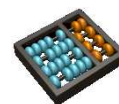




UNICAMP



INSTITUTO DE
COMPUTAÇÃO

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

Instituto de Computação

ALYSSON BOLOGNESI PRADO

UMA ANÁLISE DO PAPEL DE SISTEMAS COMPUTACIONAIS
COMO MEDIADORES EM REDES SOCIOTÉCNICAS CIENTÍFICAS
SOB A ÓTICA DA ACTOR-NETWORK THEORY

CAMPINAS

2017

ALYSSON BOLOGNESI PRADO

Uma Análise do Papel de Sistemas Computacionais como Mediadores em Redes
Sociotécnicas Científicas sob a Ótica da Actor-Network Theory

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de
Computação da Universidade Estadual de
Campinas como parte dos requisitos exigidos
para a obtenção do título de Doutor em
Ciência da Computação.

Orientadora: Prof^a Dr^a Maria Cecília Calani Baranauskas

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À
VERSÃO FINAL DA TESE DEFENDIDA
PELO ALUNO ALYSSON BOLOGNESI
PRADO E ORIENTADA PELA PROF^a DR^a
MARIA CECÍLIA CALANI BARANAUSKAS.

CAMPINAS

2017

Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s): Não se aplica.

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca do Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica
Ana Regina Machado - CRB 8/5467

P882a Prado, Alysson Bolognesi, 1975-
Uma análise do papel de sistemas computacionais como mediadores em redes sociotécnicas científicas sob a ótica da Actor-Network Theory / Alysson Bolognesi Prado. – Campinas, SP : [s.n.], 2017.

Orientador: Maria Cecília Calani Baranauskas.
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Computação.

1. Interação homem-máquina. 2. Tecnologia da informação - Aspectos sociais. 3. Semiótica e computação. 4. Ciência e tecnologia. I. Baranauskas, Maria Cecília Calani, 1954-. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Computação. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: An analysis of the role of computer systems as mediators in scientific socio-technical networks from the point of view of the Actor-Network Theory

Palavras-chave em inglês:

Human-computer interaction

Information technology - Social aspects

Semiotics and computing

Science and technology

Área de concentração: Ciência da Computação

Titulação: Doutor em Ciência da Computação

Banca examinadora:

Maria Cecília Calani Baranauskas [Orientador]

Diana Maria Gallicchio Domingues

Rodrigo Bonacin

Claudia Maria Bauzer Medeiros

Ricardo da Silva Torres

Data de defesa: 07-03-2017

Programa de Pós-Graduação: Ciência da Computação

Uma Análise do Papel de Sistemas Computacionais como Mediadores em Redes Sociotécnicas Científicas sob a Ótica da Actor-Network Theory

Alysson Bolognesi Prado

Banca Examinadora:

- Profa. Dra. Maria Cecília Calani Baranauskas (orientadora)
IC – Unicamp
- Profa. Dra. Diana Maria Gallicchio Domingues
Universidade de Brasília – UnB
- Prof. Dr. Rodrigo Bonacin
CTI Renato Archer
- Profa. Dra. Claudia Maria Bauzer Medeiros
IC – Unicamp
- Prof. Dr. Ricardo da Silva Torres
IC – Unicamp

A ata da defesa com as respectivas assinaturas dos membros da banca encontra-se no processo de vida acadêmica do aluno.

Campinas, 07 de março de 2017.

Dedico esta tese aos meus pais,
que me mostraram o valor do conhecimento.

Agradecimentos

Primeiramente, agradeço à minha orientadora, Profa. Dra. Maria Cecília Calani Baranauskas, pela confiança em mim depositada, por todo o apoio durante o doutorado, e por sua excepcional capacidade de conduzir seus alunos a encontrarem o melhor em si.

Aos colegas do grupo InterHAD, que contribuíram com sugestões e discussões em nossas reuniões semanais, tanto em relação ao meu trabalho em particular, quanto com temas gerais que enriqueceram minha visão como cientista de IHC.

À Informática da DGRH, pela dispensa parcial de minhas atividades, agradecendo também aos colegas cujo trabalho supriu com excelência minha ausência.

Aos membros da banca examinadora, pelas sugestões que aperfeiçoam este trabalho e seus futuros desdobramentos.

Por fim, agradeço à minha grande amiga Stefânia Jarosz, que além do apoio nos momentos de dúvida e ansiedade comuns a um doutorando, contribuiu com sua visão crítica, seu raciocínio aguçado e sua perspectiva externa ao projeto, para a qualidade desta tese.

Resumo

A Sociedade Brasileira de Computação definiu para o decênio 2006-2016 grandes desafios para a comunidade brasileira de pesquisa em computação. Entre eles, a “Gestão da Informação em grandes volumes de dados multimídia distribuídos” foi abordada, entre outros, por pesquisadores voltados para o estudo de sistemas de suporte a atividades de pesquisa científica, área conhecida como *e-science*. O tipo de *software* assim estudado e desenvolvido trouxe a possibilidade de promover o compartilhamento e reuso de dados científicos, algo benéfico para a ciência sob vários aspectos. Entretanto, o uso destas ferramentas que facilitariam o compartilhamento de subprodutos de pesquisa não foi seguido do aumento esperado na disponibilidade destes dados. Este comportamento inesperado dos usuários perante uma funcionalidade dos sistemas constitui-se claramente um problema de pesquisa para a área de Interação Humano-Computador. Para entender como cientistas interagem com artefatos tecnológicos durante o processo de construção de conhecimento científico, o estudo sociológico de Bruno Latour sobre o trabalho de cientistas alinha-se à necessidade, além de ser o ponto de partida para o desenvolvimento do referencial teórico conhecido como *Actor-Network Theory* – ANT. Posteriormente, esta teoria foi expandida para compreender a participação de artefatos tecnológicos em fenômenos sociais em geral. Considerando-se também que comunidades científicas podem ser entendidas como grupos de pessoas organizadas para um propósito, buscamos nas bases teóricas da Semiótica Organizacional – SO – e da *Socially Aware Computing* – SAC – os fundamentos que apoiam a compreensão dos processos internos às organizações e entre estas e as sociedades das quais fazem parte. Esta tese objetiva articular os referenciais teóricos da ANT e da SAC, permitindo, por um lado, compreender uma comunidade científica pelo ponto de vista organizacional, e por outro, entender o papel que diversos elementos não-humanos desempenham na mediação de interesses entre cientistas. Foi proