o modelo desenvolvido por Price (PRICE, 1976), em 1976, para explicar a distribuição das conexões em redes de citação, que o mesmo autor havia encontrado uma década antes (PRICE, 1965). Entretanto, no modelo de Price, a probabilidade de que um novo artigo i cite um anterior j é proporcional a $k_j^{in} + 1$, onde k_j^{in} é o número de vezes que artigo j já foi citado. O modelo de Price, por sua vez, é uma reformulação do modelo de Simon (SIMON, 1955), que foi desenvolvido em 1955 para explicar a lei de potência que aparece em vários dados empíricos. Portanto, as distribuições livres de escala têm sido observadas desde a década de 50, mas sua popularidade cresceu com os trabalhos de Barabási e Albert no final da década de 90, pois foi apenas a partir dessa época que diversas bases de dados dos mais diversos sistemas complexos tornaram-se disponíveis. Deste modo, o desenvolvimento da Internet e a disponibilidade de informações que possibilitassem a construção de redes biológicas, sociais, tecnológicas e de informação, foram fundamentais para o desenvolvimento da teoria das redes complexas.

A Tabela 2.2 apresenta alguns exemplos de redes complexas livres de escala com seus respectivos número de vértices (N), conectividade média ($\langle k \rangle$), menor caminho médio (ℓ), expoente da distribuição das conexões (γ) e as referências onde estas redes são descritas.

Tabela 2.2 – Exemplos de redes livres de escala. (Adaptada de RODRIGUES, 2007)

Rede	N	$\langle k \rangle$	ℓ	γ	Referências
Atores	449.913	113,43	3,48	2,3	(WATTS; STROGATZ, 1998) (AMARAL et al., 2000)
Chamadas Telefônicas	47×10^6	3,16	-	2,1	(AIELLO <i>et al.</i> , 2001)
Circuitos eletrônicos	24.0907	4,34	11,05	3,0	(CANCHO <i>et al.</i> , 2001)
Internet	10.697	5,98	3,31	2,5	(FALOUTSOS et al., 1999) (CHEN <i>et al.</i> , 2002)
Mensagens de email	59.912	1,44	4,95	1,5 – 2,0	(EBEL <i>et al.</i> , 2002)
Pacotes de softwares	1.439	1,20	2,42	1,6 – 1,4	(NEWMAN, 2003a)
Rede de citações	783.339	8,57	-	3,0	(REDNER, 1998)
WWW (altavista)	203.549.046	10,46	16,18	2,1 – 2,7	(BRODER, 2000)
WWW (nd.edu)	269.504	5,55	11,27	2,1 – 2,4	(ALBERT <i>et al.</i> , 1999) (BARABÁSI <i>et al.</i> , 2000)

Scharnhorst (2003) discute a existência de uma relação entre os modelos de redes livres de escala e de mundos pequenos. De acordo com ela, algumas vezes, as duas características podem ser atribuídas às redes. Outras vezes, a diferença radical desses dois tipos de rede é destacada. O modelo de Barabási e Albert, por exemplo, tem um grau de conectividade muito baixo, já que apenas alguns vértices estão altamente conectados, a maioria tem poucas ligações. Além disso, uma rede livre de escala não é, necessariamente, um mundo pequeno. Já o modelo de Watts e Strogatz tem um grau de conectividade parecido com o de um grafo aleatório (Erdős e Rényi), mas tem um alto grau de conexão entre os vértices.

Scharnhorst (2003) explica ainda que é preciso que se atente para o fato de que os modelos foram criados sob a forma teórica, em testes realizados em computadores. No mundo real, as redes costumam exibir um grau de distribuição (conectividade) variado, que não necessariamente funcionam em um modelo ou outro. Dependendo da definição teórica escolhida, as propriedades dos dois tipos de rede podem ser encontradas nas redes no mundo real.

2.4 Medidas de Análise de Redes Sociais

Knoke e Kuklinsky (1982) afirmam que as medidas de redes sociais capturam as propriedades emergentes (não-lineares) dos sistemas sociais que não podem ser avaliadas pela simples agregação de atributos dos membros individuais. Além disso, tais propriedades emergentes podem afetar significativamente tanto o desempenho do sistema social quanto o comportamento dos membros de uma rede.

Na prática, o especialista em ARS pode utilizar uma combinação das diversas medidas de rede a partir do problema empírico estudado. Para isso, nas próximas subseções são apresentadas algumas medidas de ARS (FREEMAN, 1978; WASSERMAN; FAUST, 1994).

2.4.1 Centralidade (*Centrality*)

Calcular a centralidade de um ator significa identificar a posição em que ele se encontra em relação às trocas e à comunicação na rede. Embora não se trate de uma posição fixa, hierarquicamente determinada, a centralidade em uma rede trás consigo a ideia de poder. Quanto mais central é um ator, mais bem posicionado ele está em relação às trocas e a comunicação, o que aumenta seu poder na rede (MARTELETO, 2001).

A centralidade é a posição de um ator em relação aos outros atores, considerando-se como medida a quantidade de relações que se colocam entre eles. Essa medida dá uma indicação da visibilidade de um ator na rede. Um ator com grande centralidade está em contato direto e adjacente com muitos outros atores. Por outro lado, aqueles atores com baixo grau de centralidade são periféricos na rede, isto é, se este ator for excluído ou removido, não há efeitos significativos nas relações presentes (PEREIRA *et al.*, 2007).

Marteletto (2001) adverte para o fato de que os atores com mais contatos diretos em uma rede não serem necessariamente aqueles que ocupam as posições mais centrais e esta ocorrência pode ser explicada por meio do conceito de abertura estrutural. Um ator com poucas relações diretas pode estar muito bem posicionado em uma rede por meio da utilização estratégica de suas aberturas estruturais, que se baseia na otimização das relações e maximização dos contatos, o que interfere diretamente na centralidade de um ator.

Várias medidas tais como grau (*degree*), proximidade (*closeness*) e intermediação (*betweenness*), têm sido utilizadas como indicadores de centralidade. A Figura 2.11 apresenta um exemplo de uma rede social de pesquisadores e a Tabela 2.3 mostra as medidas (utilizadas na Figura 2.11) para ilustrar os diferentes tipos de medidas de centralidade apresentados nas próximas subseções.

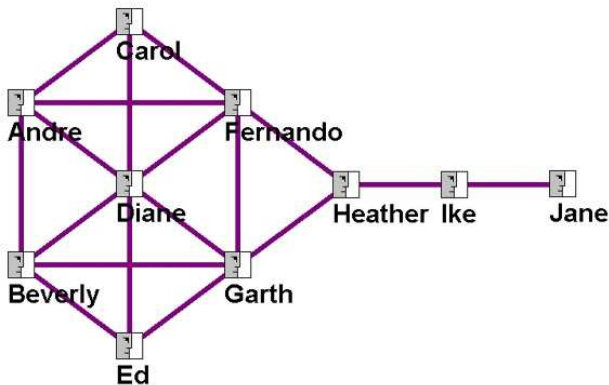


Figura 2.11 – Exemplo de uma rede social de pesquisadores. (Adaptada de EBENER, 2008)

Tabela 2.3 – Medidas utilizadas na Figura 2.11, para ilustrar os diferentes tipos de centralidade. (Adaptada de EBENER, 2008)

Centralidade de grau (<i>Degrees</i>)		Centralidade de Intermediação (<i>Betweenness</i>)		Centralidade de Proximidade (<i>Closeness</i>)	
0.667	Diane	0.389	Heather	0.643	Fernando
0.556	Fernando	0.231	Fernando	0.643	Garth
0.556	Garth	0.231	Garth	0.600	Diane
0.444	Andre	0.222	Ike	0.600	Heather
0.444	Beverly	0.102	Diane	0.529	Andre
0.333	Carol	0.023	Andre	0.529	Beverly
0.333	Ed	0.023	Beverly	0.500	Carol
0.333	Heather	0.000	Carol	0.500	Ed
0.222	Ike	0.000	Ed	0.429	Ike
0.111	Jane	0.000	Jane	0.310	Jane

2.4.1.1 Centralidade de grau (*Degree Centrality*)

A centralidade de grau conta o número de arestas, ou grau $d(n_i)$ (a letra d vem do inglês *degree*), que cada ator i tem, ou seja, $C_D(n_i) = d(n_i)$, tratando diferentemente o grau de entrada e o grau de saída no caso de redes dirigidas (WASSERMAN; FAUST, 1994).

Com o intuito de permitir que a centralidade seja comparada entre diferentes redes, é possível normalizar o índice dividindo-o pelo número de vértices da rede subtraindo uma unidade (que representa o próprio vértice), obtendo-se $C'_D(n_i) = \frac{d(n_i)}{g-1}$, sendo $0 \leq C'_D(n_i) \leq 1$, (a indicação da normalização se dá com o sinal ' sobre o C). No caso da rede ser dirigida, a centralidade de grau de saída de um vértice é dada por $C'_{D_o}(n_i) = \frac{d_o(n_i)}{g-1}$, onde $d_o(n_i)$ é o grau de saída do vértice (a letra "O" refere-se ao termo em inglês *output*). Analogamente, a centralidade de grau de entrada em uma rede dirigida é dada por $C'_{D_l}(n_i) = \frac{d_l(n_i)}{g-1}$ (a letra "l", maiúscula, refere-se ao termo em inglês *input*).

Para ilustrar o conceito de centralidade de grau, na Figura 2.11 o vértice que representa Diane tem a maioria das conexões diretas da rede, tornando-a o vértice mais ativo, ou seja, ela é o vértice mais central ou o *hub* da rede.

2.4.1.2 Centralidade de proximidade (*Closeness Centrality*)

A centralidade de proximidade de um ator mede o quanto o vértice, que representa o ator, está próximo de todos os demais da rede (FREEMAN, 1978). Para calcular a centralidade de proximidade soma-se a distância geodésica¹¹ do vértice em relação a todos os demais vértices da rede e depois inverte, uma vez que quanto maior a distância, menor a proximidade, chegando-se à seguinte fórmula: $C_C(n_i) = [\sum_{j=1}^g d(n_i, n_j)]^{-1}$. A normalização do índice, para que o mesmo fique na faixa de valores entre 0 e 1, pode ser feito multiplicando-se $C_C(n_i)$ por $g-1$, obtendo-se: $C'_C(n_i) = \frac{(g-1)}{[\sum_{j=1}^g d(n_i, n_j)]} = (g-1)C_C(n_i)$.

Portanto, a centralidade de proximidade mede o quanto um ator é tão mais central quanto menor o caminho que ele precisa percorrer para alcançar os outros atores da rede, isto é, a sua independência em relação aos outros atores da rede (MARTELETO, 2001).

Este tipo de centralidade depende não apenas das relações diretas, mas das relações indiretas, especialmente quando dois atores não estão adjacentes (PEREIRA *et al.*, 2007). O distanciamento de um ator é a soma das distâncias geodésicas. O inverso do distanciamento é a centralidade de proximidade (FREEMAN, 1978; WASSERMAN; FAUST, 1994).

No exemplo da Figura 2.11, os atores Fernando e Garth são os vértices com maior centralidade de proximidade. Apesar de terem menos conexões que Diane, suas relações diretas e indiretas permitem acessar todos os vértices da rede mais rapidamente do que qualquer outro ator. Eles detêm os caminhos mais curtos para todos os outros atores, ou seja, eles estão próximos de todos os outros atores. Eles estão em uma excelente posição para monitorar o fluxo da informação na rede e a melhor visibilidade do que está acontecendo na rede.

¹¹ A distância geodésica é amplamente usada na análise de redes, é o menor caminho entre os dois atores a_i e a_j e representada por $d(a_i, a_j)$ para todos os outros atores. No plano euclidiano, as geodésicas são linhas retas; já em uma esfera, as geodésicas são os arcos de grandes círculos, isto é, a geodésica unindo dois pontos P_1 e P_2 sobre uma esfera é o arco do círculo obtido como interseção da esfera com o plano determinado por três pontos: P_1 , P_2 e C (centro da esfera).

2.4.1.3 Centralidade de Intermediação (*Betweenness Centrality*)

Para medir o tráfego que passa em um dado vértice (ou aresta), é usada a medida chamada centralidade de intermediação (*betweenness centrality*) (FREEMAN, 1977), que mede o quanto um vértice ou aresta está no caminho entre outros vértices. Seja g_{jk} o número de caminhos geodésicos (mais curtos e de mesmo tamanho) que ligam os vértices j e k , e $g_{jk}(n_i)$ o número de tais caminhos, no total de g_{jk} , que passa pelo vértice n_i . O índice de centralidade de intermediação é: $C_B(n_i) = \sum_{j < k} \frac{g_{jk}(n_i)}{g_{jk}}$, que mede, para um vértice n_i , a soma de probabilidades de o mesmo estar no caminho geodésico entre todos os demais vértices da rede. Para normalizar tal índice, deve-se dividi-lo pelo seu máximo possível, que é o número de pares de vértices na rede que não incluem n_i , ou seja, $(g - 1)(g - 2) / 2$, chegando-se ao seguinte índice de centralidade de intermediação normalizado por ator: $C'_B(n_i) = \frac{C_B(n_i)}{(g-1)(g-2)/2}$. Na Figura 2.12, os vértices A, B, C e D são os que possuem maior centralidade de intermediação.

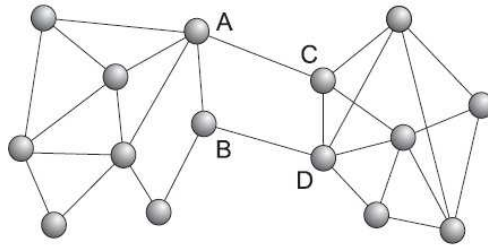


Figura 2.12 – Os vértices com maior centralidade de intermediação (*betweenness centrality*) são os vértices A, B, C e D, pois participam da maioria dos menores caminhos da rede.

Portanto, a centralidade de intermediação é o potencial daqueles atores que servem de intermediários. Representa o quanto um ator atua como “ponte”, facilitando o fluxo de informação em uma determinada rede (MARTELETO, 2001).

Dessa forma, a interação entre dois atores não adjacentes pode depender de outros atores do conjunto de atores, especialmente daqueles que participam no caminho entre os dois atores não adjacentes. Estes outros atores podem, potencialmente, ter algum controle sobre as interações entre os dois atores não adjacentes. Por exemplo, a distância

entre dois atores chamados a_2 e a_3 é dada por (a_2, a_1, a_4, a_3) , isto é, o caminho mais curto entre estes atores tem que passar por dois outros atores (a_1 e a_4), então pode-se dizer que os dois atores contidos no caminho pode ter controle sobre a interação entre a_2 e a_3 (PEREIRA *et al.*, 2007). Este papel de mediador implica ter poder de controlar e filtrar as informações que circulam na rede.

No exemplo da Figura 2.11, Heather possui a maior centralidade de intermediação, pois enquanto Diane tem muitas relações diretas, Heather tem poucas, no entanto, Heather tem uma das melhores localizações na rede, pois ela está entre duas importantes circunscrições. Ela ocupa o papel de ponte (*broker*) na rede, ou seja, sem ela, Ike e Jane não tem acesso a informação do *cluster* de Diane.

2.4.2 Densidade (*Density*)

Densidade é definida como o número real de conexões na rede, expressa como uma percentagem do número máximo possível de conexões (COULON, 2005). Este número varia entre 0 e 1.0, quando a densidade é próxima de 1.0, a rede é chamada de densa, do contrário, ela é chamada de esparsa. Em uma rede com intensidade (pesos), a densidade é o total de todos os valores das conexões dividido pelo número de conexões possíveis, e neste caso, a densidade calculada é uma média (WASSERMAN; FAUST, 1994).

Um problema com a medida de densidade é que ela é dependente do número de vértices da rede, assim, não pode ser usada para comparações de redes que tenham variações significantes do tamanho (número de vértices) (SCOTT, 2000).

Na Figura 2.13 é apresentada uma comparação de densidade entre duas redes (a e b), onde é possível perceber que a rede b é mais densa que a rede a.

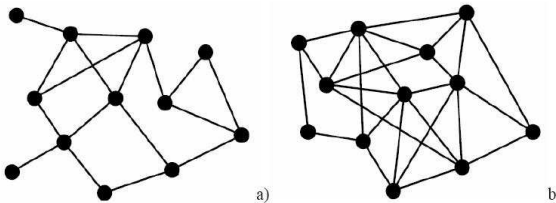


Figura 2.13 – Comparação de densidade entre duas redes. A medida atribui um valor de 25% para a rede apresentada em a) e 39% para a rede apresentada em b). (Adaptada de EBENER, 2008)

2.4.3 Distância (*Distance*)

Distância é o conjunto de medidas que dá uma indicação do comprimento que uma informação precisará trafegar entre um vértice e outro (EBENER, 2008). A distância entre os vértices é um fator importante que está relacionado ao transporte e comunicação em redes. Portanto, as medidas relacionadas à distância são fundamentais no estudo da estrutura e dinâmica das redes.

O comprimento do caminho que conecta dois vértices i e j é dado pelo número de arestas ao longo deste caminho. O comprimento do menor caminho entre dois vértices i e j , d_{ij} , é dado pela extensão de todos os caminhos que conectam estes vértices cujos comprimentos são mínimos (WATTS; STROGATZ, 1998). Os menores caminhos entre todos os vértices em uma rede podem ser representados por meio de uma matriz de distâncias D , cujos elementos d_{ij} expressam o valor do menor caminho entre os vértices i e j . O valor $d_{max} = \max_{i,j} d_{ij}$ é chamado diâmetro da rede. A média entre os valores na matriz D exprime o caminho característico da rede (menor caminho médio), sendo calculada por $\ell = \frac{1}{N(N-1)} \sum_{i \neq j} d_{ij}$.

Caso i e j não pertençam a um mesmo componente conectado, $d_{ij} = \infty$. A Tabela 2.1 apresenta as formas analíticas de ℓ para os modelos de Erdős e Rényi, de Watts e Strogatz e de Barabási e Albert.

Na Figura 2.14 é ilustrado um exemplo de uma matriz de distância geodésica e a rede correspondente a esta matriz.

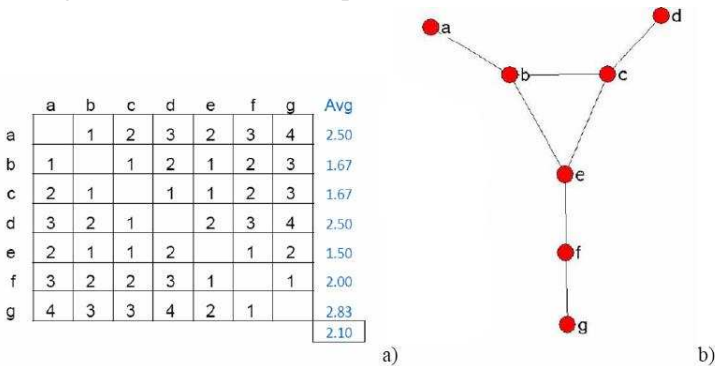


Figura 2.14 – a) Exemplo de uma matriz de distância geodésica. b) Representação da matriz na rede. (Adaptada de EBENER, 2008)

2.4.4 Subgrupos (Cliques)

Emirbayer e Goodwin (1994) denominam cliques como um grupo de atores no qual cada um está direta e fortemente conectado a todos os outros. A definição de clique é um ponto de partida útil para especificar a propriedade coesiva de subgrupos. Segundo essa definição, deve haver no mínimo três vértices para compor uma clique (FREITAS; PEREIRA, 2005).

A Figura 2.15 mostra um exemplo de uma rede com três subgrupos (cliques). As cliques podem representar uma instituição, um subgrupo específico e mesmo identificar a movimentação em torno de um determinado problema (MARTELETO, 2001). É nas cliques que existe uma densidade maior de comunicação (BREIGER *et al.*, 2003), ou seja, é mais eficiente compartilhar informações dentro de um grupo (FREITAS; PEREIRA, 2005).

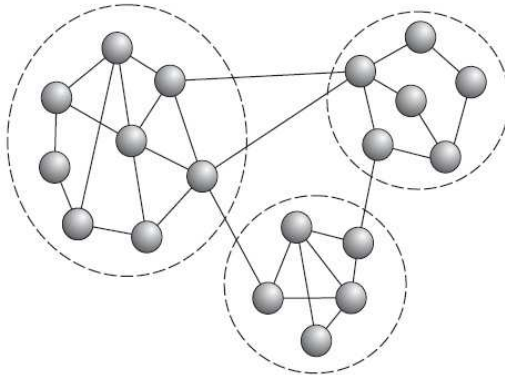


Figura 2.15 – Exemplo de uma rede com três subgrupos.

2.4.5 Aglomeração ou transitividade

Aglomeração (*clustering*) ou transitividade, indica a probabilidade de dois amigos quaisquer A e B terem um amigo C em comum. Para medir a fração de tais subgrafos é usada a medida chamada coeficiente de aglomeração (*clustering coefficient*), que mede a razão entre o número de arestas entre os vizinhos de um dado vértice i , denotado por e_i , e o número máximo possível de arestas entre esses vizinhos, que é dado por $k_i(k_i - 1)/2$. Na Figura 2.16 são apresentados

três exemplos de configurações que geram diferentes coeficientes de aglomeração.

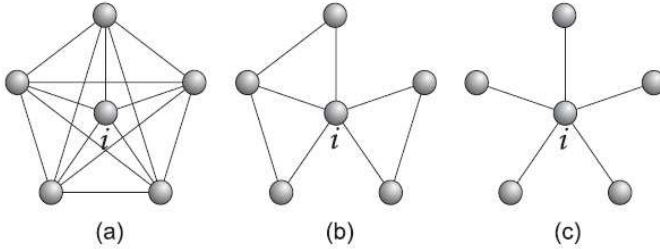


Figura 2.16 – Ilustração esquemática de três situações onde o coeficiente de aglomeração tem diferentes valores.

Em termos da matriz de adjacência, o coeficiente de aglomeração é calculado por (WATTS; STROGATZ, 1998) como: $cc_i = \frac{2e_i}{k_i(k_i-1)} = \frac{\sum_{j=1}^N \sum_{m=1}^N a_{ij} a_{jm} a_{mi}}{k_i(k_i-1)}$.

De maneira similar, Barrat *et al.* (2004) propôs a seguinte definição do coeficiente de aglomeração para uma rede com peso: $cc_i^w = \frac{1}{S_i(k_i-1)} \sum_{j>m} \frac{w_{ij}+w_{im}}{2} a_{ij} a_{im} a_{jm}$.

Na Figura 2.16(a) é apresentado um exemplo de clique, onde todos os vértices estão conectados entre si. Neste caso, $cc_i = 1$. Na Figura 2.16(b), $cc_i = 3/10$. Já na Figura 2.16(c) $cc_i = 0$, pois seus vizinhos não possuem conexões entre si.

A Tabela 2.1 apresenta formas analíticas do coeficiente de aglomeração para os modelos de Erdős e Rényi, de Watts e Strogatz e de Barabási e Albert.

2.5 Ferramentas para Análise de Redes sociais

Um software de ARS pode ser utilizado para identificar, representar, analisar, visualizar ou simular entidades sociais (vértices – *e.g.*, pessoas, organizações, etc.) e seus relacionamentos. Essas ferramentas de ARS trabalham com vários formatos de arquivos de entrada e saída de dados. Além disso, elas permitem aos seus usuários investigarem representações de redes de diferentes tamanhos. As ferramentas fornecem rotinas matemáticas e estatísticas que podem ser aplicadas para o modelo de redes. As representações visuais das redes

sociais são importantes para entender os dados da rede e transmitir o resultado da análise.

Huisman e Van Duijn (2004) apresentam uma síntese dos *softwares* disponíveis para análise de redes sociais. Eles revisam e comparam seis programas, ilustrando suas funcionalidades com exemplos. Opções de manipulação de dados e apoio ao usuário também são discutidos. Além disso, outros dezessete *softwares* são analisados brevemente.

Na Tabela 2.4 (Adaptada de HUISMAN e VAN DUIJN, 2004) é apresentada uma visão geral de diversos programas que efetuam ARS. Nesta tabela é possível verificar o número da versão que foi revisada, seus objetivos, formato dos dados (tipo e formato de entrada), funcionalidade (técnicas de visualização e métodos de análise) e suporte (disponibilidade do programa, manual e help *online*).

Na Tabela 2.5 (Adaptada de HUISMAN e VAN DUIJN, 2004) é ilustrada uma visão geral de *kits* de ferramentas de software para ARS. Nesta tabela também é possível verificar o número da versão que foi revisada, seus objetivos, formato dos dados (tipo e formato de entrada), funcionalidade (ambiente de hardware/software e métodos de análise) e suporte (disponibilidade do programa, manual e help *online*).

Cabe ressaltar que as opções de *softwares* e *kits* de ferramentas de software de ARS não se restringem apenas as opções indicadas nas Tabelas 2.4 e 2.5.

Tabela 2.4 – Visão Geral de programas selecionados para análise de redes sociais (Adaptada de HUISMAN; VAN DUIJN, 2004)

Programa	Versão	Objetivo	Dados		Funcionalidade		Suporte		
			Tipo ¹	Entrada ²	Visualização	Análises ³	Disponibilidade ⁴	Manual	Help
Agna	2.1.1	Geral	c	m	Sim	d, sl, sequencial	free	Sim	Sim
Blanche	4.8.1	Redes Dinâmicas	c	m	Sim	simulação	free	Sim	Sim
FATCAT	4.2 ⁵	Análise contextual	c	ln	Não	d, s	free ⁵	Não	Sim
GRADAP	2.0 ⁵	Análise gráfica	c	ln	Não	d, sl, dt	com ⁵	Sim	Não
Iknow	-	Redes de conhecimento	e	n	Sim	d, sl	free	Sim	Sim
InFlow	3.1	Mapeamento	c, e	ln	Sim	d, sl, rp	com	Sim	Sim
KliqueFinder	0.11	Subgrupos coesivos	c	m, ln	Sim	sl, s	-	Sim	Não
MultiNet	4.76	Análise contextual	c, l	ln	Sim	d, rp, s	free	Não	Sim
NEGOPY	4.30 ⁵	Subgrupos coesivos	c	ln	Sim	d, sl, rp	com ⁵	Sim	Sim
NetDraw	2.097	Visualização	c, e, a	m, ln	Sim	d, sl	free	Sim	Não
NetMiner III	3.4.0	Análise visual	c, e, a	m, ln	Sim	d, sl, rp, dt, s	com ⁷	Sim	Sim
NetVis	2.0	Exploração visual ⁶	c, e, a	m, ln	Sim	d, sl	free ⁶	Não	Sim
Pajek	2.00	Visualização dados	c, a, l	m, ln	Sim	d, sl, rp, dt	free	Não	Não
PermNet	0.94	Testes de permutação	c	m	Não	dt, s	free	Não	Sim
PGRAPH	2.7	Redes de parentesco	c	ln	Não	d, rp	free	Não	Sim
ReferralWeb	2.0	Cadeias de referências	e	ln	Sim	d	-	Sim	Sim

Programa	Versão	Objetivo	Dados		Funcionalidade			Suporte	
			Tipo ¹	Entrada ²	Visualização	Análises ³	Disponibilidade ⁴	Manual	Help
SM LinkAlyzer	2.1	Populações escondidas	e	ln	Sim	d	com ⁷	Sim	Sim
SNAFU	2.0	Geral para MacOS ⁶	c	m, ln	Sim	d, sl	free ⁶	Não	Não
Snowball	- ⁵	Populações escondidas	e	ln	Não	s	free ⁵	Sim	Não
STOCNET	1.8	Análise estatística	c	m	Não	d, dt, s	free	Sim	Sim
STRUCTURE	4.2 ⁵	Análise estrutural	c, a	m	Não	sl, rp	free ⁵	Sim	Não
UCINET	6.289	Abrangente	c, e, a	m, ln	Sim	d, sl, rp, dt, s	com ⁷	Sim	Sim
Visone	2.62	Exploração Visual	c, e	m, ln	Sim	d, sl	free	Sim	Sim

1 c=completa, e=egocêntrica, a=afiliação, l = redes grandes.

2 m=matriz, ln=link/vértice, n=vértice.

3 d=descritiva, sl=estrutural e localização, rp=papéis e posições, dt=métodos para díades e tríades, s=estatística.

4 com=produto comercial, free=freeware/shareware.

5 Programa DOS que já não é atualizado.

6 Software Open Source.

7 Versão de demonstração/avaliação disponível.

Tabela 2.5 – Visão Geral de *kits* de ferramentas de software selecionados para análise de redes sociais (Adaptada de HUISMAN; VAN DUIJN, 2004)

Programa	Versão	Objetivo	Dados		Funcionalidade			Suporte	
			Tipo ¹	Entrada ²	Ambiente	Análises ³	Disponibilidade ⁴	Manual	Help
JUNG	2.01	Modelagem gráfica	c	ln	Java	d, sl, vis	free	Sim	-
MatMan	1.0	Análise estrutural	c, a	m	Excel	d, sl	com	Sim	Sim
SNA	0.41	Geral	c	m	R/S	d, sl, rp, dt, s, vis	free	Sim	-
SNAP	2.5	Geral	c	m	Gauss	d, sl, rp, dt, s	com	Sim	-
yFiles	2.7.0.1	Exploração Visual	c	ln	Java	d, sl, vis	com	Sim	-

1 c=completa, e=egocêntrica, a=afiliação, l= redes grandes.

2 m=matriz, ln=link/vértice, n=vértice.

3 d=descritiva, sl=estrutural e localização, rp=papéis e posições, dt=métodos para dâdas e tríades, s=estatística, vis=visualização.

4 com=produto comercial, *free*=freeware/shareware.

2.6 Redes sociais e a Engenharia e Gestão do Conhecimento

O conhecimento é definido por Davenport e Prusak (2003) como sendo uma mistura fluida de experiência condensada, valores e informação contextual, que proporciona uma estrutura para a avaliação e incorporação de novas experiências e informações.

Para esclarecer o que é conhecimento, Davenport e Prusak (2003) diferenciam quatro elementos: dado, informação, conhecimento e ação. Cada um destes elementos funciona como base para a existência do elemento seguinte. Os dados representam fatos distintos e objetivos, relativos a eventos ocorridos em uma organização. Já as informações são dados dotados de relevância e propósito, exercendo alguma influência sobre o julgamento do indivíduo que as utiliza. Por sua vez, conhecimento tem embutido em si valores como sabedoria e insights. Por fim, a ação se concretiza quando um funcionário utiliza em uma situação prática o conhecimento adquirido.

De acordo com Nonaka e Takeuchi (1997), o conhecimento pode ser classificado em conhecimento tácito e conhecimento explícito. O conhecimento tácito é físico, subjetivo, proveniente da experiência, específico ao contexto e difícil de ser formalizado e comunicado. O conhecimento explícito pode ser estruturado e verbalizado, sendo facilmente transportado, armazenado e compartilhado em documentos e sistemas computacionais.

Assim, o conhecimento tem se constituído em um importante fator de transformação social, e o principal elemento de geração de valor (DAVENPORT; PRUSAK, 2003). Relacionado ao conhecimento está o fenômeno das redes sociais, que atuam como agentes de geração e disseminação do conhecimento, por meio de múltiplas relações entre indivíduos, grupos e/ou organizações (TOMAÉL *et al.*, 2005).

Na sociedade atual, o conhecimento é o único ativo capaz de diferenciar as organizações (NONAKA; TAKEUCHI, 1997). Organizações intensivas em conhecimento são aquelas que oferecem ao mercado o uso de conhecimento razoavelmente sofisticado ou produtos (bens ou serviços) baseados no conhecimento (ALVESSON, 2004). A organização baseada no conhecimento torna-se única por ser hábil em aprender e inovar constantemente (CHOO, 2003).

Nesta nova dinâmica de relações sociais, a interação e a comunicação tornam-se parte do processo de construção do conhecimento e, sendo assim, as organizações passam a fornecer

espaços de criação de conhecimento, que permitem a interação entre seus membros e o compartilhamento de informações.

As profundas transformações que estão ocorrendo no mundo moderno, estão de algum modo ligadas ao conceito das Redes Sociais (UGARTE, 2007). Em especial nas organizações, o conceito de redes sociais vêm ocupando espaço nas análises da gestão do conhecimento.

Para Sveiby (1998), a construção do conhecimento no contexto organizacional se dá a partir também das redes sociais, que referem-se às relações firmadas pelos indivíduos dentro da organização. Neste ambiente, as redes sociais podem desenvolver-se por meio de relações de trabalho, de amizade ou simplesmente de interesses em comum, inclusive podendo exceder os limites organizacionais, invadindo o ambiente externo à organização.

Assim, muitas aplicações de análise de redes sociais têm sido exploradas de diversas formas na área de gestão do conhecimento, alguns exemplos são: aplicação de análise de redes sociais em gestão de mudanças; em diagnósticos de gestão do conhecimento; em ferramentas de páginas amarelas; em comunidades de práticas e gestão de competências (GUIMARÃES; MELO, 2005).

Já a Engenharia do Conhecimento tem ajudado a área de ARS de diversas maneiras. Schreiber *et. al.* (2000) apresentam uma analogia muito ilustrativa: assim como a engenharia elétrica oferece teorias, métodos e técnicas para a construção de automóveis, a engenharia do conhecimento equipa a ARS com metodologia científica para analisar e engenho conhecimento. Para tal, os objetivos da área de Engenharia do Conhecimento incluem a pesquisa e o desenvolvimento de técnicas e ferramentas para a formalização, codificação e gestão do conhecimento; de métodos de análise da estrutura e processos conduzidos por profissionais em atividades de conhecimento intensivo; e a pesquisa e desenvolvimento de sistemas de conhecimento.

No cenário atual, a Engenharia do Conhecimento oferece métodos para compreensão das estruturas e processos utilizados por usuários de conhecimento no domínio, integrando tecnologia da informação no apoio à ARS. Dessa forma, o engenheiro do conhecimento atua entre tecnologia e a gestão. Para isso é reconhecida a relevância da modelagem do conhecimento e da visão sistêmica do engenheiro. Ele identifica oportunidades e inconsistências na aplicação, no desenvolvimento e na distribuição dos recursos do conhecimento. Após a análise, fornece ferramentas para a gestão e a compreensão do conhecimento obtido.

As redes sociais e os métodos de ARS têm sido amplamente utilizados na comunidade científica para analisar relacionamentos entre entidades sociais, padrões e implicações desses relacionamentos (WASSERMAN; FAUST, 1994). Trata-se, portanto, de um instrumento distinto dos tradicionais métodos estatísticos e de análise de dados. A ARS tem sido incorporada, subsidiando pesquisadores para descrever fenômenos empíricos, onde se dá importância às interações entre os atores de um determinado contexto social (PEREIRA *et al.*, 2007).

Wasserman e Faust (1994, p.4) apontam quatro pontos importantes sobre a análise de redes sociais:

- Os atores e suas ações são vistos como interdependentes ao invés de independentes ou unidades autônomas;
- As relações entre os atores são canais para transferir ou fluir recursos, sejam materiais ou imateriais;
- Modelos de redes focalizam visões individuais do ambiente estrutural da rede, bem como fornecem oportunidades ou restrições sobre as ações individuais;
- Modelos de redes conceitualizam estruturas (sociais, econômicas, políticas, etc.) como os últimos padrões de relações entre os atores.

A análise de redes sociais não utiliza como unidade de análise o ator individual que faz parte da rede em estudo, mas a coleção de atores e as suas relações. Para Wasserman e Faust (1994), as regularidades ou padrões de relações entre os atores são denominadas de *estruturas*. Dessa forma, o objeto de análise das redes sociais é estudar estas estruturas, seus impactos e evolução.

No entanto, a principal diferença entre as abordagens encontradas na literatura sobre a aplicação de métodos e técnicas da Engenharia e Gestão do Conhecimento em ARS e o que se objetiva na tese, é que neste trabalho, a aplicação de ontologias (formalização e codificação do conhecimento) venha auxiliar na explicitação de conhecimento associado a ARS de um domínio de aplicação, de modo a apoiar o usuário de conhecimento no domínio, proporcionando uma maior disseminação do conhecimento e o uso deste instrumento em problemas da gestão do conhecimento.

2.7 Considerações finais

Neste capítulo foram apresentados os aspectos históricos da construção da abordagem de redes sociais, conceitos básicos de ARS, modelos de redes, algumas medidas de ARS e ferramentas para ARS.

Além disso, analisou-se a área de redes sociais, destacando os elementos necessários à formulação de ontologias para a área, bem como os desenvolvimentos científicos que combinam abordagens da Engenharia do Conhecimento e a ARS.

Para o método que a tese propõe, foram utilizadas algumas das medidas de ARS ilustradas neste capítulo como exemplos de aplicação do método, as medidas escolhidas (centralidade de grau, centralidade de intermediação e centralidade proximidade) analisam os atores individualmente na rede. Além disso, para aplicação das medidas de ARS em um domínio de aplicação, foi utilizada a ferramenta UCINET descrita na Seção 2.5.

No próximo capítulo é apresentada a área de ontologias, responsável pela formalização e codificação do conhecimento no método proposto.

ONTOLOGIAS

A coisa mais indispensável a um homem é reconhecer o uso que deve fazer do seu próprio conhecimento.

Platão

Neste capítulo apresenta-se a área de ontologia, como domínio da engenharia do conhecimento dedicado à formalização e codificação de conhecimento. São abordados os componentes de uma ontologia, critérios para construção de ontologias, tipos de ontologias, definição de inferência e raciocínio, linguagens para representação ontológica, ferramentas para o desenvolvimento de ontologias e sua aplicação na área de redes sociais. O objetivo é elucidar os elementos da área de ontologia que deverão estar presentes no modelo proposto, bem como destacar a distinção da proposta das abordagens encontradas na literatura quanto à inclusão de ontologias em análise de redes sociais.

3.1 Ontologias

O termo “ontologia” é proveniente do grego “*ontos*” (ser) e “*logos*” (palavra). Suas origens remontam à palavra “*categoria*”, utilizada por Aristóteles como base para classificar uma entidade.

A literatura filosófica consagrou a palavra ontologia para designar a disciplina, ou parte da filosofia que, nas palavras de Aristóteles, ocupa-se do “ser enquanto ser” (ou do “ente enquanto ente”)¹². Aparentemente, o primeiro uso da palavra ontologia ocorreu no

¹² Segundo Aristóteles, há uma ciência que investiga o ser enquanto ser e os atributos que a ele pertencem em virtude de sua própria natureza (ARISTÓTELES, 2007). Esta ciência, caracterizada por Aristóteles como *primeira filosofia*, seria a ciência das causas e princípios últimos, devendo ser concebida como o ponto de partida para todas as outras ciências (ou disciplinas). Em um comentário em sua tradução espanhola, Hernán Zucchi emenda que em certas passagens (em Aristóteles) “essa ciência estuda o ente enquanto ente *de modo universal*”, mas em outras, o ente é visto “como realidade separada e imóvel” (ARISTÓTELES, 2004, p.44), ou seja, concebendo as discussões sobre uma forma especial

Ogdoas Scholastica, de Jacob Lorhard, de 1606¹³. A denominação ontologia foi associada, portanto, ao estudo daquilo que há na acepção da *metaphysica generalis*.

O dicionário *Oxford* de Filosofia define ontologia como “[...] o termo derivado da palavra grega que significa ‘ser’, mas usado desde o século XVII para denominar o ramo da metafísica que diz respeito àquilo que existe” (BLACKBURN, 1997).

Atualmente o termo ontologia tem sido utilizado em Ciência da Computação e em Ciência da Informação com um sentido diferente daquele tradicional adotado na filosofia. Smith (2004, p.22) observa a explosão de publicações e conferências sobre o assunto e distingue o novo uso do termo de seu uso na filosofia¹⁴. Dessa forma, são diversas as definições existentes na literatura. Algumas delas são apresentadas em seguida com o objetivo de esclarecer o novo uso do termo.

No contexto da inteligência artificial, o termo ontologia tem sido utilizado para referir-se a modelos de conhecimento, em que objetos, seus atributos e relacionamentos são especificados para a resolução de um problema específico em um dado domínio (GAMPER *et al.*, 1999; SHUM *et al.*, 2000).

Uma definição para ontologias amplamente citada na literatura de Inteligência Artificial é a de Gruber (1993, p. 2), que afirma que ontologia é uma especificação formal e explícita de uma conceitualização compartilhada.

Studer *et al.* (1998) analisa os termos desta definição: “conceitualização” refere-se a um modelo abstrato de algum fenômeno no mundo, pela identificação dos conceitos relevantes desse fenômeno.

de ser que está além das substâncias sensíveis, por exemplo, Deus. Assim, resulta uma divisão de campos. Como sustenta Zucchi, “a diferença tradicional desses textos, aparentemente inconciliáveis, deu lugar ao que posteriormente Johann Micraelius, no século XVII, batizaria com os nomes de *metaphysica generalis et metaphysica specialis*. Esta denominação foi aceita unanimemente. Muito depois, a *metaphysica generalis* foi chamada de ontologia, e a *specialis*, ontologia regional, metafísica, teologia, etc.” (ARISTÓTELES, 2004, p.44). Pode-se dizer, que a metafísica geral, ou ontologia, se ocupa da natureza e constituição da realidade, bem como de sua estrutura, com os conceitos mais gerais, ao passo que a metafísica especial, ou teologia, se ocupa da existência de entidades como Deus.

¹³ Tradução do Livro 8 (*Ogdoas Scholastica*) de Jacob Lorhard, publicado em Sangalli (1606), disponível em <<http://www.ilic.uva.nl/Publications/ResearchReports/X-2008-04.text.pdf>>.

¹⁴ Smith (2004) afirma que o filósofo-ontologista, a princípio pelo menos, tem apenas uma única meta: estabelecer a verdade sobre a realidade, encontrando resposta para a questão ‘o que existe’. Entretanto, no mundo dos sistemas de informação, uma ontologia é um artefato de *software* (ou linguagem formal) que tem utilizações específicas em ambientes computacionais.

“Explícita” significa que o tipo de conceito usado e suas restrições estão explicitamente definidos. “Formal” refere-se ao fato de que a ontologia pode ser compreendida pelas máquinas. “Compartilhada” refere-se à noção de que uma ontologia captura um conhecimento consensual, isto é, não é originada de alguns indivíduos, mas aceita por um grupo.

A definição de Gruber (1993) é discutida em Guarino e Giaretta (1995), que propõem uma nova interpretação. A partir dessa discussão, outra definição é proposta por Guarino (1998), que acrescenta que uma ontologia é uma especificação parcial e explícita de um determinado domínio, isentando-se de representar conceitos que estejam fora desse domínio.

Chandrasekaran *et al.* (1999) colocam que ontologia é a representação de um vocabulário, frequentemente especializado em algum domínio ou assunto importante. Mais precisamente, não é o vocabulário que qualifica uma ontologia, mas os conceitos que os termos do vocabulário transmitem. Assim, a representação do vocabulário é composta de termos que descrevem os fatos em algum domínio, enquanto que o conjunto de conhecimento usa o vocabulário como uma coleção de fatos a respeito de um domínio.

A partir dessas definições, pode-se concluir que a importância de uma ontologia é esclarecer a estrutura de um conhecimento. Dado um domínio, sua ontologia forma o centro de qualquer sistema de representação do conhecimento daquele domínio. Sem a ontologia, ou sem a conceituação do conhecimento, não pode haver um vocabulário que represente o conhecimento. Assim, o primeiro passo para projetar um sistema de representação de conhecimento eficiente e seu vocabulário, é realizar uma análise ontológica eficiente do domínio.

Segundo Berners-Lee *et al.* (2001), para que haja a representação do conhecimento é necessário haver três tipos de interoperabilidade:

- **Interoperabilidade estrutural:** provê a representação para modelos de dados distintos, permitindo especificar tipos e possíveis valores para cada forma de representação;
- **Interoperabilidade sintática:** provê regras precisas para promover o intercâmbio dos dados na Web;
- **Interoperabilidade semântica:** Possibilita a compreensão dos dados e suas associações com outros dados.

Analisando estas definições, é possível notar que uma ontologia é um conjunto de termos e conceitos que descrevem uma determinada área do conhecimento.

Portanto, as ontologias permitem entender e explicar o domínio que está sendo analisado. Marietto (2002) aponta os principais benefícios no desenvolvimento de ontologias:

- Propicia ao desenvolver uma compreensão mais apurada do domínio abordado;
- Possibilita o compartilhamento de conhecimento, levando em consideração o compartilhamento de termos de um dado domínio;
- Possibilita a troca de informações;
- Oferece suporte à interoperabilidade entre sistemas computacionais, considerando o relacionamento de diferentes paradigmas, linguagens, métodos, etc.;
- Auxilia no reuso de conhecimento;
- Auxilia em processos de especificação de requisitos;
- Auxilia no processo de verificação de um sistema computacional, porque ontologias explicitam a especificação de tais sistemas, servindo como base de comparação entre o modelo conceitual e o modelo computacional;
- Auxilia na manutenção e documentação de sistemas computacionais.

Outras discussões sobre o assunto podem ser encontradas em (GUARINO; GIARETTA, 1995), que apresentam diferentes sentidos para o termo em relação ao nível de abstração adotado; outras definições para o termo são encontradas em (ALBERTAZZI, 1996; NECHES *et al.*, 1991; WACHE *et al.*, 2001; USCHOLD; GRUNINGER, 1996; CHANDRASEKARAN *et al.*, 1999); uma discussão detalhada, considerações e críticas são encontradas em (GUARINO, 1997; 1998).

3.2 Componentes de uma ontologia

Segundo Corcho e Gómez-Pérez (2003), uma ontologia tem cinco componentes: conceitos, relações, funções, axiomas e instâncias.

Um **conceito** é representado por uma classe e suas respectivas propriedades (NOY; MCGUINNESS, 2001; STAAB *et al.*, 2001; SURE; STUDER, 2002) – as propriedades de cada conceito descrevem seus atributos e características (*e.g.*, o conceito “autor” é definido pela classe “autor” que contém a propriedade “nome”). Entretanto, há alguns conceitos que compreendem subclasses e outros que são definidos por mais de uma classe – nesse caso, a relação entre classes, que define o

tipo de interação entre conceitos, também é fundamental para o entendimento de um conceito (CHANDRASEKARAN, *et al.*, 1999).

Relações são um tipo de interação entre os conceitos de um domínio e seus atributos. Além dos relacionamentos hierárquicos, incluem-se outros tipos de relacionamentos, tais como: *é-composto-por*, *é-dirigido-por*, *é-instância-de*, *é-parte-de*, etc. Uma **função** é um tipo especial de relação que considera um argumento especificamente. Por exemplo: *Exponencial(x)*, *MediaFinal(p1,p2)*.

Os **axiomas** são utilizados para modelar sentenças que são sempre verdadeiras e podem ser usadas com vários propósitos, tais como: criar restrições sobre as informações descritas nos conceitos, verificar a correção e realizar dedução de novas informações. Por exemplo, a afirmação: “um carro tem quatro rodas” é um tipo de restrição e, por isso, um axioma.

Instância, também conhecida como indivíduo, são os termos usados para materializar um conceito, ou seja, representa elementos do domínio associados a um conceito específico.

3.3 Critérios para construção de ontologias

Para que se possa alcançar os benefícios proporcionados pelas ontologias, Gruber (1995) cita resumidamente alguns critérios que devem ser observados na construção de ontologias:

Clareza: uma ontologia deve, efetivamente, comunicar o significado pretendido na definição dos termos. Suas definições devem ser objetivas e independentes do contexto social ou computacional. Quando uma definição puder ser declarada em axiomas lógicos, ela deve ser usada. Quando for possível, uma definição completa é preferível em vez de uma definição parcial, além disso, todas as definições devem ser documentadas com linguagem natural, de modo a reforçar a clareza.

Coerência: uma ontologia deve ser coerente, ou seja, as inferências devem ser consistentes com as definições axiomáticas. Coerência deve ser aplicada para os conceitos que são definidos formal e informalmente.

Extensibilidade: uma ontologia deve ser projetada para antecipar usos de um vocabulário compartilhado, isto é, uma ontologia deve ser capaz de definir novos termos para usos especiais, baseados em um vocabulário existente, sem haver necessidade de rever definições existentes.

Compromissos mínimos de codificação: a conceitualização deve ser especificada em nível de conhecimento, sem depender de uma tecnologia particular de representação do conhecimento.

Compromissos ontológicos mínimos: o conjunto de compromissos ontológicos de uma ontologia deve ser suficiente para suportar as atividades de compartilhamento de conhecimento. Uma ontologia deve fazer poucas imposições a respeito do domínio que está sendo modelado, permitindo que as partes comprometidas com a ontologia fiquem livres para especializar e instanciar a ontologia, na medida do possível.

Em relação aos termos, Uschold e Gruninger (1996) aponta que os seguintes critérios devem ser considerados:

- Definição dos termos em linguagem natural, da forma mais precisa possível;
- Garantia de consistência dos termos, por meio do uso de dicionários e glossários técnicos, evitando sempre que possível a introdução de novos termos;
- Relacionamento do termo que está sendo definido com os outros termos existentes;
- Definição de cada termo de forma suficiente para especificar seu significado;
- Suspensão do uso do termo de forma ambígua;
- Colocação clara das ideias por meio da definição cuidadosa de cada conceito, usando-se a menor quantidade possível de termos técnicos ou somente daqueles cujas definições já são aceitas;
- Apresentação de exemplos quando for necessário.

3.4 Tipos de ontologias

As ontologias não apresentam sempre a mesma estrutura, mas existem características e componentes básicos comuns presentes em grande parte delas. Mesmo apresentando propriedades distintas, é possível identificar tipos bem definidos.

Algumas das propostas definem tipos de ontologias relacionando-as à sua função (MIZOGUCHI *et al.*, 1995), ao grau de formalismo de seu vocabulário (USCHOLD; GRUNINGER, 1996), à sua aplicação (JASPER; USCHOLD, 1999), à estrutura (HAAV; LUBI, 2001) e ao conteúdo da conceitualização (GUARINO, 1998).

A Tabela 3.1 apresenta uma classificação de tipos de ontologias, com as respectivas referências e descrições de cada abordagem. Cabe citar que diferentes autores definem tipos distintos que são similares. A lista de tipos não é exaustiva, apesar de procurar apresentar as principais iniciativas disponíveis na literatura, não se pretende esgotar as referências sobre o assunto.

Tabela 3.1 – Classificação de tipos de ontologias. (Adaptada de ALMEIDA *et al.*, 2005)

Abordagem	Classificação	Descrição
Quanto à função (MIZOGUCHI <i>et al.</i> , 1995)	Ontologias de domínio	Reutilizáveis, fornecem vocabulário sobre conceitos, relacionamentos e regras.
	Ontologias de tarefa	Fornecem um vocabulário sistematizado de termos, especificando tarefas.
	Ontologias gerais	Incluem um vocabulário relacionado a coisas, eventos, tempo, espaço, casualidade, etc.
Quanto ao grau de formalismo (USCHOLD; GRUNINGER, 1996)	Ontologias informais	Expressa livremente em linguagem natural.
	Ontologias semi-informais	Expressa em linguagem natural de forma restrita e estruturada.
	Ontologias semiformais	Expressa em uma linguagem artificial definida formalmente.
	Ontologias formais	Os termos são definidos com semântica formal, teoremas e provas.
Quanto aplicação (JASPER; USCHOLD, 1999)	à Ontologias de autoria neutra	Um aplicativo é escrito em uma única língua e depois convertido para uso em diversos sistemas, reutilizando-se as informações.
	Ontologias de especificação	Cria-se uma ontologia para documentação no desenvolvimento de <i>softwares</i> .
	Ontologias de acesso comum à informação	Quando o vocabulário é inacessível, a ontologia torna a informação inteligível, proporcionando conhecimento compartilhado dos termos.

Quanto à estrutura (HAAV; LUBI, 2001)	Ontologias de alto nível	Descrevem conceitos gerais relacionados a todos os elementos da ontologia (espaço, tempo, matéria, objeto, evento, ação, etc.) os quais são independentes do domínio.
	Ontologias de domínio	Descrevem o vocabulário de um domínio, como por exemplo, medicina ou automóveis.
	Ontologias de tarefa	Descrevem uma tarefa ou atividade (por exemplo, diagnósticos ou compras) através da inserção de termos especializados na ontologia.
Quanto ao conteúdo (GUARINO, 1998)	Ontologias de nível superior ou genéricas	Compartilhadas por uma grande comunidade e definem apenas termos muito gerais (espaço, tempo, matéria, objeto, evento, ação, etc.) e são independentes de um problema ou domínio particular.
	Ontologias de domínio	Expressam conceituações de domínios particulares, descrevendo o vocabulário relacionado a um domínio genérico, tais como: medicina, indústria farmacêutica, etc.
	Ontologias de tarefa	Expressam conceituações sobre a resolução de problemas, independentemente do domínio em que ocorram, isto é, descrevem o vocabulário relacionado a uma atividade ou tarefa genérica.
	Ontologias de aplicação	Descrevem conceitos dependentes do domínio e de tarefas particulares. Estes conceitos, frequentemente, correspondem a papéis desempenhados por entidades do domínio, quando da realização de uma atividade.

Observa-se na Tabela 3.1 que não existe um consenso na classificação de tipos de ontologias. As categorias propostas pelos autores citados, muitas vezes se sobrepõem. Em alguns casos, um mesmo nome de categoria é utilizado por mais de um autor, com significados distintos. Em outros, nomes diferentes referem-se ao mesmo tipo de ontologia.

De forma geral, as ontologias de domínio são construídas para serem utilizadas em um micromundo. É o tipo mais comumente desenvolvido, sendo que diversos trabalhos são encontrados na literatura, enfocando diversas áreas, alguns exemplos são: química (GÓMEZ-PÉREZ *et al.*, 1996), Design (VAREJÃO, 1999) e medicina - UMLS (*Unified Medical Language System*) (HUMPHREYS; LINDBERG, 1993).

Pesquisas enfocando ontologias genéricas procuram construir teorias básicas do mundo, de caráter bastante abstrato, aplicáveis a qualquer domínio (conhecimento de senso comum). Alguns exemplos desta categoria são: os projetos CYC (LENAT, 1995), *Generalized Upper Model* (BATEMAN *et al.*, 1994) e as ontologias de Sowa (1995). Estes trabalhos estão alinhados com o uso de ontologias nas áreas filosóficas de categorização e linguística, e procuram descrever a natureza das coisas. Tipicamente, ontologias genéricas definem conceitos tais como coisa, estado, evento, processo, ação, etc., com o intuito de serem especializados na definição de conceitos em uma ontologia de domínio.

Ontologias de representação procuram tornar claros os compromissos ontológicos embutidos em formalismos de representação de conhecimento. Um exemplo desta categoria é a ontologia de *frames*, utilizada em Ontolingua (GRUBER, 1992).

O estudo de ontologias de tarefa é a vertente mais recente do estudo de ontologias. Sua principal motivação é facilitar a integração dos conhecimentos de tarefa e domínio em uma abordagem mais uniforme e consistente, tendo por base o uso de ontologias. Trabalhos nesta categoria incluem (CHANDRASEKARAN; JOSEPHSON, 1997; MUSEN *et al.*, 1995).

A Figura 3.1 mostra a relação entre os tipos de ontologias proposto por Guarino (1998). Os conceitos de uma ontologia de domínio ou de tarefa devem ser especializações dos termos introduzidos por uma ontologia genérica. Os conceitos de uma ontologia de aplicação, por sua vez, devem ser especialização dos termos das ontologias de domínio e

de tarefa correspondentes. Gómez-Pérez e Benjamins (1999) acrescentam nessa classificação as ontologias de método, que oferecem definições de conceitos e relações, usados para especificar um processo de raciocínio, para resolver uma tarefa em particular.

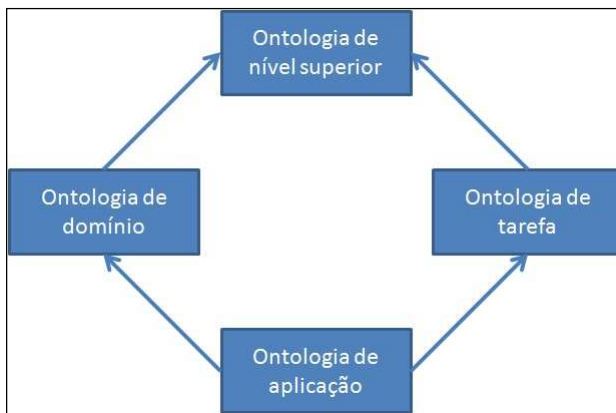


Figura 3.1 – Tipos de ontologia e suas relações (GUARINO, 1998)

3.5 Inferência e Raciocínio

Inferência e raciocínio normalmente são conceitos que se confundem. Raciocínio pode ser visto como o processo de inferir um novo conhecimento enquanto que inferência é a derivação em si de novos dados, fatos ou conhecimentos, que podem ser tanto positivos quanto negativos, a partir de um conjunto de dados (PEARL, 1988). A forma com que a ontologia é representada, por meio de linguagem formal, que inclui axiomas responsáveis por especificar relacionamentos entre conceitos (DECKER *et al.*, 1999), permite-se que técnicas de inferência sejam utilizadas para extrair conhecimento definido apenas implicitamente (CORCHO; GÓMEZ-PÉREZ, 2000). Para Baader *et al.* (2005) raciocínio é importante por garantir a qualidade de uma ontologia e pode ser usado, por exemplo, para testar se conceitos não são contraditórios, derivar relações implícitas, verificar quais conceitos são especializações ou sinônimos de outros conceitos, testar a consistência na hierarquia de conceitos, inferir relacionamentos entre instâncias e assim por diante.

Uma máquina de inferência para ontologias oferece um tipo de serviço de raciocínio para aplicações que desejam utilizar uma ontologia apropriadamente (STAAB, 2004), i.e., utilizar processos de inferência

para raciocinar sobre as definições explicitamente descritas e extrair conhecimento adicional representado não explicitamente. Além disso, o processo de inferência depende diretamente da expressividade da linguagem que formaliza uma ontologia (STAAB, 2004) – quanto maior a expressividade oferecida pela linguagem, mais complexa e poderosa uma máquina de inferência pode ser. Essa máquina emprega um conjunto de regras (*e.g.*, $(A \wedge B) \rightarrow C$) sobre um conjunto de fatos atômicos (GUHA *et al.*, 1998). A aplicação de regras para derivar novo conhecimento ocorre a partir de uma consulta ou quando novos fatos são obtidos.

Algumas vezes, a estrutura da ontologia por si só e as regras genéricas pré-configuradas em uma máquina de inferência não são suficientes para inferir um novo conhecimento. Contudo, há a possibilidade de serem utilizadas regras personalizadas no intuito de, por exemplo, criar novos relacionamentos e ampliar o escopo de informação adicional a ser inferida (GOLBREICH, 2004). As regras são usadas normalmente para definir a parte de conhecimento que pode ser deduzido, como por exemplo, expressar consultas mais complexas sobre uma ontologia e sobre a sua base de conhecimento (GOLBREICH, 2004). Dessa forma, a utilização de regras personalizadas pode ser caracterizada como uma ampliação da expressividade de uma linguagem, pois estende as possibilidades de inferência.

Um exemplo da importância do uso de inferência e raciocínio, como descreve Chandrasekaran *et al.* (1999), ocorre no âmbito de sistemas de resolução de problemas, pois esses sistemas normalmente requerem complexas sequências de inferências para atingir objetivos específicos. Esse tipo de sistema, ainda segundo os autores, requer a possibilidade de escolha de diferentes caminhos em um processo de raciocínio. Para tal, a ontologia, que representa o conhecimento de uma determinada realidade ou domínio, juntamente com métodos empregados para resolução de problemas, possibilita que objetivos predeterminados possam ser alcançados.

3.6 Linguagens para representação ontológica

Para representar o conhecimento de forma que este seja utilizado por sistemas computacionais, é necessário o uso de uma linguagem para construção de ontologias. Muitas linguagens foram desenvolvidas para representação formal de ontologias (Figura 3.2), baseadas em frames, lógica descritiva, lógica de primeira ordem ou XML (*Extensible Markup*

Language), porém com diferentes expressividades e propriedades computacionais. Conforme Corcho e Gómez-Pérez (2000), exemplos de linguagens tradicionais para construção de ontologias são: OKBC (*Open Knowledge Base Connectivity*), OCML (*Operational Conceptual Modeling Language*), FLogic (*Frame Logic*) e Loom. Existem também linguagens de ontologias baseadas na Web.

Em 2000, o W3C (*World Wide Web Consortium*), consórcio criado para especificar e padronizar tecnologias para Internet, propôs a linguagem RDF (*Resource Description Framework*) para o desenvolvimento de ontologias na Web. O RDF fornece primitivas básicas para a criação de ontologias simples, incluindo relacionamentos de generalização entre classes e propriedades, porém possui limitações relativas à expressividade. Assim, foi proposto o RDF-Schema, uma extensão do RDF com maior expressividade e poder de comunicação. Muitas linguagens foram propostas para o desenvolvimento de ontologia baseadas em extensões do RDF-Schema. Os modelos RDF e RDF-Schema (juntos) proveem um mecanismo simples de representação de conhecimento. Com o uso do modelo RDF é possível satisfazer as três condições para que haja a representação do conhecimento: a interoperabilidade estrutural, a interoperabilidade sintática e a interoperabilidade semântica.

Exemplos de linguagens desenvolvidas para compartilhamento de ontologias na Web são: XOL (*XML-Based Ontology Exchange Language*), SHOE (*Simple HTML Ontology Extension*), OIL (*Ontology Interchange Language*), DAML (*DARPA Agent Markup Language*), entre outras. Corcho *et al.* (2003) apresentam uma revisão comparativa sobre várias metodologias, ferramentas e linguagens para construção de ontologias. A Figura 3.2 ilustra a relação entre algumas linguagens e seus formalismos. Existem também linguagens para a representação de ontologias com suporte gráfico que facilitam a compreensão da ontologia criada, como é o caso da CML (*Conceptual Modelling Language*), proposta na metodologia CommonKADS (SCHREIBER *et al.*, 2000).

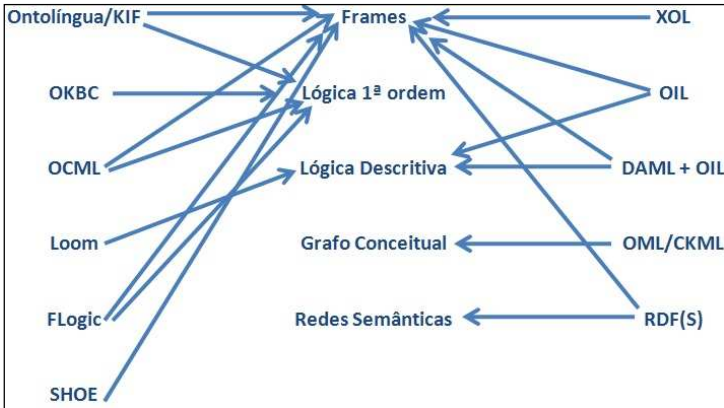


Figura 3.2 – Relação entre as linguagens e os formalismos. (Adaptada de CORCHO *et al.*, 2003)

Desde fevereiro de 2004, o W3C recomenda a OWL (*Web Ontology Language*) como linguagem padrão para o compartilhamento de ontologias na Web. Conforme ilustra a Figura 3.3, OWL é uma revisão da linguagem DAML+OIL, projetada para construir ontologia bem como raciocinar sobre ela. Esta linguagem possui dispositivos para expressar significado e conteúdo compreensíveis para aplicações que necessitam processar informações na Web (BECHHOFER *et al.*, 2002).

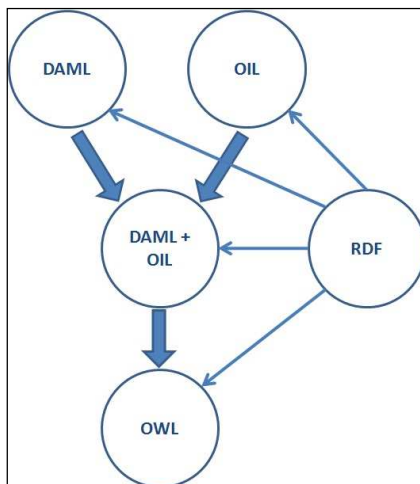


Figura 3.3 – Linguagem OWL

As ontologias em OWL são classificadas em três sublinguagens: OWL-Lite, OWL-DL e OWL-Full (BECHHOFFER *et al.*, 2002). A principal característica de cada sublinguagem refere-se a sua expressividade. A OWL-Lite é a sublinguagem menos expressiva e sintaticamente mais simples, destinada às ontologias com hierarquia de classe e restrições simples, como é o caso de tesouros e outras hierarquias simples. Assim, OWL-lite fornece suporte à migração de tesouros e taxonomias para o formato de ontologias.

A OWL-DL, baseada em lógica descritiva, é mais expressiva que a OWL-Lite e passível de raciocínio automático, porém possui limitações pela completude computacional. A OWL-Full, considerada a própria linguagem OWL, suporta o máximo de expressividade mantendo a completude computacional (garante um tempo finito para todas as computações).

Segundo o W3C, ontologias desenvolvidas em OWL possuem as seguintes características: podem ser distribuídas por meio de diferentes sistemas; escalabilidade conforme necessidades da Web e compatibilidade com padrões da Web referentes à acessibilidade e internacionalização.

Para estabelecer uma interoperabilidade semântica, é necessário o uso de linguagens que permitam criar metadados sofisticados, e que permitam o uso de regras que os conecte semanticamente entre si. São exemplos dessas linguagens: RDF, RDF-Schema, DAML+OIL e OWL.

3.7 Ferramentas para o desenvolvimento de ontologias

A criação de ontologias não é uma tarefa trivial, já que significa tornar explícito conhecimento que normalmente se encontra implícito. Várias ferramentas são propostas no sentido de apoiar o desenvolvimento de ontologia, tais como: Ontolingua (GRUBER, 1992), WebOnto (DOMINGUE, 1998), WebODE (CORCHO *et al.*, 2005), Protégé (NOY; McGUINNESS, 2001), OntoKEM (RAUTENBERG *et al.*, 2010), entre outras. Um estudo comparativo entre algumas ferramentas pode ser encontrado em (DUINEVELD *et al.*, 2000) e (GÓMEZ-PÉREZ *et al.*, 2002).

A OntoKEM (RAUTENBERG *et al.*, 2010) é uma ferramenta *case* baseada na Web de propósito acadêmico para documentação e construção de projetos de ontologias. A OntoKEM foi concebida e desenvolvida no Laboratório de Engenharia do Conhecimento (LEC) do EGC/UFSC. A característica principal da ferramenta dentro do contexto

da engenharia de ontologias é a sistematização das atividades de especificação, conceitualização e formalização dos elementos de uma ontologia, gerando automaticamente artefatos de documentação (RAUTENBERG *et al.*, 2009).

Na área de redes sociais, o uso da ferramenta Protégé (PROTÉGÉ, 2009) tem se destacado por ser uma plataforma em *software* livre para construção de modelos de domínio e aplicações baseadas em conhecimento por meio de ontologias. Protégé foi desenvolvida pelo *Stanford Medical Informatics* (SMI), um grupo de pesquisa interdisciplinar do Departamento de Medicina da *Stanford University School of Medicine*. O SMI reúne cientistas que criam e validam métodos para aquisição, representação, processamento e gestão de conhecimento e dados na área da saúde e ciências biomédicas.

Diferentemente da OntoKEM, em que a implementação da ontologia é feita através de uma página na Web, o Protégé é instalado e executado no computador. Através da interface Tab *plugins*, é possível acrescentar novas abas à janela do Protégé. Exemplos de *plugins* já existentes no Protégé são: Jambalaya, Jess, UMLS, entre muitos outros. *Slot plugins* permite a criação de interfaces personalizadas para a entrada de valores de *slots* em domínios específicos e *backend plugins* permite alterar o modo como o Protégé armazena os dados e importar bases de conhecimento em vários formatos.

A ferramenta suporta dois tipos de modelagem de ontologias: Protégé-Frames e Protégé-OWL. O primeiro editor capacita usuários a construir ontologias tradicionais, baseadas em frames, enquanto o Editor Protégé-OWL capacita usuários a construir ontologia na linguagem OWL para Web. Ambas possuem componentes similares, entretanto com terminologias diferentes. A correspondência entre as duas nomenclaturas é apresentada na Tabela 3.2. Depois de modelada a ontologia, é possível exportá-la para as principais linguagens, como RDFS, OWL, XMLS, entre outras.

Tabela 3.2 – Correspondência entre nomenclaturas Protégé-Frames e Protégé-OWL

<i>Protégé-Frames</i>	<i>Protégé-OWL</i>
Instances (Instâncias)	Indivíduos (<i>individuals</i>)
Slots (Slots)	Propriedades (<i>Properties</i>)
Classes (Classes)	Classes (Classes)

O ambiente gráfico, ilustrado na Figura 3.4, facilita o desenvolvimento e a manipulação da ontologia tanto para engenheiros de conhecimento como para os especialistas no domínio. A guia classes permite a criação e manutenção de classes da ontologia. A guia *properties* é usada para criação e manutenção das propriedades. A guia *individuals* permite inserir instâncias (indivíduos) nas classes. Existem muitas outras guias que não estão ilustradas na Figura 3.4, a existência ou não de certas guias depende da configuração solicitada e de *plugins* instalados no ambiente.

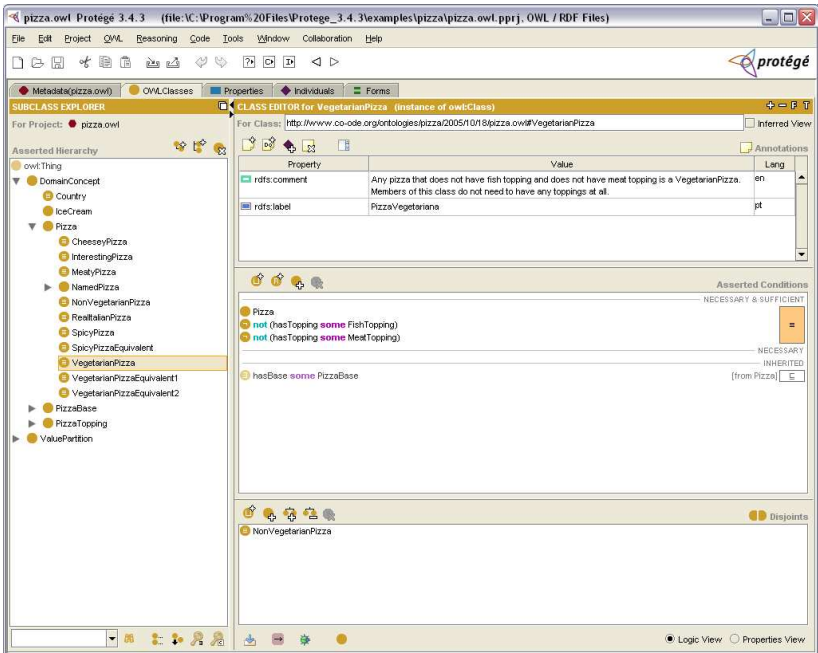


Figura 3.4 – Ambiente gráfico do Protégé-OWL

3.7.1 Manipulação de ontologias

Uma vez que o conhecimento do domínio é representado em uma ontologia, aplicações são desenvolvidas para acessar, ou até mesmo, manipular esta ontologia. Para aplicações desenvolvidas na linguagem Java, a manipulação de ontologias pode ser feita por meio da API (*Application Programming Interface*) Jena, desenvolvida pela Hewlett-Packard (JENA, 2009). Assim, um documento que representa uma ontologia pode ser manipulado por uma aplicação através do Jena.

Em sua segunda versão, a API Jena possui métodos para a manipulação de ontologias em DAML+OIL, RDFS e OWL disponíveis em um pacote denominado Jena 2 Ontology API. Recursos do Jena são habilitados (ou não), conforme a linguagem na qual a ontologia é representada. Além de manipular, a API Jena permite criar uma nova ontologia ou o reuso, importando diferentes tipos de documentos.

O framework está organizado em cinco áreas relativas ao processamento de ontologias:

- 1) Processamento e manipulação de modelos RDF;
- 2) Implementação da linguagem de consulta SPARQL;
- 3) Processamento e manipulação de ontologias;
- 4) Inferência sobre OWL e RDFS
- 5) Persistência de modelos de ontologias sobre bases de dados.

A documentação completa sobre o Jena 2 Ontology API bem como exemplos de seu uso estão disponibilizados em Jena (2009).

3.8 Ontologia e Redes Sociais

Além dos trabalhos que embasaram o desenvolvimento da presente proposta, existem outros ainda que possuem abordagens distintas, com enfoques diversos, mas cujo conhecimento pode ajudar a trazer um entendimento mais amplo da aplicação de ontologias em redes sociais.

No trabalho de Mika (2004) são apresentados três avanços na exploração de oportunidades de redes de dados semanticamente enriquecidos: 1) uma ontologia para representação de redes sociais e relacionamentos; 2) um sistema híbrido para aquisição de dados on-line que combina as tradicionais técnicas de *Web Mining* com a coleção de dados web semânticos; 3) um estudo de caso destacando algumas das possíveis análises desses dados usando métodos de ARS. A ontologia utilizada para representar as redes sociais é a FOAF (*Friend-Of-A-Friend*)¹⁵, que possibilita a descrição de pessoas, seus relacionamentos e suas atividades. Uma grande quantidade de propriedades é dedicada para definição de um perfil de usuário: sobrenome, apelido, interesses, etc. A propriedade “conhece” é usada para conectar as pessoas e para construir uma rede social. Outras propriedades estão disponíveis para descrever os usos da web: *weblog*, contas on-line, associações, etc. As propriedades

¹⁵ <http://www.foaf-project.org/>

definidas na ontologia relacionamento (*relationship*)¹⁶ especializa a propriedade “conhece” de FOAF para o tipo de relacionamento na rede social, mais precisamente relacionamento familiar, amizade ou profissional. Além disso, Mika (2004) apresenta como alguns dos métodos analíticos de ARS podem ser aplicados para a análise de uma comunidade on-line.

Outra linha de pesquisa que pode ser relacionada ao presente trabalho são os estudos de Wennerberg (2005), que propôs uma ontologia baseada em modelos de redes sociais para ajudar a explicar os relacionamentos entre as entidades sociais (pessoas, organizações, eventos e localizações) que não parece ser óbvia a primeira vista, permitindo a descoberta de conhecimento implícito. O desafio do trabalho é tornar ocorrências de nomes de pessoas, de organizações ou de lugares encontrados em textos ou documentos na Web, para categorias conceituais de ontologias. Todo conhecimento descoberto faz parte de uma base de conhecimento, com a finalidade de acompanhar os dados relativos ao terrorismo na Internet.

Seguindo essa linha de uma ontologia baseada em modelos de redes sociais, Oellinger e Wennerberg (2006) utilizaram ontologias para mapear relacionamentos entre entidades sociais para modelos lógicos. Essa proposta permitiu a aplicação de mecanismos de inferência para explorar a estrutura lógica do modelo. Como resultado, ganhou-se de forma automática conhecimento sobre as fontes de dados. Além disso, o trabalho mostra a combinação de RDF e ontologias, que proporciona um ganho significativo de informações para visualização nas redes sociais. Permitindo que os buscadores (*seekers*) tenham uma visão explícita das entidades e dos relacionamentos entre elas.

No trabalho de Giménez-Lugo (2007), é apresentado um estudo de caso de sistema colaborativo que partilha o conhecimento utilizando redes sociais, no qual os atributos sociais são atrelados a ontologias. Assim, utilizou-se do conceito de particionamento em dimensões sociais, associando as mesmas a contextos grupais compostos por papéis aos quais contatos são subjetivamente associados. Tais dimensões foram associadas à aquisição e utilização de categorias ontológicas, fornecendo um meio de situar sócio-organizacionalmente conceitos para facilitar a partilha de conhecimento em redes sociais. Para ilustrar tal enfoque, é considerado um exemplo didático, que mostra a trajetória temporal de

¹⁶ <http://vocab.org/relationship/>

um agente, associando a sua participação em determinados grupos (e desempenhando papéis nele) a pontos específicos no tempo. Essa abordagem focaliza um aspecto diferente da manipulação de ontologias, que é a noção de situar conceitos sociais/individuais em um contexto organizacional. Assim, considerando uma representação baseada em *frames*, três facetas são definidas para armazenar o contexto sócio-organizacional, no qual conceitos de uma ontologia estão atrelados.

Mika (2007) discute a combinação de conceitos e métodos de redes sociais e a Web Semântica. O autor apresenta dois estudos de caso, o primeiro estudo de caso mostra as possibilidades de rastreamento de uma comunidade de pesquisa na web, combinando as informações obtidas a partir da Web com outras fontes de dados, e analisa os resultados. Neste estudo de caso, as redes sociais provenientes da mineração (*mining*) a partir da Web desempenha um papel importante para obtenção de dados em larga-escala de redes dinâmicas, além das possibilidades de métodos de pesquisa. O segundo estudo de caso, destaca o papel do contexto social em classificações de conteúdo geradas pelo usuário, tais como os sistemas de codificação (*tagging systems*) conhecidos como Folksonomias¹⁷ (*folksonomies*).

Já os pesquisadores de Erétéo *et al.* (2008), analisam os métodos clássicos de análise de redes sociais para redes de usuários da Web 2.0 e os modelos que levam em consideração a semântica de suas representações. Apresentam o estado da arte dessas duas abordagens e propõem uma arquitetura (Análise de Redes Sociais Semânticas) para fundir e explorar as melhores características de cada uma. No trabalho é apresentada uma arquitetura de uma ferramenta para analisar redes sociais on-line. Essa ferramenta explora anotações baseadas em RDF que descrevem o perfil e interações dos usuários por meio das aplicações sociais, usando vocabulário conceitual de ontologias específicas de domínio. A pesquisa mostra uma ontologia chamada OntoSNA (Ontologia de Análise de Redes Sociais), que descreve características sociométricas e suas ligações para os dados sociais em RDF.

¹⁷ Folksonomia é a tradução do termo *folksonomy* que é um neologismo criado em 2004 por Thomas Vander Wal, a partir da junção de *folk* (povo, pessoas) com *taxonomy*. Folksonomia é o resultado da atribuição livre e pessoal de etiquetas (*tagging*) a informações ou objetos (qualquer coisa com URL), visando à sua recuperação. A atribuição de etiquetas é feita em um ambiente social (compartilhado e aberto a outros).

Jardim e Palazzo (2009) descrevem a construção de uma ontologia para redes sociais. Apresentando um estudo geral sobre os pontos em que se tangenciam web semântica, redes sociais e ontologias, com o objetivo de verificar como redes sociais podem ser potencializadas na web semântica e de como no futuro, ambas as áreas irão integrar-se. O grande desafio proposto pelos autores consiste em modelar este domínio de uma forma que facilite o desenvolvimento de aplicações utilizando tecnologias e ferramentas já disponíveis.

3.9 Considerações finais

Neste capítulo foi apresentada a área de ontologias, seus componentes, critérios para construção de ontologias, tipos de ontologias, conceitos de inferência e raciocínio, linguagens para representação ontológica, ferramentas para o desenvolvimento de ontologias e sua aplicação na área de redes sociais.

Analisou-se os elementos da área de ontologia para realizar a construção do método proposto e diferenciar a proposta desta tese das abordagens encontradas na literatura quanto à inclusão de ontologias em ARS. Dessa forma, quanto à representação ontológica, escolheu-se a linguagem OWL para representar as ontologias do método proposto na tese; quanto à ferramenta para o desenvolvimento destas ontologias, escolheu-se o Protégé, pela disponibilidade de uso (*software* livre) e quanto a abordagem dos tipos de ontologias que será utilizado no método, escolheu-se a classificação de Guarino (1998), que é voltada ao conteúdo da conceitualização.

Além disso, neste capítulo realizou-se um levantamento das pesquisas que combinam redes sociais e ontologia, estas pesquisas possuem as seguintes abordagens: (i) representação de redes sociais e relacionamentos por meio de ontologias, utilizando um sistema para aquisição de dados on-line, combinando *Web Mining* com a coleção de dados semânticos; (ii) ontologia baseada em modelos de redes sociais para auxiliar na explicação de relacionamentos entre as entidades sociais; (iii) ontologias para mapear relacionamentos entre entidades sociais para modelos lógicos; (iv) sistema colaborativo que partilha o conhecimento utilizando redes sociais.

No próximo capítulo, é apresentado o método proposto que é baseado em ontologias (domínio, tarefa e aplicação) para explicitação do conhecimento derivado da ARS de um domínio de aplicação.

MÉTODO PROPOSTO

*A inteligência é uma espécie de paladar que nos dá a
capacidade de saborear ideias.*

Susan Sontag

Uma vez realizada a revisão bibliográfica sobre as áreas de Redes Sociais e Ontologias, e os assuntos relacionados a estas áreas, apresenta-se neste capítulo o método proposto para explicitação de conhecimento advindo da ARS de um domínio de aplicação.

Tal método, conforme ilustrado em seção específica neste capítulo, baseia-se em ontologias (domínio, tarefa e aplicação) proposto por Guarino (1998), para formalizar, representar e explicitar o conhecimento derivado da ARS em um determinado domínio. Cabe ressaltar que, no método proposto não serão utilizadas as ontologias de método preconizado por Gómez-Pérez e Benjamins (1999).

A descrição do método seguirá o metamodelo SPEM (*Software Process Engineering Metamodel Specification*)¹⁸, que oferece uma estrutura de modelagem de conteúdo de método baseada na UML (*Unified Modeling Language*).

Para a apresentação do método, são contempladas neste capítulo seções respectivas para: (i) visão geral do método; (ii) detalhamento das fases e etapas; e, (iii) as considerações finais do capítulo.









4.1 Visão geral do método

A nomenclatura que define o método baseia-se na notação do SPEM. Na Tabela 4.1 é ilustrada a notação e a descrição dos estereótipos do SPEM. Este metamodelo apresenta uma proposta de unificação das diferentes metodologias existentes de modelagem de processo e denota a definição completa dos modelos de processo e

¹⁸ Para maiores detalhes sobre o metamodelo SPEM, consultar o Anexo A.

conteúdo de método OMG (2008). O pacote conteúdo do método define os elementos essenciais de cada método tais como papéis, fases, atividades e definições de produto de trabalho. No Anexo A, estão resumidos os princípios deste metamodelo que foi escolhido para descrever o método proposto nesta tese. A escolha desta abordagem de modelagem se deve à sua completude na especificação de conteúdo de métodos.

Tabela 4.1 – Notação e descrição dos estereótipos do metamodelo SPEM (OMG, 2008)

Estereótipos	Descrição	Notação
Produto de Trabalho	Descrição de um pedaço de informação gerada ou consumida por atividades do método, como por exemplo: modelos, planos, códigos executáveis, documentos, banco de dados, entre outros.	
Definição de Trabalho	Descreve a execução, as operações desempenhadas e as transformações realizadas, por papéis, em um Produto de Trabalho. Alguns exemplos de Definição de Trabalho são: etapa, fase, interação, ciclo de vida, etc.	
Orientação (Guidance)	Apresenta informações adicionais, tais como: <i>templates</i> , técnicas, procedimentos, padrões e exemplos.	
Papel	Descreve os papéis, responsabilidades e competências de um indivíduo que realiza tarefas.	
Fase	Definição de Trabalho de alto nível, limitada por um <i>milestone</i> .	
Atividade	Definição de Trabalho que descreve “o que” um Papel executa.	
Passos (Step)	Definição de Trabalho que é utilizada para organizar uma Atividade em partes ou subunidades de trabalho.	
Ferramenta	Usada para especificar a participação de uma ferramenta em uma Atividade.	

A Figura 4.1 ilustra a visão geral do método proposto, que está segmentado em três Fases: 1) Modelo de domínio, 2) Modelo de tarefa, e, 3) Modelo de aplicação. Mais detalhes sobre cada uma dessas Fases assim como suas Atividades são apresentadas nas seções seguintes.



Figura 4.1 – Diagrama de Atividades do Método





Outra forma de representar o método é através do conjunto de elementos que o compõem, como pode ser visto na Figura 4.2.



Figura 4.2 – Diagrama de Pacotes do Método

A Tabela 4.2 apresenta os papéis envolvidos, bem como sua descrição.

Tabela 4.2 – Papéis no método proposto

Papéis	Descrição
 Especialista no Domínio	O especialista no domínio é aquele que conhece o domínio no qual será aplicado a ARS.
 Especialista em ARS	O especialista em ARS é o responsável por aplicar as medidas de ARS. Ele tem conhecimento profundo das técnicas envolvidas e das ferramentas utilizadas no processo de ARS.
 Usuário de Conhecimento no Domínio	O usuário de conhecimento no domínio deve pertencer ao domínio de aplicação e estar interessado nos resultados das análises dos relacionamentos da rede social.
 Engenheiro do Conhecimento	O engenheiro do conhecimento é responsável pela elaboração de modelos que fornecem a base ao desenvolvimento de um sistema de conhecimento. É um profissional especializado em técnicas de representação de conhecimento.

4.2 Fases e etapas do método

As fases que compõem o método são formadas por um conjunto de etapas. Para identificação das fases, é utilizada uma numeração sequencial. O mesmo ocorre para as etapas, para facilitar a identificação da relação entre as etapas e as suas respectivas fases, foi convencionada também a utilização do número da fase ao se enumerarem as etapas. Dessa forma, uma etapa é numerada inicialmente pelo número da sua fase e pelo seu número sequencial, como, por exemplo: “**Atividade 1-2**”, que representa a segunda etapa da Fase 1. As seções a seguir apresentam as etapas que compõem as fases do método proposto.

4.2.1 Fase 1: Modelo de Domínio

A Fase 1 do método, denominada de Modelo de Domínio, é responsável por analisar e definir o domínio do problema no contexto de uma rede social. Para isso, esta fase apresenta definições de trabalho (etapas) destinadas ao estabelecimento das fontes de informação (definição do universo de análise), da área de interesse de análise

(domínio do problema) e da definição de uma ontologia, que formalizará as entidades sociais (vértices) e seus relacionamentos de acordo com o domínio do problema a ser estudado (Figura 4.3).

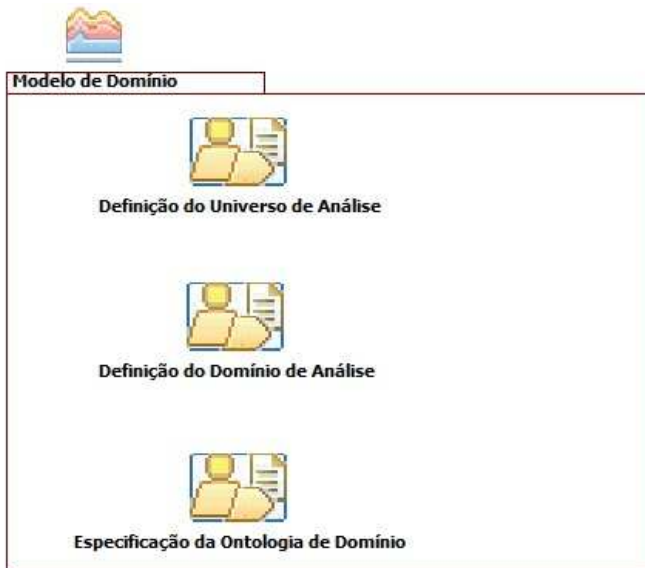


Figura 4.3 – Diagrama de Pacotes com as definições de trabalho (etapas) da Fase 1

Ao final da execução da Fase 1, são previstos os seguintes resultados: (1) estabelecimento da fonte de informação a ser utilizada; (2) estabelecimento do domínio de análise (área de interesse); (3) formalização e representação das entidades sociais (vértices); (4) formalização e representação dos relacionamentos (arestas) existentes entre as entidades sociais; e (5) a ontologia de domínio da rede social.

Para tanto, esta fase divide-se em três etapas relacionadas entre si, a saber: (1) definição do universo de análise; (2) definição do domínio de análise; e (3) especificação da ontologia de domínio de redes sociais.

4.2.1.1 Etapa 1-1: Definição do Universo de Análise

Nesta etapa deve-se estabelecer a(s) fonte(s) de informação disponíveis para a construção das redes sociais. Portanto, determina-se o conjunto de informações que servirá de base para a formação das redes sociais. Por exemplo, se a fonte de informação for a Plataforma Lattes do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

(CNPq), o universo de análise pode ser o total de currículos de profissionais atuantes em uma determinada área (*e.g.*, currículos de pesquisadores da Engenharia do Conhecimento).

A Figura 4.4 apresenta o diagrama de pacotes referente à etapa definição do universo de análise (Fase 1), em que é possível visualizar os elementos (papel, atividade e produto de trabalho) que a constituem. O papel envolvido nessa etapa é o especialista no domínio, a atividade é estabelecer as fontes de informação e o produto de trabalho produzido é a definição das fontes de informação.

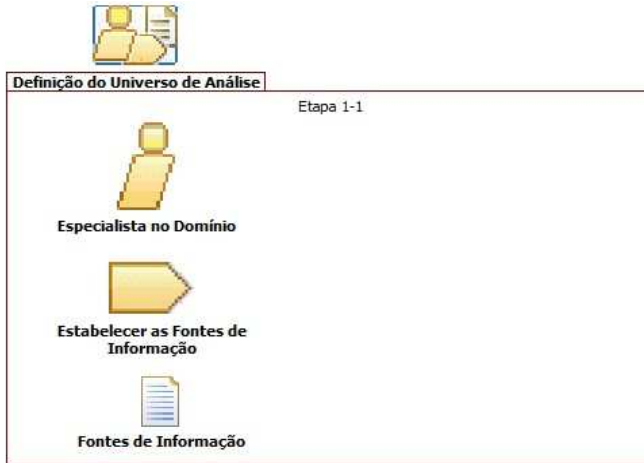


Figura 4.4 – Diagrama de pacotes da Etapa 1 (Fase 1)

Na Figura 4.5 é apresentado o fluxo de atividades na definição do universo de análise que compõem o Modelo de Domínio.



Figura 4.5 – Diagrama de atividades da Etapa 1 (Fase 1)

4.2.1.2 Etapa 1-2: Definição do Domínio de Análise

Trata-se da descrição da área de interesse à análise. Uma área de interesse pode ser uma especialidade do conhecimento (*e.g.*, Física), um setor ou dimensão de uma organização (*e.g.*, Departamento de Informática) ou qualquer domínio que tenha um contexto, uma semântica e um conjunto de informações disponíveis. É possível

explicitar subdomínios, que são recortes opcionais à área de interesse, para os quais se deseja construir uma rede social. Para um domínio de análise científico, são exemplos de subdomínios: publicação de artigos, orientação de trabalhos de conclusão e subáreas ou especialidades do conhecimento. A adoção de subdomínios permite a geração de diferentes redes, ampliando o poder de análise das pesquisas realizadas.

A Figura 4.6 apresenta o diagrama de pacotes referente à etapa definição do domínio de análise (Fase 1), em que é possível visualizar os elementos (papel, atividade e produto de trabalho) que a constituem. O papel envolvido nessa etapa é o especialista no domínio, a atividade é definir área de interesse e o produto de trabalho produzido é a definição da área de interesse.

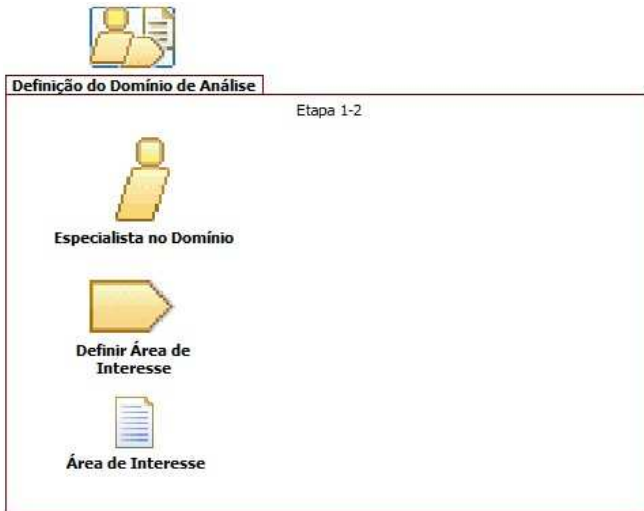


Figura 4.6 – Diagrama de pacotes da Etapa 2 (Fase 1)

Na Figura 4.7 é apresentado o fluxo de atividades na definição do domínio de análise que compõem o Modelo de Domínio.



Figura 4.7 – Diagrama de atividades da Etapa 2 (Fase 1)

4.2.1.3 Etapa 1-3: Especificação da Ontologia de Domínio

Nesta etapa deve-se estabelecer as diretrizes com que serão traduzidas as fontes de informação em uma ontologia voltada às descrições das entidades sociais (vértices) e dos seus relacionamentos. Para tal, deve haver um especialista no domínio do problema, ou seja, uma pessoa capaz de descrever os tipos de relações que gostaria de ver analisadas para o universo e domínio de análise do problema. Portanto, o especialista no domínio deverá descrever os atores (vértices) e os relacionamentos (arestas).

A Figura 4.8 apresenta o diagrama de pacotes referente à etapa especificação da ontologia de domínio (Fase 1), em que é possível visualizar os elementos (papel, atividade, produto de trabalho e orientação) que a constituem. O papel envolvido nessa etapa é o especialista no domínio, a atividade é especificar a ontologia de domínio, o produto de trabalho produzido é a ontologia de domínio e a orientação é um *template* da ontologia de domínio.



Figura 4.8 – Diagrama de pacotes da Etapa 3 (Fase 1)

Na Figura 4.9 é apresentado o fluxo de atividades na definição do domínio de análise que compõem o Modelo de Domínio.



Figura 4.9 – Diagrama de atividades da Etapa 3 (Fase 1)

Para auxiliar o especialista no domínio na atividade de especificação da ontologia de domínio, a Figura 4.10 apresenta um diagrama de classes representando a estrutura e relações das classes do Modelo de Domínio. O diagrama foi desenvolvido com o intuito de ajudar o especialista no domínio mapear as redes sociais em diferentes contextos e situações, com dimensões e estruturas variáveis, advindas de diversas fontes de informação. Assim, o diagrama modela, por meio de classes e atributos, as possíveis entidades sociais (vértices) e as relações que podem ser expressas em uma rede social.

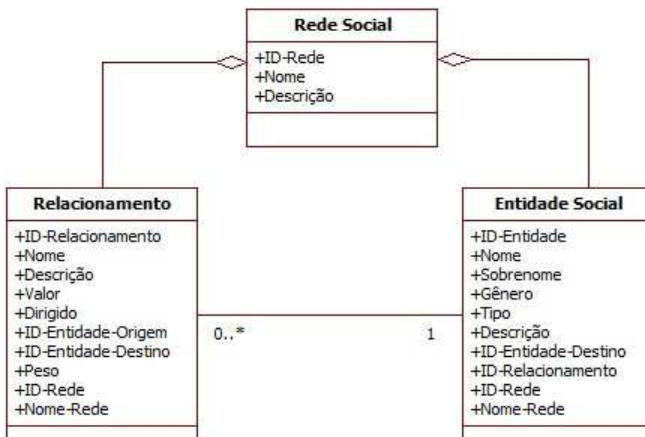


Figura 4.10 – Diagrama de classes do Modelo de Domínio

Baseado no diagrama de classes apresentado na Figura 4.10, construiu-se um *template* da ontologia de domínio no contexto de redes sociais. No Apêndice A é apresentado este *template*, que está escrito na linguagem OWL. A ferramenta utilizada para a construção foi o Protégé (PROTÉGÉ, 2009). Portanto, ao final da Fase 1, ter-se-á a codificação do problema a ser tratado por meio de uma ontologia de domínio, que expressa conceituações do domínio de redes sociais, descrevendo o seu vocabulário.

O resultado da Fase 1 dará subsídio para a execução das fases posteriores, seja direcionando para pontos específicos do modelo de

tarefa (etapas previstas na Fase 2), seja para o modelo de aplicação (etapas previstas na Fase 3).

4.2.2 Fase 2: Modelo de Tarefa

Esta fase é responsável por codificar as medidas de ARS em uma ontologia de tarefa, mas para isso, é preciso que a rede social esteja pronta e sobre ela seja aplicada as medidas de ARS. Esse modelo irá descrever o vocabulário relacionado à atividade de analisar as redes sociais.

Conforme apresentado na Figura 4.11, as etapas relacionadas ao Modelo de Tarefa são: (1) definição das medidas de ARS; (2) aplicação das medidas de ARS; e (3) especificação da ontologia de tarefa.



Figura 4.11 – Diagrama de pacotes com as definições de trabalho (Etapas) da Fase 2

Ao final da Fase 2, esperam-se os seguintes resultados: (1) definição das medidas ARS para o domínio escolhido; (2) aplicação das medidas de ARS; e, (3) a ontologia de tarefa.

A seguir, é descrita cada uma das etapas referentes ao Modelo de Tarefa.

4.2.2.1 Etapa 2-1: Definição das Medidas de ARS

Nesta etapa são definidas as medidas de ARS que devem ser aplicadas ao domínio especificado na Fase 1. Algumas das medidas de ARS, disponíveis na literatura, são listadas no Capítulo 2 (Seção 2.4), mas não se restringem apenas a elas.

A Figura 4.12 apresenta o diagrama de pacotes referente à etapa definição das medidas de ARS (Fase 2), em que é possível visualizar os elementos (papel, atividade e produto de trabalho) que a constituem. O papel envolvido nessa etapa é do especialista em ARS, a atividade é Definir quais as medidas de ARS serão aplicadas e o produto de trabalho produzido são as medidas de ARS selecionadas.

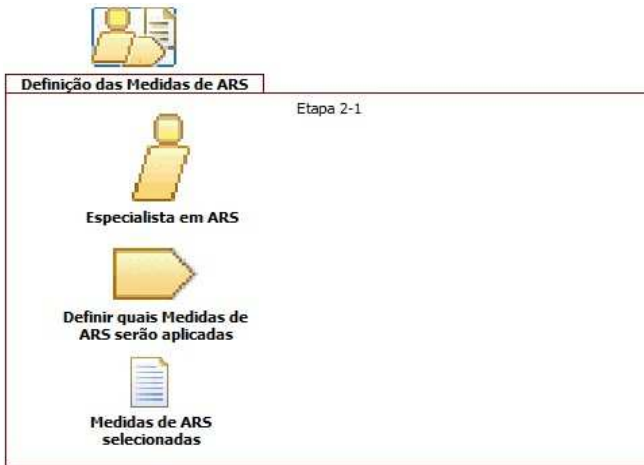


Figura 4.12 – Diagrama de pacotes da Etapa 1 (Fase 2)

Na Figura 4.13 é apresentado o fluxo de atividades na definição das medidas de ARS que compõem o Modelo de Tarefa.



Figura 4.13 – Diagrama de atividades da Etapa 1 (Fase 2)

4.2.2.2 Etapa 2-2: Aplicação das Medidas de ARS

A partir do levantamento dos dados que descrevem o problema a ser analisado e a representação destes dados em sistemas computacionais que geram redes sociais, é possível aplicar os algoritmos que realizam os cálculos das medidas de ARS.

Portanto, nesta etapa deve-se aplicar as medidas de ARS, selecionadas na etapa anterior, com o auxílio de ferramentas responsáveis por fazer esse tipo de análise. No Capítulo 2 (Seção 2.5), são apresentadas algumas opções de *softwares* e *kits* de ferramentas de ARS, no entanto, vale ressaltar que não é obrigatório o uso apenas destas opções apresentadas. O especialista em ARS deve ficar livre para escolher a ferramenta que achar mais conveniente para aplicar as medidas de ARS.

A Figura 4.14 apresenta o diagrama de pacotes referente a esta etapa, em que é possível visualizar os elementos (papel, atividade, produto de trabalho e ferramenta) que a constituem. O papel envolvido nessa etapa é do especialista em ARS, a atividade é aplicar as medidas de ARS, com o auxílio de uma ferramenta que faz ARS e o produto de trabalho produzido são as medidas de ARS.

Dessa forma, no método proposto, as análises de redes sociais realizadas com a ajuda de *softwares* de ARS podem ser instâncias da ontologia de tarefa que, combinada com a ontologia de domínio, serve de entrada à ontologia de aplicação para comunicar os resultados da ARS.



Figura 4.14 – Diagrama de pacotes da Etapa 2 (Fase 2)

Na Figura 4.15 é apresentado o fluxo de atividades na aplicação das medidas de ARS que compõem o Modelo de Tarefa.

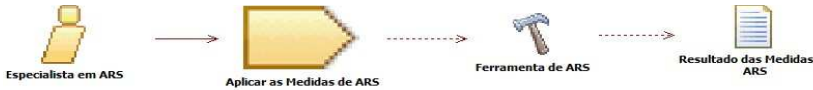


Figura 4.15 – Diagrama de atividades da Etapa 2 (Fase 2)

4.2.2.3 Etapa 2-3: Especificação da Ontologia de Tarefa

Nesta etapa, são representadas em uma ontologia de tarefa as medidas de ARS calculadas na etapa anterior para a rede gerada. Portanto, para cada medida de ARS aplicada, a mesma deverá ser instanciada na ontologia de tarefa, identificando a medida e seu(s) respectivo(s) valor(es) para as entidades sociais (vértices).

A Figura 4.16 apresenta o diagrama de pacotes referente a esta etapa, em que é possível visualizar os elementos (papel, atividade, produto de trabalho e orientação) que a constituem. O papel envolvido nessa etapa é do especialista em ARS, a atividade é especificar a ontologia de tarefa, o produto de trabalho produzido é a ontologia de tarefa e a orientação é um *template* da ontologia de tarefa.



Figura 4.16 – Diagrama de pacotes da Etapa 3 (Fase 2)

Na Figura 4.17 é apresentado o fluxo de atividades na especificação da ontologia de tarefa que compõem o Modelo de Tarefa.



Figura 4.17 – Diagrama de atividades da Etapa 3 (Fase 2)

Para auxiliar o especialista em ARS na atividade de especificação da ontologia de tarefa, a Figura 4.18 apresenta um diagrama de classes representando a estrutura e relações das classes do Modelo de Tarefa. Cabe ressaltar que este diagrama é válido apenas para medidas locais, ou seja, medidas de cada vértice, para medidas globais (que não é o foco do trabalho), o diagrama teria de contemplar outros atributos. O diagrama foi desenvolvido com o intuito de ajudar o especialista em ARS mapear as medidas de ARS em diferentes redes sociais. Assim, o diagrama modela por meio de classes e atributos a representação das medidas de ARS. O diagrama ainda apresenta a relação de dependência entre essas medidas e a rede social analisada.

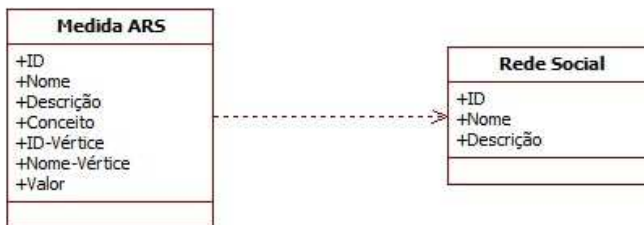


Figura 4.18 – Diagrama de classes do Modelo de Tarefa

Baseado no diagrama de classes apresentado na Figura 4.18, construiu-se um *template* da ontologia de tarefa. No Apêndice B é apresentado este *template*, escrito na linguagem OWL e a ferramenta utilizada para a construção foi o Protégé (PROTÉGÉ, 2009).

Portanto, ao final da Fase 2 ter-se-á a codificação das medidas de ARS em uma ontologia de tarefa, que expressa conceituações sobre a resolução do problema, independente do domínio em que ocorram, descrevendo um vocabulário relacionado à aplicação das medidas de ARS. Os resultados desta fase, associados aos da Fase 1 darão subsídios para a execução da fase posterior, que é o Modelo de Aplicação (Fase 3).

4.2.3 Fase 3: Modelo de Aplicação

A Fase 3 é responsável por codificar as deduções que o especialista em ARS realiza quando descreve o significado das medidas no âmbito do domínio estudado. Este modelo irá descrever conceitos dependentes do Modelo de Domínio e do Modelo de Tarefa. Estes conceitos correspondem a relacionamentos e papéis desempenhados por entidades sociais (vértices) no domínio do problema e o resultado obtido com a aplicação das medidas de ARS.

A Figura 4.19 ilustra o diagrama de pacotes com as definições de trabalho relacionadas ao Modelo de Aplicação (Fase 3), que estão organizadas em duas etapas, a saber: (1) especificação da ontologia de aplicação; e (2) construção da descrição textual da ARS do domínio de aplicação.



Figura 4.19 – Diagrama de pacotes com as definições de trabalho (Etapas) da Fase 3

Ao final da Fase 3, esperam-se os seguintes resultados: (1) a ontologia de aplicação; e, (2) texto descritivo da análise de redes sociais do domínio de aplicação.

A seguir, é descrita cada uma das etapas referentes à definição do Modelo de Aplicação.

4.2.3.1 Etapa 3-1: Especificação da Ontologia de Aplicação

A partir da definição da ontologia de domínio (que descreve o domínio do problema) e da ontologia de tarefa (que descreve as medidas de ARS) é possível especificar a ontologia de aplicação. Nesta etapa, a ontologia de aplicação deve ser capaz de representar os conceitos provenientes do modelo de domínio (vértices e relacionamentos) e do Modelo de Tarefa (medidas de ARS). Portanto, a ontologia de aplicação será a responsável pela representação e explicitação do conhecimento associado à ARS em um domínio de aplicação.

A Figura 4.20 apresenta o diagrama de pacotes referente a esta etapa, em que é possível visualizar os elementos (papel, atividade, produto de trabalho e orientação) que a constituem. O papel envolvido nessa etapa é do engenheiro do conhecimento, a atividade é especificar a ontologia de aplicação, o produto de trabalho produzido é a ontologia de aplicação e a orientação é um *template* da ontologia de aplicação.



Figura 4.20 – Diagrama de pacotes da Etapa 1 (Fase 3)

Na Figura 4.21 é apresentado o fluxo das atividades na especificação da ontologia de aplicação que compõem o Modelo de Aplicação.



Figura 4.21 – Diagrama de atividades da Etapa 1 (Fase 3)

Para auxiliar o engenheiro do conhecimento na atividade de especificação da ontologia de aplicação, no Apêndice C é apresentado um *template* da ontologia de aplicação, que está escrito na linguagem OWL. A ferramenta utilizada para a construção foi o Protégé (PROTÉGÉ, 2009). Portanto, ao final da Fase 3, ter-se-á a representação e explicitação do conhecimento associado à ARS em um domínio de aplicação.

4.2.3.2 Etapa 3-2: Construção da Descrição Textual da ARS do Domínio de Aplicação

A partir da ontologia de aplicação (definida na etapa anterior), esta etapa é responsável por apresentar de forma textual segundo o domínio do problema, o que significa a(s) medida(s) de ARS. As redes sociais geradas para o domínio analisado (e para seus subdomínios) podem revelar diversos aspectos de interesse à análise de conhecimento dos mesmos. Além disso, as redes sociais possuem características que, uma vez identificadas, revelam informações acerca do domínio analisado e servem ao usuário de conhecimento no domínio como referência para tomar decisões.

A Figura 4.22 apresenta o diagrama de pacotes referente a esta etapa, em que é possível visualizar os elementos (papel, atividade, produto de trabalho e ferramenta) que a constituem. O papel envolvido nessa etapa é do engenheiro do conhecimento, a atividade é gerar a descrição textual da ARS do domínio de aplicação, com o auxílio de um software (ferramenta de apoio) que faça a geração de textos e o produto de trabalho produzido é a descrição textual.

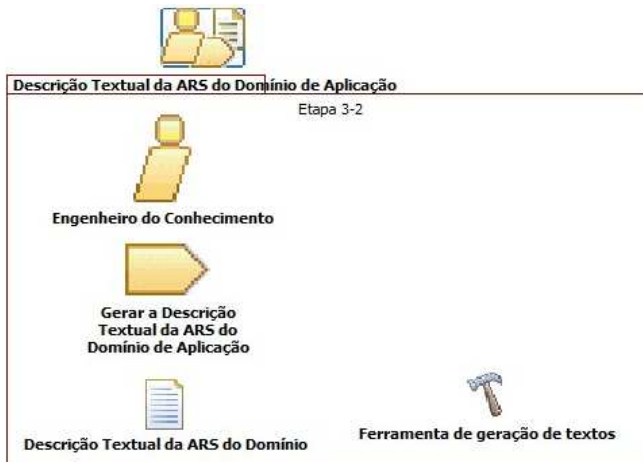


Figura 4.22 – Diagrama de pacotes da Etapa 2 (Fase 3)

Na Figura 4.23 é apresentado o fluxo de atividades na construção da descrição textual da ARS do domínio de aplicação que compõem o Modelo de Aplicação.

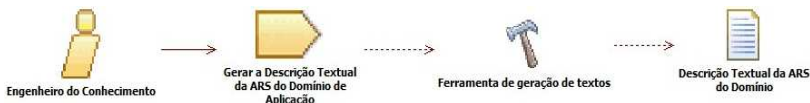


Figura 4.23 – Diagrama de atividades da Etapa 2 (Fase 3)

Na Figura 4.24 é ilustrado um exemplo de um texto descritivo, proveniente da ontologia de aplicação. O texto produzido descreve o que a ARS concluiu sobre o problema analisado.

Dr. Alfredo é o médico mais procurado do quadro de médicos do hospital..

Figura 4.24 – Exemplo de uma descrição textual da ARS de um domínio da área médica

4.3 Considerações finais

Neste capítulo foi apresentado o método baseado em ontologias para explicitação de conhecimento advindo da ARS de um domínio de aplicação. Conforme ilustrado, o método está segmentado em três fases (Modelo de Domínio, Modelo de Tarefa e Modelo de Aplicação). Sua característica fundamental é basear-se em três ontologias principais que formalizam, representam e explicitam o conhecimento do domínio, da ARS e da aplicação da ARS no domínio. Para sua efetiva descrição, detalhou-se: a visão geral do método, suas fases e etapas, descrevendo todas as atividades, papéis e produtos de trabalho produzidos através do metamodelo SPEM.

No próximo capítulo, é apresentada a aplicabilidade do método em um domínio específico.

APLICAÇÃO DO MÉTODO

Há três séculos, o conhecimento científico não faz mais do que provar suas virtudes de verificação e de descoberta em relação a todos os outros modos de conhecimento.
Edgar Morin

Neste capítulo está ilustrada a aplicabilidade do método proposto por meio de um cenário de aplicação na área de CT&I. Neste cenário foram aplicadas e executadas todas as atividades definidas nas fases e etapas do método. Além disso, é apresentado um protótipo (*software*) desenvolvido para demonstrar a aplicabilidade do método, tendo uma rede social do cenário de aplicação e uma descrição textual sobre a ARS deste estudo.

Para demonstrar a aplicabilidade do método, são contempladas neste capítulo as seguintes seções: (i) considerações preliminares; (ii) definição do modelo de domínio para o cenário de aplicação; (iii) definição do modelo de tarefa para o cenário de aplicação; (iv) definição do modelo de aplicação para o cenário de aplicação; (v) análise e comparação dos resultados advindos de uma ferramenta de ARS (convencional) e do protótipo que aplica o método proposto em um domínio de aplicação; (vi) descrição de uma pesquisa empírica realizada por meio de entrevistas a 10 especialistas em CT&I sobre as duas abordagens discutidas na seção anterior e, (vi) as considerações finais do capítulo.

5.1 Considerações preliminares

O cenário utilizado para demonstrar a aplicabilidade do método é a Plataforma Lattes (PL)¹⁹, mais especificamente a base de dados de currículos dos pesquisadores das áreas de ciência e tecnologia, que é um

¹⁹ <http://lattes.cnpq.br/>

projeto do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Brasil (CNPq), desenvolvida para apoiar as atividades de CT&I do Brasil. Atualmente a PL conta com cerca de 1.620.000 currículos, sendo que cerca de 126.000 (8%) destes currículos são de doutores e cerca de 216.000 (13%) de mestres.

Além disso, ao longo deste capítulo é apresentado o OntoARS, um protótipo desenvolvido em Python²⁰ com o auxílio de uma biblioteca do Graphviz²¹ chamada python-gv (código fonte do protótipo está disponível no APÊNDICE D), com o intuito de demonstrar a aplicabilidade do método proposto neste trabalho. Com o OntoARS é possível visualizar redes sociais com suas respectivas descrições textuais, que explicam o resultado da ARS de um domínio de aplicação. A apresentação do protótipo OntoARS é feita à luz do cenário de aplicação, no contexto da CT&I.

A seguir são apresentadas as definições do modelo de domínio, tarefa e aplicação para o cenário de aplicação. Em cada um dos modelos procura-se descrever como aplicar o método levando em consideração as atividades, os papéis e os produtos de trabalho envolvidos nas etapas do método.

5.2 Definição do Modelo de Domínio para o cenário de aplicação

A Fase 1 prevista no método é responsável por analisar e definir o domínio do problema para representá-lo em uma rede social. Dessa forma, esta fase estabelece algumas etapas que objetivam determinar o universo de análise (fonte de informação), a área de interesse e formalizar a ontologia de domínio.

Assim, na Etapa 1-1 (definição do universo de análise) foi estabelecida a fonte de informação Plataforma Lattes (PL), mais

²⁰ Python é uma linguagem de programação de alto nível, interpretada, imperativa, orientada a objetos, de tipagem dinâmica e forte. A linguagem foi projetada com a filosofia de enfatizar a importância do esforço do programador sobre o esforço computacional. Prioriza a legibilidade do código sobre a velocidade ou expressividade. Combina uma sintaxe concisa e clara com os recursos poderosos de sua biblioteca padrão e por módulos e frameworks desenvolvidos por terceiros. Outras informações sobre a linguagem podem ser obtidas no *website* oficial em: <<http://www.python.org/>>.

²¹ Graphviz (*Graph Visualization Software*) é um conjunto de programas, de código fonte aberto, para a automatização do desenho de grafos. Permite a geração de grafos em vários formatos (por exemplo: png, jpg). Outras informações podem ser acessadas em: <<http://www.graphviz.org/>>.

especificamente, o universo analisado foi os currículos dos pesquisadores (especialistas) da área de ciência e tecnologia.

Na Etapa 1-2 (definição do domínio de análise), restringiu-se o universo de análise, estabelecendo uma área de interesse (Engenharia do Conhecimento) e um subdomínio que é a produção do pesquisador em trabalhos realizados em coautoria²². A produção compreendida neste subdomínio é a bibliográfica, técnica e cultural. No Quadro 5.1 é apresentada a classificação dos tipos de produção da Plataforma Lattes que é considerada para o cenário de aplicação.

Quadro 5.1 – Classificação da produção compreendida no cenário de aplicação.

Produção Bibliográfica	Produção Técnica	Produção Cultural
Artigos completos publicados em periódicos	Software	Apresentação de obra artística
Artigos aceitos para publicação	Produtos	Arranjo musical
Livros e capítulos	Processos	Composição musical
Texto em jornal ou revista	Trabalhos técnicos	Programa de rádio ou TV
Trabalhos publicados em anais de eventos	Cartas, mapas ou similares	Obra de artes visuais
Apresentação de trabalho	Curso de curta duração ministrado	Sonoplastia
Partitura musical	Desenvolvimento de material didático ou instrucional	Outra produção artística/cultural
Tradução	Editoração	Demais trabalhos
Prefácio, posfácio	Manutenção de obra artística	
Outra produção bibliográfica	Maquete	
	Programa de rádio ou TV	
	Relatório de Pesquisa	
	Outra produção técnica	

²² Trabalho em coautoria é aquele criado em comum, por dois ou mais autores.

Como o propósito era apresentar uma rede social e demonstrar a aplicabilidade do método utilizando o protótipo OntoARS, foi escolhida como exemplo a rede de coautoria do autor da tese. Esta rede é composta de 25 coautores (pesquisadores) e 71 relacionamentos (arestas).

Já na Etapa 1-3 (especificação da ontologia de domínio), estabeleceu-se as diretrizes para a tradução das fontes de informação em uma ontologia de domínio com as descrições das entidades sociais (vértices) e dos seus relacionamentos (arestas). Portanto, nesta etapa foram definidas as possíveis entidades sociais e seus relacionamentos. Na Tabela 5.1 são ilustradas as classes da ontologia para o cenário de aplicação, as entidades sociais são os especialistas (pesquisadores) e o relacionamento entre eles são as publicações/realizações de trabalhos em coautoria.

Tabela 5.1 – Classes da ontologia de domínio.

Rede Social	Coautoria
Entidade Social	Pesquisador
Relacionamento	Trabalho produzido em coautoria

Baseado no diagrama de classes apresentado na Figura 4.10, foi construído um diagrama de classes para a rede de coautoria, como pode ser visto na Figura 5.1.

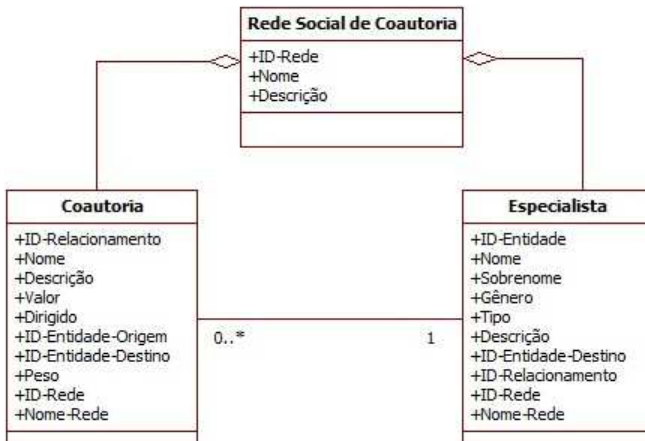


Figura 5.1 – Diagrama de classes para a rede social de coautoria.

De acordo com o *template* da ontologia de domínio apresentada no Apêndice A, foi construída a ontologia de domínio para a rede de coautoria. A ferramenta utilizada para a construção foi o Protégé (PROTÉGÉ, 2009). Na construção da ontologia, além de definir as entidades sociais e os relacionamentos, foram estabelecidos os atributos de cada uma das classes para a rede social de coautoria.

Para o protótipo OntoARS, a instância desta ontologia de domínio da rede social de coautoria é um insumo para visualização da rede. Ou seja, o protótipo faz a leitura dessa ontologia e gera a representação da rede social em termos de vértices e arestas.

Na Figura 5.2 é apresentada a rede gerada pelo OntoARS para o cenário de aplicação (rede de coautoria). Nela é possível visualizar os 25 vértices pertencentes a rede do autor da tese e seus 71 relacionamentos de coautoria.

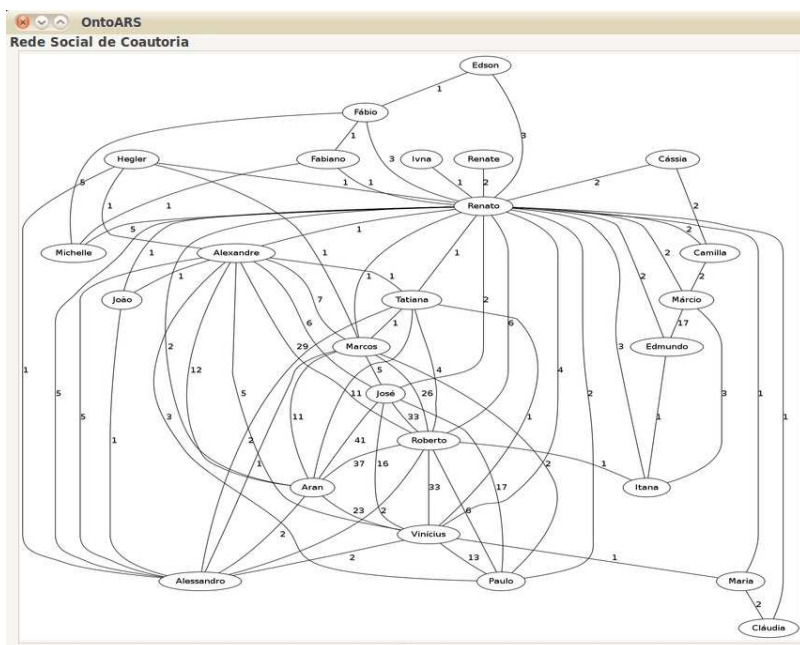


Figura 5.2 – Rede social de coautoria gerada pelo OntoARS.

Na próxima seção é descrita a definição do Modelo de Tarefa para o cenário de aplicação, de acordo com as etapas preconizadas pelo método.

5.3 Definição do Modelo de Tarefa para o cenário de aplicação

A Fase 2 objetiva codificar as medidas de ARS de um determinado domínio, em uma ontologia de tarefa. Para isto, esta fase divide-se em três etapas: definição das medidas de ARS, aplicação das medidas de ARS e especificação da ontologia de tarefa.

Quanto à definição das medidas de ARS (etapa 2-1 do método) que devem ser aplicadas ao domínio, a título de exemplo foi selecionado para este cenário de aplicação, as medidas de centralidade (grau, intermediação e proximidade). Por tratarem-se de medidas individuais dos atores, é possível identificar os pesquisadores mais conectados, os pesquisadores que servem de “ponte” na rede e os que conseguem contatar mais rapidamente os outros pesquisadores da rede (que tem maior proximidade).

Para a aplicação das medidas de ARS (etapa 2-2), foi escolhida a ferramenta UCINET²³ (BORGATTI *et al.*, 2010) versão 6.289 para a ARS de coautoria. A escolha desta ferramenta se deve ao fato do autor da tese ter um conhecimento prévio na sua utilização, o que facilita a aplicação das medidas. No entanto, conforme prevê o método, poderia ter sido escolhida qualquer outra ferramenta de ARS que gere as medidas. No UCINET (BORGATTI *et al.*, 2010), todo conjunto de dados foi inserido e armazenado no programa em forma de matrizes. Entender como as entidades sociais e as relações de uma rede social podem ser representadas como matrizes é essencial para utilizar o sistema sem nenhum problema. Na Figura 5.3 é apresentada a matriz de entrada do UCINET (BORGATTI *et al.*, 2010) para aplicação das medidas de análise da rede social de coautoria.

²³ UCINET é um software de ARS desenvolvido por Steve Borgatti, Everett e Martin Freeman Lin. O programa é distribuído pela Analytic Technologies. Ele trabalha em conjunto com o programa *freeware* chamado NETDRAW para desenhar e visualizar as redes sociais. NETDRAW é instalado automaticamente com UCINET. UCINET é um pacote completo para a análise dos dados da rede social, pode ler e gravar uma infinidade de arquivos de texto formatados de forma diferente, bem como arquivos de Excel. Inclui medidas de centralidade, subgrupo de identificação, análise de papel, teoria dos grafos elementares, e permutação baseada em análise estatística. Além disso, o pacote tem fortes rotinas de análise de matriz, como a álgebra matricial e estatística multivariada. O UCINET possui uma versão para download gratuito que é válida por 60 dias. Maiores informações podem ser encontradas em: <<http://www.analytictech.com/ucinet/>>

UCINET Spreadsheet - C:\Users\Renato\Documents\UCINET data\CoautoriaRenato2

File Edit Transform Fill Labels Options Help

Current cell: Row: 0 Col: 0

Dimensions: Rows: 25 Cols: 25

Mode: Normal Symmetric

	Aran	José	Paulo	Maria	Cláudia	Alessandro	Vinicius	Roberto
Aran		41				2	23	
José	41		17					16
Paulo		17						13
Maria								1
Cláudia					2			
Alessandro	2						2	
Vinicius	23	16	13	1		2		
Roberto	37	33	6			2	33	
Hegler								1
Alexandre	12	6	3			5	5	
Marcos	11	5	2			1		
Tatiana	11					2	1	
João						1		
Renato	2	2	2	1	1	5	4	
Ivna								
Renate								
Edson								
Edson								

Page 1

Figura 5.3 – Matriz de entrada do UCINET para análise da rede social de coautoria.

Na Figura 5.4 é apresentada a rede social de coautoria gerada pelo UCINET (BORGATTI *et al.*, 2010) em conjunto com programa NETDRAW. A visualização desta rede é baseada nos dados inseridos na matriz ilustrada na Figura 5.3.

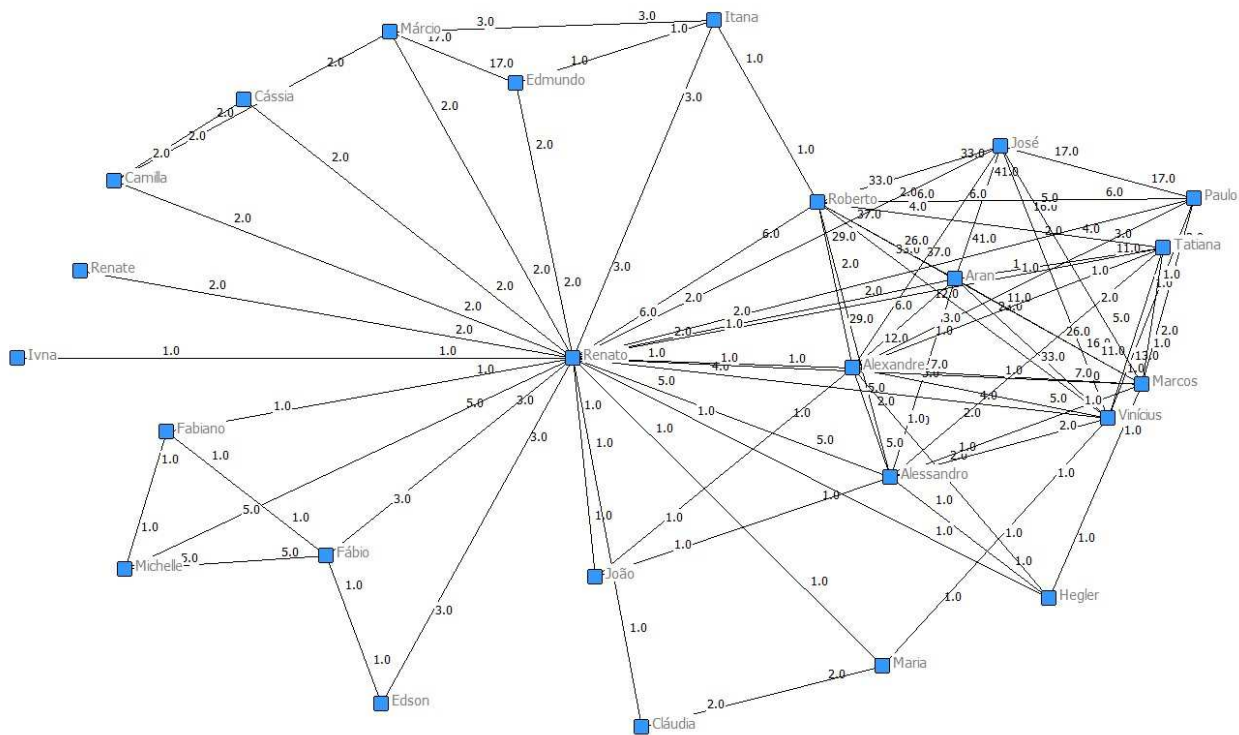


Figura 5.4 – Rede social de coautoria gerada pelo software UCINET em conjunto com o NETDRAW.

Na Tabela 5.2 são apresentadas três medidas descritas na Seção 2.4, que foram calculadas pelo UCINET (BORGATTI *et al.*, 2010) para a rede social de coautoria do cenário de aplicação. Nesta tabela, os valores foram normalizados e foi realizada a tradução dos nomes das medidas que estavam no idioma inglês para o português.

Tabela 5.2 – Medidas da análise da rede social de coautoria calculada pelo UCINET.

Centralidade de grau			Centralidade de Intermediação			Centralidade de Proximidade		
<i>Vértice</i>	<i>Nome</i>	<i>Valor</i>	<i>Vértice</i>	<i>Nome</i>	<i>Valor</i>	<i>Vértice</i>	<i>Nome</i>	<i>Valor</i>
8	Roberto	0.173	14	Renato	0.737	14	Renato	1.000
1	Aran	0.136	10	Alexandre	0.021	10	Alexandre	0.649
2	José	0.117	8	Roberto	0.018	8	Roberto	0.632
7	Vinícius	0.096	7	Vinícius	0.016	6	Alessandro	0.615
10	Alexandre	0.069	6	Alessandro	0.012	7	Vinícius	0.615
11	Marcos	0.054	11	Marcos	0.008	11	Marcos	0.615
14	Renato	0.054	18	Fábio	0.004	1	Aran	0.600
3	Paulo	0.042	22	Itana	0.004	12	Tatiana	0.585
23	Márcio	0.023	23	Márcio	0.004	2	José	0.585
6	Alessandro	0.020	25	Camilla	0.002	3	Paulo	0.571
12	Tatiana	0.020	4	Maria	0.002	22	Itana	0.545
21	Edmundo	0.020	1	Aran	0.002	9	Hegler	0.545
19	Michelle	0.011	2	José	0.001	23	Márcio	0.545
18	Fábio	0.010	3	Paulo	0.000	18	Fábio	0.545
22	Itana	0.008	12	Tatiana	0.000	13	João	0.533
25	Camilla	0.006	9	Hegler	0.000	4	Maria	0.533
17	Edson	0.004	5	Cláudia	0.000	20	Fabiano	0.533
9	Hegler	0.004	15	Ivna	0.000	21	Edmundo	0.533
4	Maria	0.004	19	Michelle	0.000	19	Michelle	0.533
24	Cássia	0.004	20	Fabiano	0.000	25	Camilla	0.533
20	Fabiano	0.003	21	Edmundo	0.000	5	Cláudia	0.522
13	João	0.003	16	Renate	0.000	24	Cássia	0.522
5	Cláudia	0.003	17	Edson	0.000	17	Edson	0.522
16	Renate	0.002	24	Cássia	0.000	15	Ivna	0.511
15	Ivna	0.001	13	João	0.000	16	Renate	0.511

Para a etapa 2-3 que consiste na especificação da ontologia de tarefa, foram representadas as medidas de ARS calculadas na etapa anterior. Cada valor da medida de análise da rede social de coautoria é uma instância na ontologia de tarefa, que identifica a medida e seu respectivo valor para cada entidade social (pesquisador). A construção desta ontologia baseou-se no template da ontologia de tarefa, apresentado no Apêndice B.

Para o protótipo OntoARS, a instância da ontologia de tarefa contendo as medidas da análise da rede social de coautoria, juntamente com a ontologia de domínio, é um insumo para a construção da ontologia de aplicação (responsável pela descrição textual da ARS).

Na próxima seção é descrita a definição do Modelo de Aplicação para o cenário de aplicação, de acordo com as etapas preconizadas pelo método.

5.4 Definição do Modelo de Aplicação para o cenário de aplicação

Na Fase 3 do método, o Modelo de Aplicação irá descrever conceitos dependentes do Modelo de Domínio e do Modelo de Tarefa. Estes conceitos correspondem a relacionamentos e papéis desempenhados por entidades sociais (vértices) no domínio do problema e o resultado obtido com a aplicação das medidas de ARS.

Esta fase compreende duas etapas: (1) especificação da ontologia de aplicação; e (2) construção da descrição textual da ARS do domínio de aplicação.

Na etapa 3-1, a ontologia de aplicação deve ser capaz de representar os conceitos provenientes do modelo de domínio (vértices e relacionamentos) e do Modelo de Tarefa (medidas de ARS), e adicionar conceitos que sejam relevantes para a descrição textual. Portanto, a ontologia de aplicação é a responsável pela representação e explicitação do conhecimento associado à ARS em um domínio de aplicação.

A etapa 3-2 objetiva a apresentação em forma de texto (idioma português) explicando cada uma das medidas de ARS especificadas na ontologia de aplicação.

Para o cenário de aplicação, o protótipo OntoARS construiu a ontologia de aplicação baseada nas ontologias de domínio e tarefa. A partir da ontologia de aplicação, o OntoARS gerou a descrição textual que explica a análise da rede de coautoria para as medidas de centralidade (grau, intermediação e proximidade).

Na Figura 5.5 é apresentada a rede social de coautoria do cenário de aplicação e a descrição textual que explica as três medidas de centralidade (grau, intermediação e proximidade) da rede. A rede social e a descrição textual foram geradas pelo protótipo OntoARS.

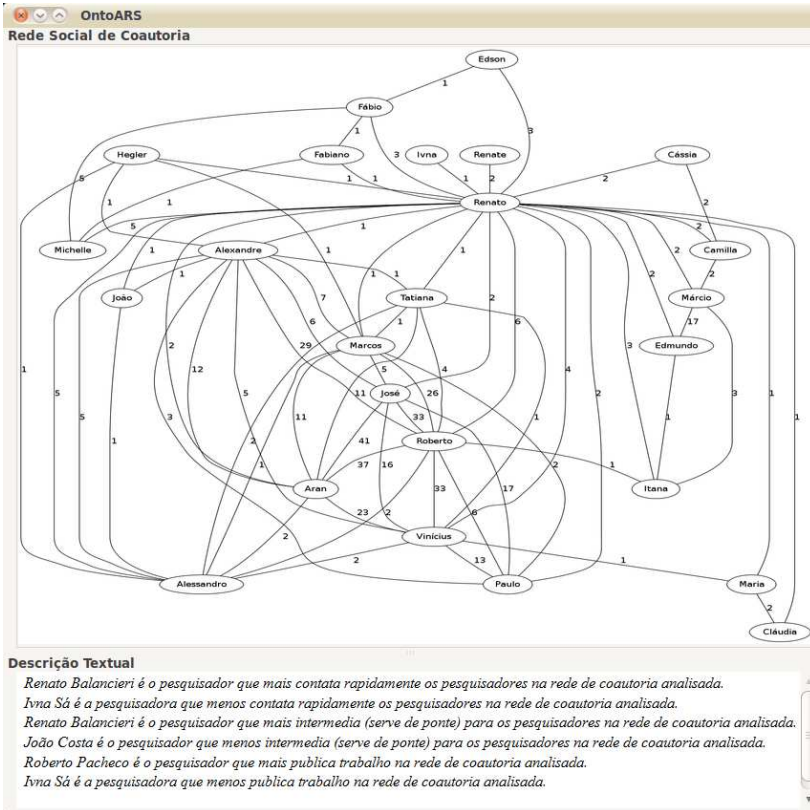


Figura 5.5 – Visualização do protótipo OntoARS mostrando a rede social de coautoria e sua descrição textual das medidas aplicadas.

5.5 Análise e comparação dos resultados

As medidas de centralidade (grau, intermediação e proximidade) ilustradas na análise da rede social de coautoria (Tabela 5.2), mostram os valores de cada medida por vértice (pesquisador), no entanto, não explicitam o conhecimento destas análises na linguagem do domínio de aplicação (produção de trabalhos em coautoria).

Para que o usuário de conhecimento no domínio consiga compreender o que estas medidas representam, ele precisa saber o que significa o conceito das medidas e depois traduzi-las para o domínio de aplicação. Da forma que a ARS é apresentada pela ferramenta UCINET (BORGATTI *et al.*, 2010), não se percebe o potencial de ARS como instrumento de análise, a menos que o usuário conheça ARS.

Análises da rede social de coautoria gerada pelo OntoARS (Figura 5.5) utilizam a linguagem do domínio para explicar suas medidas. Por exemplo, para a medida de centralidade de grau, o OntoARS apresentou duas afirmações ilustradas na Figura 5.6.

Roberto Pacheco é o pesquisador que mais publica trabalho na rede de coautoria analisada.
Ivna Sá é a pesquisadora que menos publica trabalho na rede de coautoria analisada.

Figura 5.6 – Afirmações extraídas do protótipo OntoARS para a medida centralidade de grau.

Nestas afirmações, *Roberto* e *Ivna* representam o nome da entidade social e, *pesquisador* e *pesquisadora* são os papéis que eles ocupam no domínio (produção de trabalhos em coautoria), ou seja, estes elementos são derivados da ontologia de domínio. *Publica trabalho* é um conceito que advém das ontologias de tarefa e aplicação, pois foi na ontologia de tarefa que foram especificadas as medidas de ARS e na ontologia de aplicação está o significado destes conceitos de acordo com o domínio de aplicação. Além disso, nestas afirmações é possível identificar os extremos em termos de intensidade de medida, ou seja, o vértice que representa a medida de ARS em sua maior e menor intensidade. Assim, para estas afirmações são identificados os pesquisadores que mais e menos publicam trabalhos em coautoria, de acordo com a quantidade de itens de publicações registrados em seus currículos.

Para a medida de centralidade de proximidade, o OntoARS apresentou duas afirmações que são mostradas na Figura 5.7. Estas afirmações seguem o mesmo padrão da medida anterior (centralidade de grau), o nome do pesquisador e seu papel são derivados da ontologia de domínio e o conceito da medida deriva das ontologias de tarefa e aplicação. Da mesma maneira que a centralidade de grau, nestas afirmações são especificados os pesquisadores que detém a maior e menor intensidade da medida.

Renato Balancieri é o pesquisador que mais contata rapidamente os pesquisadores na rede de coautoria analisada.
Ivna Sá é a pesquisadora que menos contata rapidamente os pesquisadores na rede de coautoria analisada.

Figura 5.7 – Afirmações extraídas do protótipo OntoARS para a medida centralidade de proximidade.

As duas afirmações restantes geradas pelo OntoARS, representam a medida de centralidade de intermediação. Na Figura 5.8 são ilustradas estas afirmações de acordo com a linguagem do domínio.

Renato Balancieri é o pesquisador que mais intermedia (serve de ponte) para os pesquisadores na rede de coautoria analisada.
João Costa é o pesquisador que menos intermedia (serve de ponte) para os pesquisadores na rede de coautoria analisada.

Figura 5.8 – Afirmações extraídas do protótipo OntoARS para a medida centralidade de intermediação.

Portanto, a descrição textual gerada pelo OntoARS revela relacionamentos entre os elementos do domínio, analisados segundo os recursos que a ARS dispõe, porém, apresentados segundo a semântica que o usuário de conhecimento no domínio utiliza. Para o exemplo de coautoria, o conhecimento revelado poderia servir de insumo direto à tomada de decisão de gestores de CT&I.

5.6 Pesquisa empírica

Para verificar a aplicabilidade do método proposto, foi realizada uma pesquisa empírica de opinião de especialistas no domínio da CT&I. O objetivo da pesquisa foi conhecer a visão de usuários de conhecimento no domínio quanto à compreensibilidade dos resultados apresentados pelo método proposto através do protótipo OntoARS e, em particular, sua comparação com os resultados apresentados pela ferramenta UCINET (BORGATTI *et al.*, 2010). Cabe ressaltar que a pesquisa empírica não foi realizada com o objetivo de efetivar um estudo qualitativo de opiniões de usuários de conhecimento no domínio utilizando o método proposto.

Na realização da pesquisa empírica, foram entrevistados 10 especialistas em CT&I, que responderam a um questionário (APÊNDICE E) contendo 15 perguntas. A compilação das respostas dadas a estas perguntas é ilustrada na Tabela 5.3. É importante salientar

que não foram divulgados os nomes dos entrevistados, por isso, foi usado a nomenclatura *Entrevistado n*, onde $n = \{1, \dots, 10\}$ e que nenhum deles pertence a rede de coautoria utilizada como exemplo.

No questionário, as questões de um a sete tratam do perfil do entrevistado, identificando sua titulação máxima, registro de algum tipo de trabalho em coautoria na Plataforma Lattes e conhecimento na área de ARS (metodologia, medidas e ferramentas). A partir da questão oito, a resposta era dada em termos de intensidade (variando de 0 a 10), sendo que 0 significa uma resposta negativa e 10 seria o grau mais elevado. Partindo deste ponto, as questões de oito a onze tratam da visualização da rede social de coautoria e de suas medidas de análise geradas pelo UCINET (BORGATTI *et al.*, 2010). Nestas questões tentou-se conhecer a visão dos especialistas quanto à compreensibilidade dos resultados apresentados pelo UCINET (BORGATTI *et al.*, 2010). As questões de doze a quinze investigam a visão dos especialistas quanto à compreensibilidade dos resultados (rede social de coautoria e a descrição textual) apresentados pelo OntoARS. Por fim, foi perguntado ao entrevistado, qual das duas formas de apresentação das medidas de ARS é mais bem compreendida por ele.

De acordo com a análise das respostas contidas na Tabela 5.3, quatro entrevistados são doutores, três são mestres, dois são graduados e um é especialista. Além disso, todos os entrevistados possuem CV-Lattes, já produziram algum tipo de trabalho em coautoria e registraram essa produção no CV-Lattes. Com relação à área de ARS, seis entrevistados afirmaram que conhecem a metodologia de ARS, bem como algum tipo de medida de ARS. No entanto, oito responderam que nunca haviam utilizado qualquer tipo de *software* de ARS.

Quanto à rede social de coautoria e as medidas geradas pelo UCINET (BORGATTI *et al.*, 2010), cinco pessoas afirmaram que não compreenderam as medidas apresentadas, atribuindo nota 0 em suas respostas; duas atribuíram notas 3 e 8 e uma pessoa atribuiu nota 4. Portanto, a maioria das respostas aponta para nenhum ou pouco entendimento das medidas apresentadas. Os mesmos percentuais foram apresentados quando se questionou sobre o que essas medidas representam no contexto do domínio (coautoria). Quanto à relevância da coluna valor das medidas, os entrevistados que não entenderam o que significava as medidas, mantiveram sua resposta nesta questão, mas os que tinham pouco entendimento sobre as medidas consideraram relevante a coluna valor. Em termos gerais de compreensibilidade das medidas,

cinco entrevistados atribuíram nota 0, dois atribuíram notas 3 e 8, e um atribuiu nota 4.

Com relação à rede social de coautoria e às descrições textuais geradas pelo OntoARS, seis entrevistados acreditam que as descrições textuais merecem nota 9 quanto a clareza e dois atribuíram notas 8 e 10. Quanto ao acréscimo de algum tipo de conhecimento a partir das descrições textuais, cinco pessoas afirmaram que agregou algum tipo de conhecimento que não possuía antes (atribuindo nota 10), quatro atribuíram nota 9 e uma pessoa atribuiu nota 8. Em termos de compreensibilidade, a descrição textual recebeu quatro votos para a nota 9 e cinco votos para a nota 10. Quando se abordou sobre a comparação entre as medidas do UCINET (BORGATTI *et al.*, 2010) e a descrição textual do OntoARS, todos os entrevistados afirmaram que compreendem melhor por meio da descrição textual.

Tabela 5.3 – Compilação do resultado do questionário (APÊNDICE E) aplicado à especialistas da área de CT&I

Entrevistados*	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15
Entrevistado 1	Doutorado	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	0	0	0	0	8	9	10	Descrição textual
Entrevistado 2	Especialização	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	0	0	0	0	9	10	10	Descrição textual
Entrevistado 3	Mestrado	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	3	3	10	3	9	10	10	Descrição textual
Entrevistado 4	Doutorado	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	4	4	9	4	10	10	10	Descrição textual
Entrevistado 5	Doutorado	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	0	0	0	0	8	8	8	Descrição textual
Entrevistado 6	Mestrado	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	0	0	0	0	9	9	9	Descrição textual
Entrevistado 7	Mestrado	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	0	0	0	0	9	9	9	Descrição textual
Entrevistado 8	Doutorado	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	3	3	9	3	9	10	9	Descrição textual
Entrevistado 9	Graduado	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	8	8	10	8	9	10	9	Descrição textual
Entrevistado 10	Graduado	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	8	8	10	8	10	9	10	Descrição textual

* Os nomes dos entrevistados não foram divulgados.

Obs. A nomenclatura adotada para os campos Q1 a Q15, se referem às questões 1 a 15.

5.7 Considerações finais

Neste penúltimo capítulo foi discutida a aplicabilidade do método por meio de um cenário de aplicação na área de CT&I. O método proposto foi seguido passo a passo dentro do cenário de aplicação escolhido, executando todas as atividades previstas em cada uma das etapas do método e desta forma, mostrando sua viabilidade.

O cenário de aplicação selecionado foi os trabalhos realizados em coautoria por pesquisadores da Plataforma Lattes. Também foi apresentado o protótipo OntoARS, que foi desenvolvido para demonstrar a aplicabilidade do método, utilizando as ontologias de domínio, tarefa e aplicação. Assim, neste capítulo foram ilustradas as definições dos modelos de domínio, tarefa e aplicação para o cenário de aplicação.

Além disso, foi feita uma análise comparativa entre os resultados da ferramenta UCINET para o cenário de aplicação e os resultados do protótipo OntoARS que segue o método proposto. De acordo com a comparação realizada, fica evidente que o protótipo utiliza a linguagem do domínio para descrever as medidas de ARS, possibilitando maior entendimento para o usuário de conhecimento no domínio.

Por fim, o capítulo ainda apresenta uma pesquisa empírica, na qual foram entrevistados 10 especialistas da área de CT&I expondo suas visões sobre os resultados apresentados pelo UCINET e pelo OntoARS.

CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Há pessoas que desejam saber só por saber, e isso é curiosidade; outras, para alcançarem fama, e isso é vaidade; outras, para serem edificadas, e isso é prudência; outras, para edificarem os outros, e isso é caridade.
São Tomás de Aquino

6.1 Conclusões

Nesta tese foi abordado o problema de como tornar os resultados da ARS compreensíveis para pessoas que não conhecem esta técnica, porém compreendem o domínio no qual elas foram aplicadas.

Portanto, as medidas de ARS para apresentarem seus resultados necessitam de um especialista em ARS que possa traduzi-los na linguagem do domínio do problema analisado. É o especialista em ARS que explica o que representam seus instrumentos de medida. Esta dependência do especialista em ARS limita a aplicabilidade do instrumento a situações em que o especialista em ARS está disponível, tratando-se de uma situação típica de atividades intensivas em conhecimento.

Assim, a engenharia do conhecimento e a engenharia de ontologias têm viabilizado a explicitação de conhecimentos associados a tarefas intensivas em conhecimento. Como a ARS é um tipo de tarefa intensiva em conhecimento, surge a possibilidade de que também para a ARS, as engenharias do conhecimento e de ontologias possam trazer respostas para o problema de como explicitar aquele conhecimento que o especialista em ARS detém.

Para tal, foi proposto um método baseado em ontologias como forma de evitar a dependência exclusiva do especialista em ARS para compreender as análises de redes sociais por quem é usuário de conhecimento no domínio do problema. Deste modo, o método objetivou formalizar, representar e explicitar o conhecimento associado à ARS em um domínio de aplicação.

O método proposto está baseado em três ontologias: uma para codificar o problema a ser tratado (*ontologia de domínio*), outra que codifica medidas da ARS (*ontologia de tarefa*) e uma terceira para codificar as deduções que o especialista em ARS realiza quando descreve o significado das medidas no âmbito do domínio estudado (*ontologia de aplicação*). A tese ainda realizou a comparação dos resultados produzidos por uma ferramenta (convencional) de ARS em um domínio de aplicação de CT&I com os resultados produzidos pelo método no mesmo domínio, com a diferença de que os resultados apresentados pelo método levam em consideração a linguagem do domínio.

Assim, apontou-se que a apresentação de resultados de ARS na linguagem utilizada pelo usuário de conhecimento no domínio permite uma maior divulgação dos métodos de ARS em diversos domínios de aplicações. Propiciando ao usuário de conhecimento no domínio mais um instrumento de tomada de decisão, que revela relacionamentos entre elementos daquele domínio, analisados segundo os recursos que a ARS dispõe, porém, apresentados segundo a semântica que o usuário de conhecimento no domínio utiliza. Além disso, ao se explicitar conhecimentos de ARS para usuários de conhecimento no domínio, torna-se potencialmente mais acessível e difundido o potencial de ARS como instrumento de análise.

Uma possível contribuição aos estudos de redes sociais e complexas é que o método explicita os diferentes atores envolvidos no processo de ARS em um domínio de aplicação, pois não foram encontrados na literatura. Métodos de ARS que explicitem os papéis do especialista em ARS, do engenheiro do conhecimento, do especialista no domínio do problema e do usuário do conhecimento naquele domínio.

Quanto ao ineditismo, além da proposta de inclusão de três níveis de modelos de ontologia para ARS (ontologias de domínio, tarefa e aplicação), não verifiquei na literatura a proposição de outros métodos para interpretação automática dos resultados da análise de rede social. Portanto, a literatura de ARS não apresenta estudos equivalentes ao proposto, tanto para a forma de combinação de diferentes níveis de ontologias com ARS como para o propósito de explicitar seus resultados na linguagem do domínio.

Por fim, cabe ressaltar a contribuição que o metamodelo SPEM forneceu para descrever o método, oferecendo uma estrutura de modelagem de conteúdo do método baseada na UML. Com o uso do

SPEM, foi possível definir claramente os papéis envolvidos em cada uma das atividades e os produtos de trabalho produzidos pelo método.

6.2 Trabalhos Futuros

Um dos resultados esperados na inclusão de ontologias de domínio é que a compreensibilidade e a difusão de conhecimentos sejam ampliadas para mais usuários daquele domínio. Neste trabalho, utilizou-se a entrevista junto a usuários de conhecimento de um domínio com o objetivo de verificar empiricamente se o método proposto lhes parecia mais claro em termos de resultados do que aqueles equivalentes apresentados por ferramentas convencionais da ARS. Futuramente, pode-se estabelecer pesquisa quali-quantitativa em um ou mais domínios junto à população amostral de usuários do conhecimento daqueles domínios, definir-se características que revelem graus de compreensibilidade dos resultados e proceder estudos comparativos entre o método proposto e métodos convencionais de ARS.

Entre as possibilidades de modelagem encontradas na engenharia do conhecimento e na engenharia de ontologias, o método proposto concentrou-se mais enfaticamente na área de ontologias (dado seu objetivo de modelagem de conhecimento no domínio). No entanto, uma abordagem alternativa (e complementar) está em adotar metodologias da engenharia do conhecimento. Por exemplo, caso a pesquisa tomasse por base a metodologia CommonKADS, além do método é possível que o resultado fosse um modelo de uso geral, com os níveis de contexto, tarefa, atores, conhecimento e comunicação, englobados em um projeto de um sistema de conhecimento para ARS.

Como trabalho futuro, entende-se que é possível a melhoria da ferramenta OntoARS em vários aspectos, um deles seria torná-la uma ferramenta multiespecialista (onde estariam disponíveis ambientes para o especialista no domínio, o especialista em ARS e o usuário de conhecimento no domínio), ou seja, uma ferramenta em que todos os atores envolvidos no processo de ARS de um domínio de aplicação pudessem utilizá-la de acordo com suas necessidades e objetivos. Desta forma, enquanto o especialista de domínio estivesse modelando o domínio do problema, a ferramenta já propiciaria a criação do modelo de aplicação. Da mesma maneira, enquanto o especialista em ARS estivesse modelando a tarefa, a ferramenta já estivesse também complementando o modelo de aplicação. Além disso, a ferramenta OntoARS poderia ter implementado em seu código fonte, os algoritmos

das medidas de ARS para que pudessem ser realizadas as análises no próprio OntoARS.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMIC, L.; ADAR, E. *How to Search a Social Network*. Technical Report, HP Laboratories, Palo Alto, CA, 2004.

AIELLO, W.; CHUNG, F. R. K.; LU, L. Random evolution in massive graphs. In: *The 42th Annual Symposium on Foundations of Computer Science*, pages 510–519, 2001.

ALBERT, R.; BARABÁSI, A.-L. Statistical Mechanics of Complex Networks. *Reviews of Modern Physics*, v. 74, n. 1, p. 47-97, 2002.

ALBERT, R.; JEONG, H.; BARABÁSI, A.-L. Diameter of the World Wide Web. *Nature*, v. 401, p. 130–131, 1999.

ALBERT, R.; JEONG, H.; BARABÁSI, A.-L. Error and attack tolerance of complex networks. *Nature*, v. 406, p. 378–382, 2000.

ALBERTAZZI, L. Formal and material ontology. In: POLI, Roberto; SIMONS, Peter (Ed.). *Formal ontology*. Dordrecht : Kluwer, p. 199-232, 1996.

ALCARÁ, A. R. *et al.* As redes sociais como instrumento estratégico para a inteligência competitiva. *Transinformação*, Campinas, v.18, n.2, p.143-153, 2006.

ALLEE, V. Knowledge networks and communities of practice. *OD Practitioner Online*, v. 32, n. 4, p. 15, 2000.

ALMEIDA, M. B.; MOURA, M. A.; CARDOSO, A. M. P.; CENDÓN, B. V. Uma iniciativa interinstitucional para construção de ontologia sobre Ciência da Informação: Visão Geral Do Projeto P.O.I.S. *Encontros Bibli: Revista Eletrônica de Biblioteconomia e Ciência da Informação*, v. 10, n. 19, p.53-72, 2005.

ALVESSON, M. *Knowledge work and knowledge-intensive firms*. Oxford University Press, 2004.

AMARAL, L. A. N.; SCALA, A.; BARTHÉLÉMY, M.; STANLEY, H. E. Classes of smallworld networks. *Proceedings of National Academy of Science*, Washington, v.97, n.21 p.1149-11152, 2000.

ARISTÓTELES. *Metafísica*. Trad. Hernán Zucchi, Buenos Aires: Debolsillo, 4ª ed., 2004.

ARISTÓTELES. *Metaphysics*. Trad. W. D. Ross, Ed. eBooks@Adelaide, 2007. Disponível em: <<http://ebooks.adelaide.edu.au/a/aristotle/metaphysics>>. Acesso em: 16 julho 2010.

AZARIAN, R. *The basic framework in the General Sociology of Harrison C. White*. Dissertação (PhD em Sociologia) – Stockholm University, Stockholm, 2000.

BAADER, F., I. HORROCKS, *et al.* Description Logics as Ontology Languages for the Semantic Web. In: (Ed.). *Mechanizing Mathematical Reasoning*: Springer Berlin/Heidelberg, v.2605/2005, 2005. Description Logics as Ontology Languages for the Semantic Web

BALANCIERI, R. *Análise de Redes de Pesquisa em uma Plataforma de Gestão em Ciência e Tecnologia: Uma Aplicação à Plataforma Lattes*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – PPGEP/UFSC. Disponível em: <<http://teses.eps.ufsc.br/Resumo.asp?5621>>, 2004.

BALANCIERI, R.; BOVO, A. B.; KERN, V. M.; PACHECO, R. C. S.; BARCIA, R. M. A análise de redes de colaboração científica sob as novas tecnologias de informação e comunicação: um estudo na Plataforma Lattes. *Ciência da Informação*, v.34, p.64 - 77, 2005.

BALANCIERI, R.; KERN, V. M.; PACHECO, R. C. S. Análise de redes de pesquisa e inovação em plataformas de governo eletrônico. In: *Conhecimentos e Redes: sociedade, política e inovação*. Porto Alegre : Editora da UFRGS, v.1, p. 61-88, 2005.

BALANCIERI, R.; BERMEJO, P. H. S.; KERN, V. M.; TODESCO, J. L.; PACHECO, R. C. S. Collaboration Network Analysis in the Brazilian Innovation Portal. In: *I Internacional Conference on Multidisciplinary Information Sciences & Technologies*, Badajoz, Spain: Open Institute of Knowledge, v. 1, p. 557-561, 2006.

BALANCIERI, R., CUEL, R.; PACHECO, R. C. S. Social Network Analysis for Innovation and Coordination. In: *7th Internacional Conference on Knowledge Management*, Graz-Austria. Journal of Universal computer Science. Graz, Austria: Graz University of

Technology, v. 1, p. 152-159, 2007.

BARABÁSI, A.-L. *et al.* *Evolution of the Social Network of Scientific Collaborations*. *Physica A*, n. 311.p. 590-614, 2002.

BARABÁSI, A.-L.; ALBERT, R. Emergence of scaling in random networks. *Science*, v. 286, n. 5439, p. 509–512, 1999.

BARABÁSI, A.-L.; ALBERT, R.; JEONG, H. Scale-free characteristics of random networks: The topology of the World Wide Web. *Physica A*, v. 281, p. 69–77, 2000.

BARABÁSI, A.-L.; JEONG, H.; RAVASZ, R.; NÉDA, Z.; VICSEK, T.; SCHUBERT, A. On the topology of the scientific collaboration networks. *Physica A*, v. 311, p. 590–614, 2002.

BARNES, J. Class and committees in a Norwegian Islan Parish. *Human Relations*, v. 7, n. 1, p. 39-58, 1954.

BARRAT, A.; BARTHÉLEMY, M.; PASTOR-SATORRAS, R.; VESPIGNANI, A. The architecture of complex weighted networks. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 101, n. 11, p. 3747–3752, 2004.

BATEMAN, J. A. *et al.* The Generalized Italian, German, English Upper Model. In: *Workshop Comparison of Implemented Ontologies*, Amsterdã: N.J.I. Mars, 1994.

BECHHOFFER, S. *et al.* *OWL Web Ontology Language reference*. World Wide Web Consortium, November, 2002. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/owl-ref/>>. Acesso em: 20 out. 2009.

BERNERS-LEE, T.; HENDLER, J.; LASSILA, O. The Semantic Web. *Scientific American*, v. 284, n. 5, p. 28-37, 2001.

BLACKBURN, S. *Dicionário Oxford de Filosofia*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1997.

BOCCALETTI, S.; LATORA, V.; MORENO, Y.; CHAVEZ, M.; HWANG, D.-U. Complex networks: Structure and dynamics. *Physics Reports*, v. 424, p. 175-308, 2006.

BOGATTI, S.; EVERETT, M.; FREEMAN, L. *UCINET* (software).

Lexington: USA, 2010. Disponível em:

<<http://www.analytictech.com/ucinet/>>. Acesso em: 15 ago. 2010.

BRANDÃO, W. C.; PARREIRAS, F. S.; SILVA, A. B. O. Redes em Ciência da Informação: evidências comportamentais dos pesquisadores e tendências evolutivas das redes de co-autoria. *Informação & Informação*. v. 12, n. esp, 2007.

BREIGER, R.; CARLEY, K.; PATTISON, P. *Dynamic Social Network Modeling and Analysis*. Workshop Summary and Papers; Washington, DC: National Academic Press, 2003.

BRODER, A.; KUMAR, R.; MAGHOUL, F.; RAGHAVAN, P.; RAJAGOPALAN, S.; STATA, R.; TOMKINS, A.; WIENER, J. Graph structure in the Web. *Computer Networks*, v. 33, n. 1–6, p. 309–320, 2000.

CANCHO, R. F.; JANSSEN, C.; SOLÉ, R. V. Topology of technology graphs: Small world patterns in electronic circuits. *Physical Review E*, v. 64, n. 4, p. 46119-1 - 46119-5, 2001.

CHANDRASEKARAN, B., JOSEPHSON, J. R. *The Ontology of Tasks and Methods*. Stanford University, California, 1997.

CHANDRASEKARAN, B.; JOSEPHSON, R.; BENJAMINS, V. R. What are ontologies, and Why Do We Need Them? *IEEE Intelligent Systems*, v. 14, n. 1, p. 20-26, 1999.

CHEN, Q.; CHANG, H.; GOVINDAN, R.; JAMIN, S. The origin of power laws in Internet topologies revisited. In: *INFOCOM 2002 - Twenty-First Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies*, v. 2, 2002.

CHOO, C. W. *A organização do conhecimento: como as organizações usam a informação para criar significado, construir conhecimento e tomar decisões*. São Paulo: SENAC, 2003.

CORCHO, O.; GÓMEZ-PÉREZ, A. A Roadmap to Ontology Specification Languages. In: (Ed.). *Knowledge Engineering and Knowledge Management. Methods, Models, and Tools*: Springer Berlin / Heidelberg, 2000. A Roadmap to Ontology Specification Languages

CORCHO, O.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, M.; GÓMEZ-PÉREZ, A.

Methodologies, tools and languages for building ontologies: where is their meeting point? *Data & Knowledge Engineering*, n. 46, p. 41-64, 2003.

CORCHO *et al.* Building legal ontologies with Methodology and WebODE. *Law and the Semantic Web*, Springer-Verlag, Mar, 2005.

Disponível em:

<http://www.dia.fi.upm.es/~ocorcho/documents/LawSemWeb2004_CorchoEtAl.pdf>. Acesso em: 01 jan. 2009.

COSTA, L. F.; RODRIGUES, F. A.; TRAVIESO, G.; VILLAS BOAS, P. R. Characterization of complex networks: A survey of measurements. *Advances in Physics*, v. 56, n. 1, p. 167-242, 2007.

COSTA, R. A.; OLIVEIRA, R.; SILVA, E.; MEIRA, S. A.M.I.G.O.S.: Uma plataforma para Gestão de Conhecimento através de Redes Sociais. In: *V Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos*, Vila Velha, Brazil: IEEE Computer Society, p. 192-203, 2008.

COSTA, R. A.; MEIRA, S. R. L; SILVA, E. M.; RIBEIRO, R. A. A Knowledge Management Process using Social Networks. In: *VI Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos*, Fortaleza, p. 154-160, 2009. Disponível em:

<<http://www.uniriotec.br/~renata.araujo/SBSC2009/data/3918a154.pdf>> . Acesso em: 22 jan 2010.

COULON, F. *The use of social network analysis in innovation research: a literature review*. DRUID Academy Winter 2005 PhD Conference, 2005. Disponível em:

<<http://www2.druid.dk/conferences/viewpaper.php?id=2530&cf=17>>. Acesso em: 08 mar 2007.

CRESWELL, J. W. *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Method Approaches*. Thousand Oaks, Sage Publications, 2ª ed., 2003.

CROSS, R.; PARKER, A.; BORGATTI, S. P. A bird's-eye view: using social network analysis to improve knowledge creation and sharing. *Knowledge Directions*, v.2, n.1, p.48-61, 2000.

DANDI, R.; SAMMARRA, A. Social Network Analysis: A New Perspective for the Post-Fordist Organization. In: *The 6th Conference on*

Applications of Social Network Analysis (ASNA 2009), August 27-28, University of Zurich / ETH Zurich, 2009.

DAVENPORT, T. H.; PRUSAK, L. *Conhecimento Empresarial: como as organizações gerenciam seu capital intelectual*. Rio de Janeiro: Campus, 12^a ed., 2003.

DECKER, S. *et al.* *Ontobroker: Ontology Based Access to Distributed and Semi-Structured Information*. DS-8: Kluwer Academic Publisher, p. 351-369, 1999.

DEGENNE, A.; FORSÉ, M. *Introducing Social Networks*. London: Sage, 1999.

DOMINGUE, J. Tadzebao and WebOnto: discussing, browsing and editing ontologies on the web. In: *Proceedings of the 11th Knowledge Acquisition for Knowledge-Based Systems Workshop*, Banff, Canada, 1998. Disponível em: <<http://kmi.open.ac.uk/publications/pdf/kmi-98-12.pdf>>. Acesso em: 13 fev. 2009.

DUARTE, R. M. S. F. M.; SILVA, A. M. R. Social Network Framework, *CAPSI' 2006 – 7^a Conferência da APSI*. Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal. 2007.

DUINEVELD, A. J. *et al.* WonderTools?: a comparative study of ontological engineering tools. *Int. J. Hum.-Comput. Stud*, v. 52, n. 6, p. 1111-1133, 2000.

EBEL, H.; MIELSCH, L. I.; BORNHOLDT, S. Scale-free topology of e-mail networks. *Physical Review E*, v. 66, n. 3, p. 035103-1-0351034, 2002.

EBENER, S. *Summary on main SNA Measures*. Training on Social Network Analysis. Manila, Philippines, 2008. Disponível em: <http://www.who.int/whosis/database/gis/SNA/SNA_training_PHL.htm>. Acesso em: 22 jul 2008.

EMIRBAYER, M.; GOODWIN, J. Network Analysis, Culture and the Problem of Agency. *The American Journal of Sociology*, v.99, n.6, p.1411-1454, 1994.

ERDÖS, P.; RÉNYI, A. On random graphs. *Publicationes Mathematicae*, v. 6, p. 290-297, 1959.

ERDŐS, P.; RÉNYI, A. On the evolution of random graphs. *Publ. Math. Inst. Hungar. Acad. Sci.*, v. 5, p. 17–61, 1960.

ERDŐS, P.; RÉNYI, A. On the strenght of connectedness of a random graph. *Acta Mathematica Scientia Hungary*, v. 12, p. 261–267, 1961.

ERÉTEÓ, G.; BUFFA, M.; GANDON, F.; GROHAN, P.; LEITZELMAN, M.; SANDER, P. A State of the Art on Social Network Analysis and its Applications on a Semantic Web. In: *SDoW 2008*, Workshop at ISWC, 2008.

ERÉTEÓ, G.; BUFFA, M.; GANDON, F.; CORBY, O. Analysis of a Real Online Social Network Using Semantic Web Frameworks. In: *8th International Semantic Web Conference (ISWC2009)*, LNCS 5823, P. 180-195, 2009.

ERICKSON, T.; KELLOGG, W. Knowledge Communities: Online Environments for Supporting Knowledge Management and its Social Context. *IBM Journal of Research and Development*, 2001. Disponível em: <<http://www.research.ibm.com/SocialComputing/Papers/KnowCommunities.htm>>. Acesso em: 27 fev 2008.

FALOUTSOS, M.; FALOUTSOS, P.; FALOUTSOS, C. On power-law relationships of the Internet topology. *Computer Communication Review*, v. 29, n. 4, p. 251–262, 1999.

FONTES, B. A. S.; EICHNER, K. A formação do capital social em uma comunidade de baixa renda. *Redes – Revista hispana para el análisis de redes sociales*, v. 7, n. 2, 2004.

FREEMAN, L. C. A set of measures of centrality based on betweenness. *Sociometry*, v. 40, p. 35–41, 1977.

FREEMAN, L. C. Centrality in Social Networks: Conceptual Clarification. *Social Networks*, v. 1, p. 215-239, 1978.

FREEMAN, L. C. *The development of social network analysis: a study in the sociology of science*. Vancouver: Empirical, 2004.

FREITAS, H. R. B. *Organizational Social Networking using SNARE*, MSc Thesis, Oct. 2008. Disponível em: <<http://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/230421/1/ThesisHRBF.pdf>>.

Acesso em: 21 Abril 2010.

FREITAS, M. C.; PEREIRA, H. B. B. Contribuição da análise de redes sociais para o estudo sobre os fluxos de informações e conhecimento. In: *Proceedings CINFORM - Encontro Nacional de Ciência da Informação VI*, Salvador-Bahia, 2005.

GAMPER J.; NEJDL, W.; WOLPERS, M. Combining Ontologies and Terminologies in Information Systems. In: *5th International Congress on Terminology and Knowledge Engineering*, Innsbruck, Austria, 1999.

GIMÉNEZ-LUGO, G. A. *Redes Sociais aplicadas a Sistemas Colaborativos*. ESAAC - Workshop – Escola de Sistemas de Agentes para Ambientes Colaborativos. Mini-Curso Escola de Informática, 2007.

GOLBREICH, C. *Combining Rule and Ontology Reasoners for the Semantic Web*. RuleML. Hiroshima, Japan: Springer-Verlag, p. 155-169, 2004.

GÓMEZ-PÉREZ, A.; FERNÁNDEZ, M.; VICENTE, A. J. Towards a Method to Conceptualize Domain Ontologies. In: *ECAI'96 - Workshop On Ontological Engineering*, Budapeste, 1996.

GÓMEZ-PÉREZ, A.; BENJAMINS, V. R. Overview of knowledge sharing and reuse components: Ontologies and problem-solving methods. In: *Proceedings of the IJCAI-99 Workshop on Ontologies and Problem-Solving Methods*. Stockholm, Sweden, 1999.

GÓMEZ-PÉREZ, A. *et al.* *A survey on ontology tools*. Universidad Politécnica de Madrid, 2002. Disponível em: <http://www.aifb.uni-karlsruhe.de/WBS/ysu/publications/OntoWeb_Del_1-3.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2009.

GRANOVETTER, M. The Strength of Weak Ties. In: *American Journal of Sociology*, v. 78, p. 1360-1380, 1973.

GRANOVETTER, M. Economic action and social structure: The problem of embeddedness. *American Journal of Sociology*, v. 91, v. 3, p. 481-510, 1985.

GRANOVETTER, M. *Getting a Job: A Study of Contacts and Careers*. Chicago University Press, 1995.

GRUBER, T. R. *Ontolingua: A Mechanism to Support Portable Ontologies*. Reference manual, Knowledge Systems Laboratory, 1992.

GRUBER, T. R. A translation approach to portable ontologies. *Knowledge Acquisition*, v. 5, p. 199-220, 1993.

GRUBER, T. R. Towards principles for the design of ontologies used for knowledge sharing. In: *Formal Ontology in Conceptual Analysis and Knowledge Representation*, Deventer, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1995.

GUARINO, N.; GIARETTA, P. Ontologies and KBs, towards a terminological clarification. In: MARS, N. (Ed.). *Towards a Very Large Knowledge Bases; Knowledge Building and Knowledge Sharing*. [S.l.]: IOS Press, p. 25-32, 1995.

GUARINO, N. Understanding, building, and using ontologies. *International Journal of Human and Computer Studies*, v. 46, p. 293-310, 1997.

GUARINO, N. Formal Ontology and Information Systems. *Formal Ontology in Information Systems*, Netherlands: IOS Press, p. 3-15, 1998.

GUHA, R. V. *et al.* Enabling Inferencing. *W3C Query Languages Workshop (QL'98)*. Cambridge 1998.

GUIMARÃES, F. J. Z.; MELO, E. S. *Diagnóstico utilizando análise de redes sociais*. Monografia (Especialização) - Programas de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

HAAY, H. M.; LUBI, T. L. A survey of concept-based information retrieval tools on the web. In: *Proceedings of 5th East-European Conference ADBIS*2001*. A. Caplinkas and J. Eder (Eds). Advances in Databases and Information Systems, Vilnius "Technika", v. 2. p.29-41, 2001.

HARARY, F. *Graph Theory*. Massachusetts: Addison-Wesley, 1972.

HIRSCHHEIM, R. Information Systems Epistemology: An Historical Perspective. In: *Information Systems Research: Issues, Methods and Practical Guidelines*. R. Galliers (ed.), Blackwell Scientific Publications, Oxford, p. 28-60, 1992.

HUISMAN, M.; VAN DUIJN, M. A. J. Software for social network analysis. In: *Models and methods in social network analysis*, P. J. Carrington, J. Scott, S. Wasserman (eds.). Cambridge: Cambridge University Press, 2004.

HUMPHREYS, B. L.; LINDBERG, D. A. B. The UMLS project: making the conceptual connection between users and the information they need. *Bulletin of the Medical Library Association*, v. 81, n. 2, 1993.

JARDIM, A. D.; PALAZZO, L. A. M. Aplicações da Web Semântica nas Redes Sociais. In: *4º CONAHPA – Congresso Nacional de Ambientes Hiperâmia para Aprendizagem*, Florianópolis, Novembro, 2009.

JASPER, R.; USCHOLD, M. A framework for understanding and classifying ontology applications. In: *Proceedings of the IJCAI-99 workshop on Ontologies and Problem-Solving Methods*. Stockholm, Sweden, 1999.

JENA. *A Semantic Web Framework for Java*, 2000. Disponível em: <<http://jena.sourceforge.net>>. Acesso em: 12 out 2009.

KNOKE, D.; KUKLINSKY, J. *Network Analysis*. Sage Publications, Series: Quantitative Applications in the Social Sciences, Newsbury, 1982.

LENAT, D. B. CYC: A Large-Scale Investment in Knowledge Infrastructure. *Communications of the ACM*, n. 38, 1995.

MANICA, H.; GUBIANI, J. S.; PACHECO, R. C. S.; SANTOS, N.; FIALHO, F. A. P. Tecnologias de Informação e Comunicação na Sociedade do Conhecimento: A necessidade de um novo profissional - o Engenheiro de Conhecimento. *Revista do CCEI*, v. 12, p. 31-41, 2008.

MARIETTO, M. B. *et al. Requiriments analysis of multi-agent-based simulation platforms*. Technical report. São Paulo University, 2002.

MARTELETO, R. M. Análise de redes sociais – aplicações nos estudos de transferência da informação. *Ciência da Informação*, Brasília, v.30, n.1, p.71-81, 2001.

MARTINS, P. V.; SILVA, A. R. Comparação de metamodelos de processos de desenvolvimento de software. In: *5ª Conferência para a*

Qualidade nas Tecnologias da Informação e Comunicações. Instituto Português de Qualidade, *QUATIC'2004 Proceedings*, p. 179-186, 2004. Disponível em: <<http://isg.inesc-id.pt/alb/static/papers/2004/n13-pv-quatic2004.pdf>>. Acesso em: Set., 2010.

MATHEUS, R. F.; SILVA, A. B. O. Análise de redes sociais como método para a Ciência da Informação. *DataGramZero*, Rio de Janeiro, v.7, n.2, 2006. Disponível em: <http://www.dgz.org.br/abr06/Art_03.htm>. Acesso em: 05 out. 2008.

MIKA, P. Social Networks and the Semantic Web: An Experiment in Online Social Network Analysis. In: *Proceedings of the IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence*, p. 285–291, Beijing, China, 2004.

MIKA, P. *Social Networks and the Semantic Web* (Semantic Web and Beyond: Computing for Human Experience), Publisher: Springer-Verlag, New York, Inc., 2007

MILGRAM, S. The Small World problem. *Psychology Today*, v. 1, n. 1, p. 60–67, 1967.

MIZOGUCHI, R.; VANWELKENHUYSEN, J., IKEDA, M. Task ontology for reuse of problem solving knowledge. In: *Proceedings of ECAI'94 Towards very large knowledge bases*. Amsterdam, N. Mars (Ed.), IOS Press, p. 46-59, 1995.

MOLINA, J. L. La ciencia de las redes. *Apuntes de Ciencia y Tecnología*, n. 11, p. 36-42, 2004.

MOLINA, J. L.; AGUILAR, C. Redes sociales y antropología: un estudio de caso (redes personales y discursos étnicos entre jóvenes en Sarajevo). In: LARREA, C.; ESTRADA, F. *Antropología en un mundo en transformación*. Barcelona: Editorial Icaria, 2004.

MUSEN, M. A. *et al.* PROTEGE-II: Computer support for development of intelligent systems from libraries of components. In: *MEDINFO'95 - World Congress on Medical Informatics*, 1995.

MYERS, M. D. Qualitative Research in Information Systems. *MIS Quarterly*, (21:2), p. 241-242, *MISQ Discovery, archival version*, June, 1997. *MISQ Discovery, updated version*, last modified: May 13, 2010. Disponível em: <<http://www.qual.auckland.ac.nz>>. Acesso em: 04 jun

2010.

NECHES, R. *et al.* Enabling technology for knowledge sharing. *Artificial Intelligence Magazine*, v. 12, n. 3, p. 36-56, 1991.

NEWMAN, M. E. J. *Small Worlds: The Structure of Social Networks*. Santa Fe Institute. Working Paper n. 99-012-080, 1999.

NEWMAN, M. E. J.; STROGATZ, S.; WATTS, D. Random graph with arbitrary degree distributions and their applications. *Physics Review E*, Ridge, v.64, p.26-118, 2001.

NEWMAN, M. E. J. Mixing patterns in networks. *Physical Review E*, v. 67, n. 2, p. 026126-1-026126-13, 2003a.

NEWMAN, M. E. J. The Structure and Function of the Complex Network. *SIAM Review*, v. 45, n. 2, p. 167-256, 2003b.

NEWMAN, M. E. J. Power laws, Pareto distributions and Zipf's law. *Contemporary Physics*, v. 46, n. 5, p. 323-351, 2005.

NONAKA, I.; TAKEUCHI, H. *Criação de conhecimento na empresa: como as empresas japonesas geram a dinâmica da inovação*. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1997.

NOY, N. F.; MCGUINNESS, D. L. *Ontology development 101: A guide to creating your first ontology*. Stanford Knowledge Systems Laboratory, Technical Report KSL-01-05, 2001.

OCDE-Organization for Economic Co-operation and Development. *Innovation and knowledge-intensive service activities*. 2006. Internal working document.

OELLINGER, T.; WENNERBERG, P. O. Ontology based modeling and visualization of social networks for the web. In: *Workshop Formation of Social Networks in Social Software Applications*. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik (Informatik'2006), Dresden, Germany, 2006.

OMG Object Management Group. *Software & Systems Process Engineering Meta-Model Specification (SPEM)*. (Relatório Técnico - OMG document number formal/2008-04-01), 2008. Disponível em: <<http://www.omg.org/spec/SPEM/2.0/>>. Acesso em: Julho 2010.

ORLIKOWSKI, W.; BAROUDI, J. J. Studying Information Technology. In: *Organizations: Research Approaches and Assumptions. Information Systems Research*, v. 2, n. 1, p. 1-28, 1991.

PACHECO, R. C. S.; SANTOS, N.; FIALHO, F. A. P. *Parte II: Engenharia do Conhecimento*. Notas de Aula. Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento, UFSC, 2006.

PACHECO, R. C. S. Engenharia, Gestão e Mídia do Conhecimento: o que são e como têm sido tratadas no EGC/UFSC. In: *2º Workshop Modelagem Computacional da Difusão do Conhecimento*, Petrópolis, 2008.

PACHECO, R. C. S. *et al.* Aplicação de Mapas de Conceitos para Análise da Pesquisa Brasileira nas Engenharias. In: *COBENGE - Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia*, São Paulo. Educação, Mercado e Desenvolvimento: Mais e Melhores Engenheiros, 2008.

PARETO, V. *The Mind and Society: Trattato Di Sociologia Generale*. Harcourt, Brace and Co, 1942.

PARREIRAS, F. S. *et al.* REDECI: colaboração e produção científica em ciência da informação no Brasil. *Perspectivas em Ciência da Informação*, Belo Horizonte, v.11, n.3, p.302-317, 2006.

PEARL, J. *Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems: Networks of Plausible Inference*: Morgan Kaufmann. 1988

PEREIRA, H. B. B.; FREITAS, M. C.; SAMPAIO, R. R. Fluxos de informações e conhecimentos para inovações no arranjo produtivo local de confecções em Salvador/BA. *DataGramZero*, v. 8, n. 4, 2007.

PRICE, D. J. de S. Networks of scientific papers. *Science*, v. 149, n. 3683, p. 510–515, 1965.

PRICE, D. J. de S. A general theory of bibliometric and other cumulative advantage processes. *Journal of the American Society for Information Science*, v. 27, n. 5–6, p. 292–306, 1976.

PROTÉGÉ. *Ontology editor and knowledge-base framework*, 2000. Disponível em: <<http://protege.stanford.edu/>>. Acesso em: ago. 2009.

- RAUTENBERG, S.; TODESCO, J. L.; GAUTHIER, F. A. O. Processo de desenvolvimento de ontologias: uma proposta e uma ferramenta. *Revista Tecnologia*, Fortaleza, v.30, n.1, p. 133-144, 2009.
- RAUTENBERG, S.; FILHO, A. C. G.; TODESCO, J. L.; GAUTHIER, F. A. O. Ferramenta ontoKEM: uma contribuição à Ciência da Informação para o desenvolvimento de ontologias. *Perspectivas em Ciência da Informação*., v. 15, n. 1, p. 239-258, jan/abr, 2010.
- REDNER, S. How popular is your paper? An empirical study of the citation distribution. *The European Physical Journal B*, v. 4, n. 2, p. 131–134, 1998.
- RODRIGUES, F. A. *Caracterização, classificação e análise de redes complexas*. Tese de Doutorado em Física - Instituto de Física de São Carlos, São Carlos, 2007.
- SCHARNHORST, A. Complex Networks and the Web: Insights from Nonlinear Physics. *Journal of Computer Mediated Communication*. v. 8, n. 4. 2003.
- SCHWANDT, T. A. Constructivist, Interpretivist Approaches to Human Inquiry. In: DENZIN, N. K. *Handbook of qualitative research*. Thousand Oaks: Sage, 1994.
- SCOTT, J. *Social Network Analysis: A Handbook*. 2. ed. London: Sage Publications, 2000.
- SCHREIBER, G.; AKKERMANS, H.; ANJEWIERDEN, A.; HOOG, R.; SHADBOLT, N.; VAN DE VELDE, W.; WIELINGA, B. *Knowledge Engineering and Management: The CommonKADS Methodology*. Cambridge: MIT Press, 2000.
- SHUM, S. B.; MOTTA, E.; DOMINGUE, J. ScholOnto: An Ontology-Based Digital Library Server for Research Documents and Discourse. *International Journal on Digital Libraries*, Springer-Verlag, v. 3, n. 3, 2000.
- SILVA, A. B. O.; Matheus, R. F.; PARREIRAS, F. S.; PARREIRAS, T. A. S. Análise de redes sociais como metodologia de apoio para discussão da interdisciplinaridade na ciência da informação. *Ciência da Informação*, Brasília, v.35, n.1, p.72-93, 2006 (a).

SILVA, A. B. O.; Matheus, R. F.; PARREIRAS, F. S.; PARREIRAS, T. A. S. Estudo da rede de co-autoria e da interdisciplinaridade na produção científica com base nos métodos de análise de redes sociais: avaliação do caso do programa de pós-graduação em ciência da informação – PPGCI/UFMG. *Encontros Bibli: Revista Eletrônica de Biblioteconomia e Ciência da Informação*. v. esp., p.179-194, 2006 (b).

SIMMEL, G. *The web of group affiliations*. New York: Free Press, 1964.

SIMON, H. A. On a class of skew distribution functions. *Biometrika*, v.42, n. 3-4, p. 425-440, 1955.

SMITH, B. *Ontology and Informations Systems*. 2004. Disponível em: <<http://www.ontology.buffalo.edu/ontology>>. Acesso em: 15 Julho 2010.

SOWA, J. F. Top-level ontological categories. *International Journal of Human-Computer Studies*, v. 43, 1995.

STAAB, S.; STUDER, R.; SCHNURR, H. P.; SURE, Y. Knowledge processes and ontologies. *IEEE Intelligent Systems (Knowledge Management)*, v. 16, n. 1, p. 26-34, 2001.

STAAB, S. Knowledge Representation with Ontologies: The Present and Future. *IEEE Intelligent Systems*, v.10, n.1, p.72-81. 2004.

STAAB, S.; DOMINGOS, P.; MIKA, P.; GOLBECK, J.; DING, L.; FININ, T.; JOSHI, A.; NOWAK, A.; VALLACHER, R. R. Social Networks Applied. *IEEE Intelligent Systems*, v. 20, p 80-93, 2005.

STUDER, R.; BENJAMINS, R.; FENSEL, D. Knowledge Engineering: Principles and Methods. *Data and Knowledge Engineering*, v. 25, n. 1-2, p.161-197, 1998.

STRAUB, D.; GEFEN, D.; BOUDREAU, M. C. *The ISWorld Quantitative, Positivist Research Methods Website*. Disponível em: <<http://dstraub.cis.gsu.edu:88/quant>>, Acesso em: 4 Jun. 2010.

SURE, Y.; R. STUDER. *On-To-Knowledge Methodology*. Institute AIFB, University of Karlsruhe. 2002. (EU-IST Project IST-1999-10132 - OTK/2002/D18/v1.0)

SVEIBY, K. E. *A Nova Riqueza das Organizações*. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

TOMAÉL, M. I.; ALCARÁ, A. R.; DI CHIARA, I. G. Das redes sociais à inovação. *Ciência da informação*, Brasília, v.34, n.2, p.93-104, 2005.

TOMAÉL, M. I.; MARTELETO, R. M. Redes Sociais: posições dos atores no fluxo da informação. *Encontros Bibli: Revista Eletrônica de Biblioteconomia e Ciência da Informação*. v. esp., p.75-91, 2006.

TOMAÉL, M. I.; SILVA, M. E.; CERVANTES, B. M. N. *Redes de Conhecimento e Informação: interações pessoais, terminológicas, conceituais e eletrônicas*. 2007. E-book disponível em: <<http://www.i-site.uel.br/gruporedes/redesconhecimento.pdf>>. Acesso em: 07 nov. 2008.

TRAUTH, E. M. *Qualitative reserarch in IS: issues and trends*. Idea Group Publishing, 2001.

UGARTE, D. *El poder de las redes - Manual ilustrado para personas, colectivos y empresas abocados al ciberactivismo*. Barcelona, 1ª ed., 2007. Disponível em: <<http://www.deugarte.com/manual-ilustrado-para-ciberactivistas>>. Acesso em: 03 julho 2009.

USCHOLD, M.; GRUNINGER, M. Ontologies: principles, methods and applications. *The Knowledge Engineering Review*, v. 11, n.2, p. 93-136, 1996.

VAREJÃO, F. M. *DORPA: Uma ontologia de Design que integra requisitos, artefatos e processos*. Tese (Doutorado em Informática) – Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 1999.

WACHE, H. *et al.* Ontology-based integration of information – a survey of existing approaches. In: *IJCAI, Workshop on Ontologies and Information Sharing*, 2001.

WASSERMAN, S.; FAUST, K. *Social Network Analysis, Methods and Applications*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1994.

WATTS, D.; STROGATZ, S. Collective dynamics of ‘small-world’ networks. *Nature*, London, n.393, p.440-442, 1998.

WATTS, D. J. *Small Worlds: The dynamics of Networks between Order*

and Randomness. New Jersey: Princeton University Press, 1999.

WATTS, D. J. *Six Degrees: The Science of a Connected Age*. New York: W. W. Norton & Company, 2003.

WENNERBERG, P. O. *Ontology Based Knowledge Discovery in Social Networks*, JRC Joint Research Center, European Commission, Institute for the Protection and Security of the Citizen (IPSC). Final Report, 2005.

ZWEIGENBAUM, P. *et al.* Issues in the structuring and acquisition of an ontology for medical language understanding. *Methods Information in Medicine*, v. 34, n. 1-2, p. 15-24, 1995.

TEMPLATE DA ONTOLOGIA DE DOMÍNIO

```

<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:protege="http://protege.stanford.edu/plugins/owl/protege#"
  xmlns:xsp="http://www.owl-ontologies.com/2005/08/07/xsp.owl#"
  xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
  xmlns:swrl="http://www.w3.org/2003/11/swrl#"
  xmlns:swrlb="http://www.w3.org/2003/11/swrlb#"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xmlns="http://www.owl-ontologies.com/Ontology1286304649.owl#"
  xml:base="http://www.owl-ontologies.com/Ontology1286304649.owl">
  <owl:Ontology rdf:about=""/>
  <owl:Class rdf:ID="Relacionamento">
    <rdfs:subClassOf>
      <owl:Class rdf:ID="Rede_Social"/>
    </rdfs:subClassOf>
    <rdfs:label
      rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Relacioname
      nto</rdfs:label>
    </owl:Class>
    <owl:Class rdf:about="#Rede_Social">
      <rdfs:label
        rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Rede
        Social</rdfs:label>
      </owl:Class>
      <owl:Class rdf:ID="Entidade_Social">
        <rdfs:label
          rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Entidade
          Social</rdfs:label>
        <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Rede_Social"/>
      </owl:Class>
      <owl:FunctionalProperty rdf:ID="Nome">

```

```

<rdfs:comment
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Nome.</rdfs:
comment>
  <rdfs:label
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Nome</rdfs:l
abel>
    <rdfs:range
rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
      <rdf:type
rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty"/>
        <rdfs:domain>
          <owl:Class>
            <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
              <rdf:Description
rdf:about="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
                <owl:Class rdf:about="#Rede_Social"/>
              </owl:unionOf>
            </owl:Class>
          </rdfs:domain>
        </owl:FunctionalProperty>
        <owl:FunctionalProperty rdf:ID="Peso">
          <rdf:type
rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty"/>
            <rdfs:comment
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Valor para a
intensidade da relação.</rdfs:comment>
              <rdfs:label
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Peso</rdfs:la
bel>
                <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int"/>
              </rdfs:domain>
                <owl:Class>
                  <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
                    <rdf:Description
rdf:about="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
                      <owl:Class rdf:about="#Relacionamento"/>
                    </owl:unionOf>
                  </owl:Class>
                </rdfs:domain>
              </owl:FunctionalProperty>
            <owl:FunctionalProperty rdf:ID="ID">

```

```

<rdfs:comment
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Identificação.
</rdfs:comment>
  <rdfs:label
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">ID</rdfs:label>
  <rdf:type
rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty"/>
  <rdfs:domain>
  <owl:Class>
  <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
  <rdf:Description
rdf:about="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
  <owl:Class rdf:about="#Rede_Social"/>
  </owl:unionOf>
  </owl:Class>
  </rdfs:domain>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int"/>
  </owl:FunctionalProperty>
  <owl:FunctionalProperty rdf:ID="Tipo">
  <rdfs:range
rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
  <rdfs:comment
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
  >Tipo da entidade social (vértice).</rdfs:comment>
  <rdf:type
rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty"/>
  <rdfs:domain>
  <owl:Class>
  <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
  <rdf:Description
rdf:about="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
  <owl:Class rdf:about="#Entidade_Social"/>
  </owl:unionOf>
  </owl:Class>
  </rdfs:domain>
  <rdfs:label
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Tipo</rdfs:label>
  </owl:FunctionalProperty>
  <owl:FunctionalProperty rdf:ID="ID-Origem">

```

```

<rdfs:comment
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
>Identificação do vértice de origem.</rdfs:comment>
<rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int"/>
<rdf:type
rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty"/>
<rdfs:domain>
<owl:Class>
<owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
<rdf:Description
rdf:about="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
<owl:Class rdf:about="#Relacionamento"/>
</owl:unionOf>
</owl:Class>
</rdfs:domain>
<rdfs:label
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">ID-
Origem</rdfs:label>
<owl:FunctionalProperty>
<owl:FunctionalProperty rdf:ID="Descrição">
<rdfs:range
rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
<rdf:type
rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty"/>
<rdfs:label
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Descrição</r
dfs:label>
<rdfs:domain>
<owl:Class>
<owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
<rdf:Description
rdf:about="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
<owl:Class rdf:about="#Rede_Social"/>
</owl:unionOf>
</owl:Class>
</rdfs:domain>
</owl:FunctionalProperty>
<owl:FunctionalProperty rdf:ID="Valor">
<rdf:type
rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty"/>
<rdfs:domain>
<owl:Class>

```

```

    <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
      <rdf:Description
rdf:about="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
        <owl:Class rdf:about="#Relacionamento"/>
          </owl:unionOf>
        </owl:Class>
      </rdfs:domain>
    </rdfs:comment>
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Valor do
relacionamento (se houver).</rdfs:comment>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int"/>
  <rdfs:label
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Valor</rdfs:l
abel>
  </owl:FunctionalProperty>
  <owl:FunctionalProperty rdf:ID="ID-Destino">
    <rdf:type
rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty"/>
    <rdfs:comment
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Identificação
do vértice de destino.</rdfs:comment>
    <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int"/>
    <rdfs:label
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">ID-
Destino</rdfs:label>
    <rdfs:domain>
      <owl:Class>
        <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
          <rdf:Description
rdf:about="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
            <owl:Class rdf:about="#Relacionamento"/>
          </owl:unionOf>
        </owl:Class>
      </rdfs:domain>
    </owl:FunctionalProperty>
    <owl:FunctionalProperty rdf:ID="Dirigido">
      <rdf:type
rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty"/>
      <rdfs:range
rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean"/>

```



```

<rdfs:label
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Dirigido</rdfs:label>
<rdfs:domain>
  <owl:Class>
    <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
      <rdf:Description
rdf:about="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
        <owl:Class rdf:about="#Relacionamento"/>
      </owl:unionOf>
    </owl:Class>
  </rdfs:domain>
  <rdfs:comment
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Se o vértice é
dirigido ou não-dirigido.</rdfs:comment>
  </owl:FunctionalProperty>
</rdf:RDF>
<!-- Created with Protege (with OWL Plugin 3.4.4, Build 579)
http://protege.stanford.edu -->

```

TEMPLATE DA ONTOLOGIA DE TAREFA

```

<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF
  xmlns="http://www.owl-ontologies.com/Ontology1287059955.owl#"
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:protege="http://protege.stanford.edu/plugins/owl/protege#"
  xmlns:xsp="http://www.owl-ontologies.com/2005/08/07/xsp.owl#"
  xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
  xmlns:swrl="http://www.w3.org/2003/11/swrl#"
  xmlns:swrlb="http://www.w3.org/2003/11/swrlb#"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xml:base="http://www.owl-ontologies.com/Ontology1287059955.owl">
  <owl:Ontology rdf:about=""/>
  <owl:Class rdf:ID="Medida_ARS">
    <rdfs:label
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Medida
ARS</rdfs:label>
    </owl:Class>
    <owl:FunctionalProperty rdf:ID="Descrição">
      <rdfs:comment
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Descrição da
medida.</rdfs:comment>
      <rdf:type
rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty"/>
      <rdfs:range
rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
      <rdfs:label
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Descrição</r
dfs:label>
    </owl:FunctionalProperty>
    <owl:FunctionalProperty rdf:ID="ID-Vértice">
      <rdfs:label
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">ID-
Vértice</rdfs:label>

```

```

<rdfs:domain>
  <owl:Class>
    <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
      <rdf:Description
rdf:about="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
        <owl:Class rdf:about="#Medida_ARS"/>
      </owl:unionOf>
    </owl:Class>
  </rdfs:domain>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int"/>
  <rdfs:comment
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Identificação
do vértice de destino.</rdfs:comment>
  <rdf:type
rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty"/>
  <owl:FunctionalProperty>
  <owl:FunctionalProperty rdf:ID="Valor">
    <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int"/>
  <rdf:type
rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty"/>
  <rdfs:label
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Valor</rdfs:l
abel>
  <rdfs:domain>
    <owl:Class>
      <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
        <rdf:Description
rdf:about="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
          <owl:Class rdf:about="#Medida_ARS"/>
        </owl:unionOf>
      </owl:Class>
    </rdfs:domain>
    <rdfs:comment
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Valor da
medida para o vértice analisado.</rdfs:comment>
  </owl:FunctionalProperty>
  <owl:FunctionalProperty rdf:ID="Nome-Vértice">
    <rdfs:domain>
      <owl:Class>
        <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
          <rdf:Description
rdf:about="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>

```

```

    <owl:Class rdf:about="#Medida_ARS"/>
  </owl:unionOf>
</owl:Class>
</rdfs:domain>
<rdfs:range
rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
  <rdf:type
rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty"/>
  <rdfs:comment
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Nome do
vértice analisado.</rdfs:comment>
  <rdfs:label
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Nome-
Vértice</rdfs:label>
  </owl:FunctionalProperty>
  <owl:FunctionalProperty rdf:ID="Conceito">
  <rdf:type
rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty"/>
  <rdfs:comment
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Significado
da medida.</rdfs:comment>
  <rdfs:range
rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
  <rdfs:label
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Conceito</rd
fs:label>
  </owl:FunctionalProperty>
  <owl:FunctionalProperty rdf:ID="ID">
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int"/>
  <rdfs:domain>
  <owl:Class>
  <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
  <rdf:Description
rdf:about="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
  <owl:Class rdf:about="#Medida_ARS"/>
  </owl:unionOf>
  </owl:Class>
  </rdfs:domain>
  <rdf:type
rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty"/>

```

```

<rdfs:label
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">ID</rdfs:label>
  <rdfs:comment
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Identificação
da medida.</rdfs:comment>
</owl:FunctionalProperty>
<owl:FunctionalProperty rdf:ID="Nome">
  <rdfs:comment
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Nome da
medida.</rdfs:comment>
  <rdf:type
rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty"/>
  <rdfs:range
rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
  <rdfs:label
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Nome</rdfs:label>
  <rdfs:domain>
    <owl:Class>
      <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
        <rdf:Description
rdf:about="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
          <owl:Class rdf:about="#Medida_ARS"/>
        </owl:unionOf>
      </owl:Class>
    </rdfs:domain>
  </owl:FunctionalProperty></rdf:RDF>

```

TEMPLATE DA ONTOLOGIA DE APLICAÇÃO

```

<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:protege="http://protege.stanford.edu/plugins/owl/protege#"
  xmlns:xsp="http://www.owl-ontologies.com/2005/08/07/xsp.owl#"
  xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
  xmlns:swrl="http://www.w3.org/2003/11/swrl#"
  xmlns:swrlb="http://www.w3.org/2003/11/swrlb#"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xmlns="http://www.owl-ontologies.com/Ontology1287060049.owl#"
  xml:base="http://www.owl-ontologies.com/Ontology1287060049.owl">
  <owl:Ontology rdf:about=""/>
  <owl:Class rdf:ID="Medida_ARS">
    <rdfs:label rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
  >Medida ARS</rdfs:label>
  </owl:Class>
  <owl:FunctionalProperty rdf:ID="Conceito">
    <rdf:type
  rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty"/>
    <rdfs:comment
  rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Significado
  da medida.</rdfs:comment>
    <rdfs:domain>
    <owl:Class>
      <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
        <rdf:Description
  rdf:about="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
          <owl:Class rdf:about="#Medida_ARS"/>
        </owl:unionOf>
      </owl:Class>
    </rdfs:domain>
    <rdfs:range
  rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>

```

```

<rdfs:label
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Conceito</rd
fs:label>
</owl:FunctionalProperty>
<owl:FunctionalProperty rdf:ID="Valor">
<rdfs:comment
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Valor da
medida para o vértice analisado.</rdfs:comment>
<rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int"/>
<rdfs:label
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Valor</rdfs:l
abel>
<rdf:type
rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty"/>
<rdfs:domain>
<owl:Class>
<owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
<rdf:Description
rdf:about="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
<owl:Class rdf:about="#Medida_ARS"/>
</owl:unionOf>
</owl:Class>
</rdfs:domain>
</owl:FunctionalProperty>
<owl:FunctionalProperty rdf:ID="ID">
<rdf:type
rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty"/>
<rdfs:comment
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Identificação
da medida.</rdfs:comment>
<rdfs:domain>
<owl:Class>
<owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
<rdf:Description
rdf:about="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
<owl:Class rdf:about="#Medida_ARS"/>
</owl:unionOf>
</owl:Class>
</rdfs:domain>
<rdfs:label
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">ID</rdfs:labe
l>

```

```

<rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int"/>
</owl:FunctionalProperty>
<owl:FunctionalProperty rdf:ID="Nome">
  <rdfs:range
rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
  <rdf:type
rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty"/>
  <rdfs:comment
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Nome da
medida.</rdfs:comment>
  <rdfs:domain>
  <owl:Class>
  <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
  <rdf:Description
rdf:about="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
  <owl:Class rdf:about="#Medida_ARS"/>
  </owl:unionOf>
  </owl:Class>
</rdfs:domain>
  <rdfs:label
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Nome</rdfs:l
abel>
  </owl:FunctionalProperty>
  <owl:FunctionalProperty rdf:ID="Nome-Vértice">
  <rdf:type
rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty"/>
  <rdfs:domain>
  <owl:Class>
  <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
  <rdf:Description
rdf:about="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
  <owl:Class rdf:about="#Medida_ARS"/>
  </owl:unionOf>
  </owl:Class>
</rdfs:domain>
  <rdfs:range
rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
  <rdfs:label
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Nome-
Vértice</rdfs:label>

```



```

<rdfs:comment
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Nome do
vértice analisado.</rdfs:comment>
</owl:FunctionalProperty>
<owl:FunctionalProperty rdf:ID="ID-Vértice">
  <rdfs:label
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">ID-
Vértice</rdfs:label>
  <rdf:type
rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty"/>
  <rdfs:domain>
  <owl:Class>
  <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
  <rdf:Description
rdf:about="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
  <owl:Class rdf:about="#Medida_ARS"/>
  </owl:unionOf>
  </owl:Class>
</rdfs:domain>
  <rdfs:comment
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Identificação
do vértice de destino.</rdfs:comment>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int"/>
</owl:FunctionalProperty>
<owl:FunctionalProperty rdf:ID="Intensidade">
  <rdfs:comment
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Apresenta os
atores extremos (mais e menos) da medida.</rdfs:comment>
  <rdfs:domain>
  <owl:Class>
  <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
  <rdf:Description
rdf:about="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
  <owl:Class rdf:about="#Medida_ARS"/>
  </owl:unionOf>
  </owl:Class>
</rdfs:domain>
  <rdfs:label
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Intensidade</
rdfs:label>
  <rdfs:range
rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>

```

```

<rdf:type
rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty"/>
  <owl:FunctionalProperty>
  <owl:FunctionalProperty rdf:ID="Descrição">
    <rdf:type
rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty"/>
      <rdfs:label
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Descrição</r
dfs:label>
      <rdfs:range
rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
      <rdfs:comment
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Descrição da
medida.</rdfs:comment>
      <rdfs:domain>
      <owl:Class>
      <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
      <rdf:Description
rdf:about="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
      <owl:Class rdf:about="#Medida_ARS"/>
      </owl:unionOf>
      </owl:Class>
      </rdfs:domain>
      </owl:FunctionalProperty>
</rdf:RDF>

```

CÓDIGO FONTE DO ONTOARS

Programa Principal

```

from src.le_ontologias import Dados
from src.rede_social import Rede_Social
from src.gera_rede import Gera_Rede
from src.aplicacao import Aplicacao
from src.apresenta import Janela

# META - Ontologias
#####

TITULO = "OntoARS"
NOME = "Ontologias"
DESCRICAO = "Descreve ontologias de dominio e tarefa"
DOMINIO = "entradas/dominio.xml"
TAREFA = "entradas/tarefa.xml"
APLICACAO = "entradas/aplicacao.xml"
TEXTO_ENTRADA = u"<<nome-vertice>> é o(a) <<descricao-vertice>>
que \
<<intensidade>> <<conceito-medida>> da rede de <<rede>>."
NOME_IMAGEM = "%s (Rede Social).png" % TITULO
NOME_TEXTO = "%s (Afirmações).txt" % TITULO

#####
#####

dados = Dados(DOMINIO, TAREFA, APLICACAO)
social = Rede_Social(TITULO, NOME, DESCRICAO,
TEXTO_ENTRADA, NOME_IMAGEM,
                NOME_TEXTO)
rede = Gera_Rede()
app = Aplicacao()
janela = Janela()

dados.set_rede(social)

```

```

rede.set_rede(social)
app.set_rede(social)
janela.set_rede(social)

# Inicia armazenamento de dados
dados.start()

# Gera a representação gráfica da rede social
rede.desenha()

# Gera aplicação final
app.gera_textos()

# Visualização final de tudo
janela.show()

```

Classe responsável pela leitura das ontologias

```

from xml.dom.minidom import parse as parse_xml

class Dados:

    def __init__(self, dominio, tarefa, aplicacao):
        self.dominio = dominio
        self.tarefa = tarefa
        self.aplicacao = aplicacao

    def set_rede(self, obj_rede):
        self.rede = obj_rede

    def get_obj_xml(self, file):
        try:
            return parse_xml(file)
        except:
            print "O arquivo %s não existe!" % file

    def tag(self, obj, name):
        if len(obj.getElementsByTagName(name)) > 1:
            return obj.getElementsByTagName(name)
        else:
            return obj.getElementsByTagName(name)[0]

    def value(self, obj, tag):

```

```

return self.tag(obj, tag).firstChild.data

def le_vertices(self, obj):
    vertices = self.tag(self.tag(self.tag(obj, 'redesocial'), 'vertices'),
'vertece')
    for vertice in vertices:
        id = vertice.getAttribute('ID')
        nome = self.value(vertice, 'nome')
        descricao = self.value(vertice, 'descricao')
        self.rede.nova_entidade(id, nome, descricao)

def le_arestas(self, obj):
    arestas = self.tag(self.tag(self.tag(obj, 'redesocial'), 'arestas'), 'aresta')
    for aresta in arestas:
        id = aresta.getAttribute('ID')
        nome = self.value(aresta, 'nome')
        descricao = self.value(aresta, 'descricao')
        # Relaciona com o ids de origem e destino
        obj_origem = [i for i in self.rede.entidades if i.id ==
self.value(aresta, 'ID-origem')][0]
        obj_destino = [i for i in self.rede.entidades if i.id ==
self.value(aresta, 'ID-destino')][0]
        valor = self.value(aresta, 'valor')
        peso = self.value(aresta, 'peso')
        dirigida = self.value(aresta, 'dirigida')
        self.rede.novo_relacionamento(id, nome, descricao, obj_origem,
                                obj_destino, valor, peso, dirigida)

def le_medidas(self, obj):
    tipos_medidas = self.tag(self.tag(obj, 'MedidaARS'), 'medidas')
    for tipo_medida in tipos_medidas:
        nome_medida = tipo_medida.getAttribute('nome')
        descricao = tipo_medida.getAttribute('descricao')
        conceito = tipo_medida.getAttribute('conceito')
        medidas = self.tag(tipo_medida, 'medida')
        for medida in medidas:
            id = medida.getAttribute('ID')
            # Relaciona com o id do vértice
            obj_vertice = [i for i in self.rede.entidades if i.id ==
self.value(medida, 'ID-vertice')][0]
            valor = self.value(medida, 'valor')

```

```

        self.rede.nova_medida_ARS(id, obj_vertice, nome_medida,
descricao,
                                conceito, valor)

def le_aplicacoes(self, obj):
    xml = self.tag(obj, 'descricao-textual')
    nome_rede = xml.getAttribute('rede')
    tipos_medidas = self.tag(xml, 'medidas')
    for tipo_medida in tipos_medidas:
        nome_medida = tipo_medida.getAttribute('nome')
        medidas = self.tag(tipo_medida, 'medida')
        for medida in medidas:
            id = medida.getAttribute('ID')
            intensidade = medida.getAttribute('intensidade')
            # Relaciona com o id do vértice
            obj_vertice = [i for i in self.rede.entidades if i.id ==
self.value(medida, 'ID-vertice')][0]
            conceito_medida = self.value(medida, 'conceito-medida')
            self.rede.nova_aplicacao(id, nome_rede, nome_medida,
intensidade, obj_vertice, conceito_medida)

def start(self):

    # Lendo os arquivos de entrada
    dominio = self.get_obj_xml(self.dominio)
    tarefa = self.get_obj_xml(self.tarefa)
    aplicacao = self.get_obj_xml(self.aplicacao)

    # Inicia a leitura dos dados
    self.le_vertices(dominio)
    self.le_arestas(dominio)
    self.le_medidas(tarefa)
    self.le_aplicacoes(aplicacao)

```

Classe Rede Social

```

class Rede_Social:

    def __init__(self, titulo, nome, descricao, descricao_textual,
nome_imagem,
                nome_texto):
        self.titulo = titulo
        self.nome = nome

```

```
self.descricao = descricao
self.descricao_textual = descricao_textual

self.nome_imagem = nome_imagem
self.nome_texto = nome_texto

# Guarda objetos de cada relação
self.entidades = []
self.relacionamentos = []
self.medidas_ARS = []
self.aplicacoes = []

def nova_entidade(self, *args):
    self.entidades.append(Entidade_Social(*args))

def novo_relacionamento(self, *args):
    self.relacionamentos.append(Relacionamento(*args))

def nova_medida_ARS(self, *args):
    self.medidas_ARS.append(Medida_ARS(*args))

def nova_aplicacao(self, *args):
    self.aplicacoes.append(Aplicacao(*args))

class Medida_ARS(Rede_Social):

    def __init__(self, id, obj_vertice, nome_medida, descricao, conceito,
                 valor):
        self.id = id
        self.obj_vertice = obj_vertice
        self.nome_medida = nome_medida
        self.descricao = descricao
        self.conceito = conceito
        self.valor = valor

class Entidade_Social:

    def __init__(self, id, nome, descricao):
        self.id = id
        self.nome = nome.encode('utf-8')
        self.descricao = descricao
```

```
class Relacionamento:
```

```
    def __init__(self, id, nome, descricao, obj_origem, obj_destino, valor=1,
                 peso=1, dirigida=False):
        self.id = id
        self.nome = nome
        self.descricao = descricao
        self.obj_origem = obj_origem
        self.obj_destino = obj_destino
        self.valor = valor
        self.peso = peso
        self.dirigida = dirigida
```

```
class Aplicacao:
```

```
    def __init__(self, id, nome_rede, nome_medida, intensidade, obj_vertice,
                 conceito_medida):
        self.id = id
        self.nome_rede = nome_rede
        self.nome_medida = nome_medida.encode('utf-8')
        self.intensidade = intensidade
        self.obj_vertice = obj_vertice
        self.conceito_medida = conceito_medida.encode('utf-8')
```

Classe Gera Rede

```
import sys
import gv
from pygraph.classes.graph import graph
from pygraph.classes.digraph import digraph
from pygraph.algorithms.searching import breadth_first_search
from pygraph.readwrite.dot import write
```

```
class Gera_Rede:
```

```
    def __init__(self):
        pass

    def set_rede(self, obj_rede):
        self.rede = obj_rede
```



```

def desenha(self):
    g = graph()

    # Adiciona vértices
    for v in self.rede.entidades:
        g.add_node(v.nome)

    # Relaciona os vertices
    for a in self.rede.relacionamentos:
        g.add_edge((a.obj_origem.nome, a.obj_destino.nome), wt=a.peso,
                  label=a.valor)

    # Desenha
    dot = write(g)
    gvv = gv.readstring(dot)
    gv.layout(gvv, 'dot')
    gv.render(gvv, 'png', self.rede.nome_imagem)

```

Classe Aplicação

```

import sys
import gv
from pygraph.classes.graph import graph
from pygraph.classes.digraph import digraph
from pygraph.algorithms.searching import breadth_first_search
from pygraph.readwrite.dot import write

class Gera_Rede:

    def __init__(self):
        pass

    def set_rede(self, obj_rede):
        self.rede = obj_rede

    def desenha(self):
        g = graph()

        # Adiciona vértices
        for v in self.rede.entidades:
            g.add_node(v.nome)

```

```

# Relaciona os vertices
for a in self.rede.relacionamentos:
    g.add_edge((a.obj_origem.nome, a.obj_destino.nome), wt=a.peso,
              label=a.valor)

# Desenha

dot = write(g)
gvv = gv.readstring(dot)
gv.layout(gvv, 'dot')
gv.render(gvv, 'png', self.rede.nome_imagem)

```

Classe Apresenta

```

from PIL import Image
import gtk, gtk.glade
import pygtk
import gobject
pygtk.require("2.0")

class Janela:

    def __init__(self):
        self.widgets = gtk.glade.XML("src/interface.glade")
        self.widgets.signal_autoconnect(self)
        self.janela.show_all()

    def __getattr__(self, widget_name):
        return self.widgets.get_widget(widget_name)

    def set_rede(self, obj_rede):
        self.rede = obj_rede

    def add_valores(self):
        # Imagem...
        self.janela.set_title(self.rede.titulo)
        imagem = gtk.Image()

        # Diminui o tamanho da imagem
        img = Image.open(self.rede.nome_imagem)
        img = img.resize((832,624), Image.ANTIALIAS)

```

```
nome_thumb = "rede_832x624.png"
img.save(nome_thumb)

# Insele imagem na interface
imagem.set_from_file(nome_thumb)
imagem.show()
self.scroll_image.add_with_viewport(imagem)

# Texto...
arquivo = open(self.rede.nome_texto)
texto = arquivo.read()
self.texto.get_buffer().set_text(texto)

def sair(self, *args):
    gtk.main_quit()

def show(self):
    self.add_valores()
    gtk.main()
```

QUESTIONÁRIO APLICADO

O resultado deste questionário será utilizado em uma pesquisa de tese de doutorado. Os dados pessoais dos entrevistados não serão divulgados, apenas suas respostas serão utilizadas na pesquisa. O questionário é composto de 15 perguntas e as respostas deverão ser assinaladas de acordo com a opinião pessoal de cada entrevistado.

Para as questões de 1 a 7, assinale com X as suas respostas.

1. **Qual seu nível de formação acadêmica?**
 graduação especialização mestrado
 doutorado

 2. **Possui Currículo Lattes?**
 Não Sim

 3. **Já produziu algum tipo de trabalho (produção bibliográfica, produção técnica ou artística/cultural) em coautoria²⁴?**
 Não Sim

 4. **Registrou essa(s) produção(ões) no Currículo Lattes?**
 Não Sim

 5. **Conhece a metodologia de análise de redes sociais?**
 Não Sim

 6. **Conhece algum tipo de medida de análise de redes sociais?**
 Não Sim
-

²⁴ Trabalho em coautoria é aquele criado em comum, por dois ou mais autores.

7. Já utilizou algum programa (software) que faz análise de redes sociais?

Não Sim

A seguir é apresentada uma rede social de coautoria e uma tabela com os valores para três medidas de análise desta rede social. A rede e as medidas foram geradas por uma ferramenta chamada UCINET.

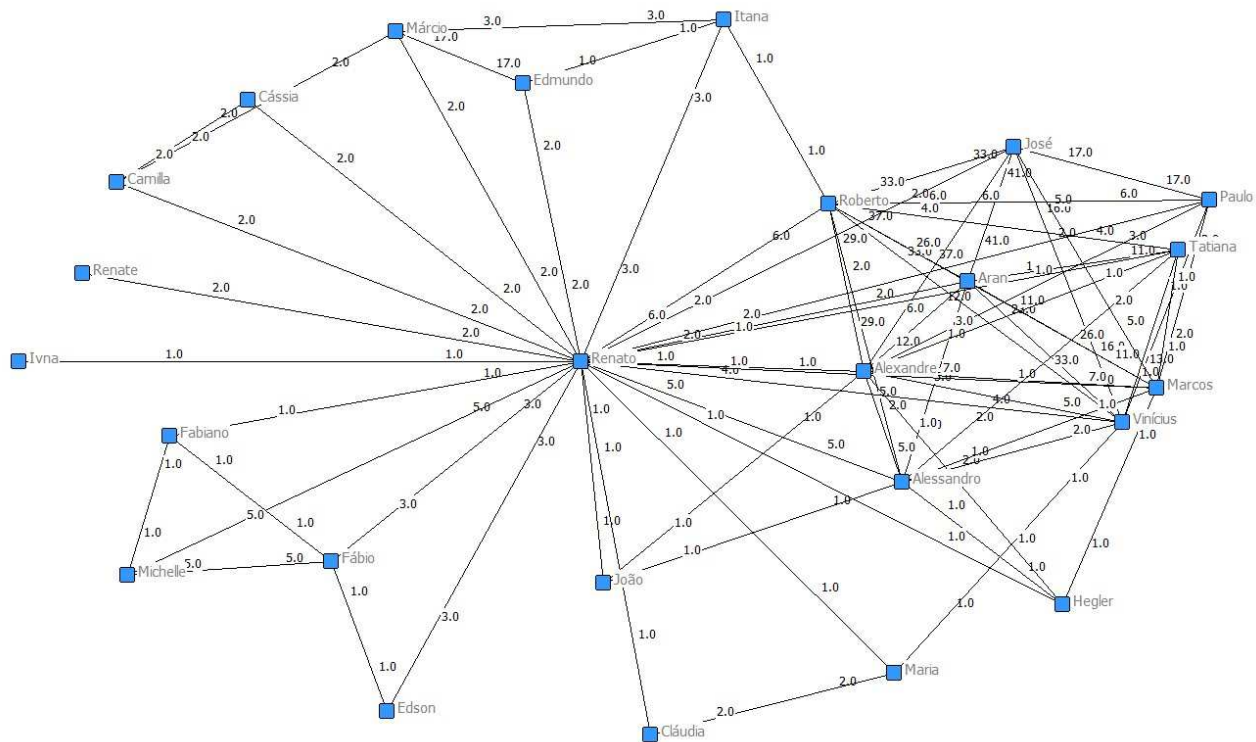


Figura D.1 – Rede social de coautoria gerada pelo software UCINET em conjunto com o NETDRAW

Tabela D.1 – Medidas da análise da rede social de coautoria calculada pelo UCINET.

Centralidade de grau			Centralidade de Intermediação			Centralidade de Proximidade		
<i>Vértice</i>	<i>Nome</i>	<i>Valor</i>	<i>Vértice</i>	<i>Nome</i>	<i>Valor</i>	<i>Vértice</i>	<i>Nome</i>	<i>Valor</i>
8	Roberto	0.173	14	Renato	0.737	14	Renato	1.000
1	Aran	0.136	10	Alexandre	0.021	10	Alexandre	0.649
2	José	0.117	8	Roberto	0.018	8	Roberto	0.632
7	Vinícius	0.096	7	Vinícius	0.016	6	Alessandro	0.615
10	Alexandre	0.069	6	Alessandro	0.012	7	Vinícius	0.615
11	Marcos	0.054	11	Marcos	0.008	11	Marcos	0.615
14	Renato	0.054	18	Fábio	0.004	1	Aran	0.600
3	Paulo	0.042	22	Itana	0.004	12	Tatiana	0.585
23	Márcio	0.023	23	Márcio	0.004	2	José	0.585
6	Alessandro	0.020	25	Camilla	0.002	3	Paulo	0.571
12	Tatiana	0.020	4	Maria	0.002	22	Itana	0.545
21	Edmundo	0.020	1	Aran	0.002	9	Hegler	0.545
19	Michelle	0.011	2	José	0.001	23	Márcio	0.545
18	Fábio	0.010	3	Paulo	0.000	18	Fábio	0.545
22	Itana	0.008	12	Tatiana	0.000	13	João	0.533
25	Camilla	0.006	9	Hegler	0.000	4	Maria	0.533
17	Edson	0.004	5	Cláudia	0.000	20	Fabiano	0.533
9	Hegler	0.004	15	Ivna	0.000	21	Edmundo	0.533
4	Maria	0.004	19	Michelle	0.000	19	Michelle	0.533
24	Cássia	0.004	20	Fabiano	0.000	25	Camilla	0.533
20	Fabiano	0.003	21	Edmundo	0.000	5	Cláudia	0.522
13	João	0.003	16	Renate	0.000	24	Cássia	0.522
5	Cláudia	0.003	17	Edson	0.000	17	Edson	0.522
16	Renate	0.002	24	Cássia	0.000	15	Ivna	0.511
15	Ivna	0.001	13	João	0.000	16	Renate	0.511

De acordo com a rede social de coautoria ilustrada pela Figura D.1 e a análise desta mesma rede apresentada na Tabela D.1 (ambas geradas pelo software UCINET), responda as questões 8 a 11. Assinale zero no caso de respostas negativas, e de 1 a 10 de acordo com a sua opinião, sendo 10 o grau mais elevado.

8. Compreende o que as medidas apresentadas na Tabela D.1 significam?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

9. Dentro do contexto da rede de coautoria, saberia explicar o que estas medidas representam?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

10. Qual o grau de relevância da coluna *valor* da Tabela D.1 para as medidas de análise?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

11. Em termos de compreensibilidade, qual a nota que você atribui as medidas de análise da rede social de coautoria apresentadas na Tabela D.1?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

A seguir é apresentada a mesma rede social de coautoria e uma descrição textual sobre três medidas de análise desta rede social. A rede e as medidas foram geradas por uma ferramenta chamada OntoARS. Cabe ressaltar que os desenhos das redes são diferentes, pois foram gerados por programas diferentes e cada um utiliza uma forma diferente de apresentar o resultado (rede), mas são os mesmos valores.

13. As afirmações da descrição textual acrescentaram algum tipo de conhecimento sobre a rede social de coautoria?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

14. Em termos de compreensibilidade, qual a nota que você atribui a descrição textual apresentada na Figura D.2?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

15. Comparando as medidas apresentadas na Tabela D.1 e a descrição textual ilustrada na Figura D.2, qual você compreende melhor?

() Tabela D.1 com as medidas () Descrição textual da Figura D.2

SOFTWARE & SYSTEMS PROCESS ENGINEERING META-MODEL SPECIFICATION (SPEM)

Para Martins e Silva (2004), o SPEM é um metamodelo que serve de base para a modelagem de qualquer processo. Para Genvigir (2004), o SPEM é também uma proposta de unificação entre as diferentes metodologias para a modelagem de processo.

Com a finalidade de representar a tradução do metamodelo, optou-se por permanecer a diferenciação entre letras maiúsculas e minúsculas no texto. Para representar os elementos do modelo do processo usa-se as iniciais do nome do elemento em maiúsculas.

A.1 Visão Geral

O grupo OMG (2008) define o SPEM como o metamodelo usado para descrever concretamente um processo de desenvolvimento de software. Um processo de software realizado em um dado projeto está fora do escopo do metamodelo. A Figura AN.1 identifica a arquitetura da modelagem do SPEM, onde M3 representa a especificação dos metamodelos, M2 representa os *templates* para os processos de nível M1 como o metamodelo SPEM, M1 representa a definição do processo associado ao processo em execução e M0 representa o processo de produção no mundo real ou processo em execução.

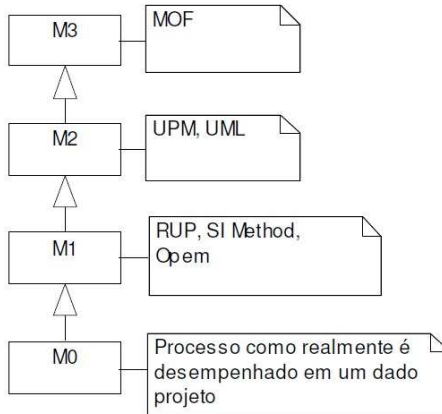


Figura AN.1 – Arquitetura em camadas do metamodelo SPEM (OMG, 2008)

O princípio do SPEM considera que um processo de desenvolvimento de software é uma colaboração entre entidades ativas e abstratas chamadas de Papéis do Processo que executam operações chamadas Atividades em entidades tangíveis e concretas chamadas de Produtos de Trabalho. A Figura AN.2 mostra a interação entre estes elementos do metamodelo.

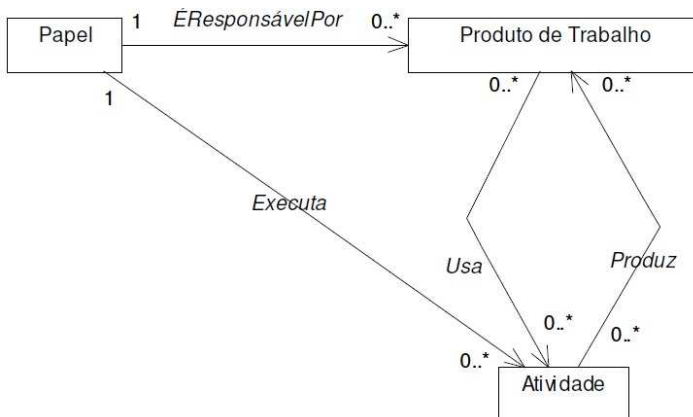


Figura AN.2 – Modelo conceitual do SPEM (OMG, 2008)

Na Figura AN.3 é apresentada a visão geral do SPEM, identificando os principais elementos do metamodelo que fundamentam a modelagem de qualquer processo de software. Nota-se por este

diagrama de classes que um Processo a ser modelado pode ser dividido em Fases, estas por sua vez em Definições de Trabalho que têm associadas a elas Papéis no Processo que executam alguma Atividade a fim de criar ou modificar um Produto de Trabalho, sendo que este último pode participar de algum tipo de Produto de Trabalho como documentos textos, códigos-fonte, entre outros.

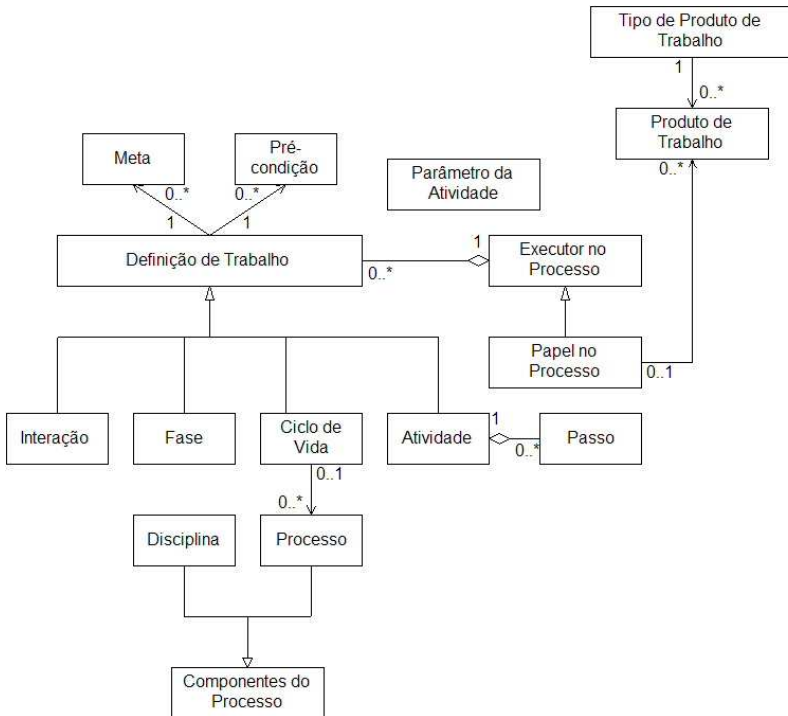


Figura AN.3 – Visão dos pacotes do SPEM (OMG, 2008)

A notação do SPEM é baseada na UML e por este motivo oferece para a modelagem de processo os mesmos diagramas que são usados para modelar sistemas. A sintaxe e a semântica dos diagramas são também as mesmas definidas pela UML.

Segundo o OMG (2008), os diagramas que podem ser usados para representar diferentes perspectivas dos modelos de processo de software são:

1. Diagrama de classes para representar aspectos de relacionamento entre Executores do Processo ou Papéis no Processo e Produtos de Trabalho, herança, dependência,

- associações simples, comentários para apontar as Orientações, estrutura, decomposição e dependência dos Produtos de Trabalho;
2. Diagrama de pacotes para representar Processos, Componentes do Processo, Pacotes do Processo e Disciplinas;
 3. Diagrama de atividade para representar a sequência de atividades com suas entradas e saídas de artefatos;
 4. Diagrama de casos de uso para representar o relacionamento entre papéis do processo e as principais Definições de Trabalho;
 5. Diagrama de sequência para representar interações padrões entre o metamodelo SPEM e instâncias de elementos;
 6. Diagrama de estado para representar o comportamento de um elemento do modelo SPEM.

Segundo o OMG (2008) os diagramas de implementação e componentes não estão inclusos no metamodelo SPEM, por causa de algumas características semânticas da UML.

A.2 Estrutura do Processo

Um dos pacotes que explicam o metamodelo é mostrado na Figura AN.4, que define os principais elementos estruturais cuja descrição do processo é construída. Um Produto de Trabalho ou Artefato é qualquer coisa produzida, consumida ou modificada por um processo. Um Tipo de Produto de Trabalho descreve uma categoria de um artefato. Definição de Trabalho é um tipo de operação que descreve o trabalho executado em um processo. Atividade é a principal subclasse da Definição de Trabalho e descreve um pedaço de trabalho executado por um Papel no Processo. Uma Atividade pode consistir de elementos atômicos chamados Passos. Executor no Processo define um executor para um conjunto de Definições de Trabalho em um processo e tem uma subclasse chamada Papel no Processo. Papel no Processo define responsabilidades sobre Produtos de Trabalho específicos e define os papéis que executam <<perform>> ou auxiliam <<assist>>/<<assistant>> em atividades específicas.

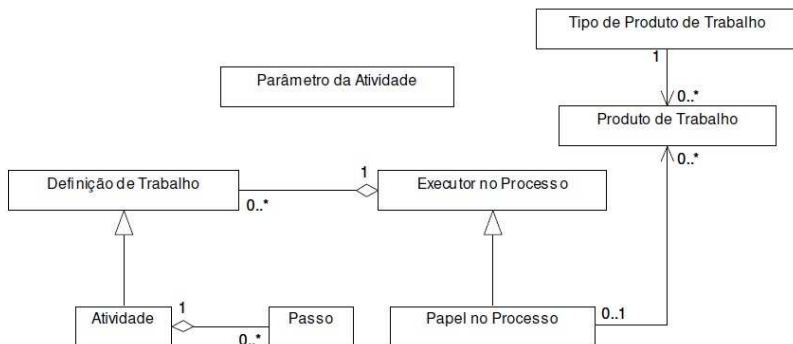


Figura AN.4 – Pacote da estrutura do processo, segundo SPEM (OMG, 2008)

A.3 Componentes do Processo

Outro pacote explicativo do SPEM é mostrado na Figura AN.5, sendo que as classes deste pacote são focadas em partes internas descritivas. Componentes do Processo é uma parte da descrição do processo que é consistente internamente e pode ser reusada por outros Componentes do Processo para montar um processo completo. Processo é um Componente do Processo que tem por intenção ser único, processo a processo. Disciplina é uma especialização particular do pacote que divide as Atividades dentro de um processo de acordo com temas comuns.

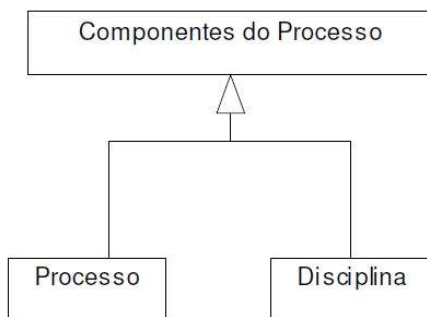


Figura AN.5 – Pacote dos componentes do processo, segundo SPEM (OMG, 2008)

A.3 Ciclo de Vida do Processo

O último pacote que explica o SPEM é mostrado na Figura AN.6 que identifica os elementos da definição do processo auxiliando a definir como o processo será executado. Um processo pode ser visto como uma colaboração entre papéis para alcançar determinada meta ou um objetivo. Para guiar esta execução pode considerar as restrições para a ordem em que as atividades devem ser executadas, chamadas de pré-condições. Fase é uma especialização da Definição de Trabalho tal que sua pré-condição define os critérios de entrada da fase, os critérios de saída da fase são suas metas (frequentemente chamadas *e milestones*). Ciclo de Vida é definido como uma sequencia de Fases que buscam uma meta específica. Iteração é uma Definição de Trabalho com menores *milestones*.

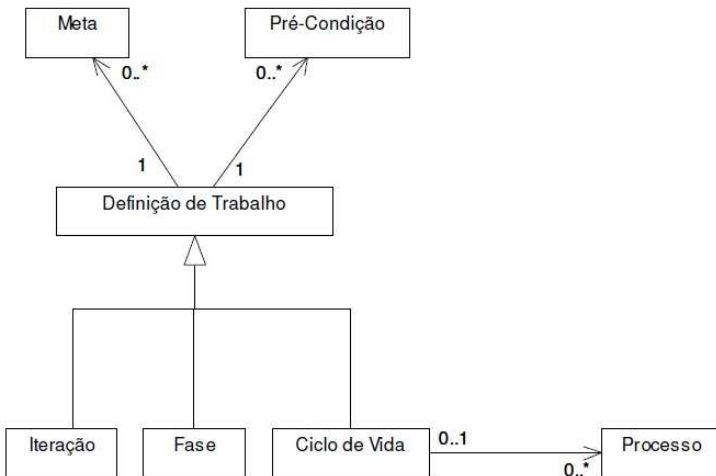


Figura AN.6 – Pacote do ciclo de vida do processo, segundo SPEM (OMG, 2008)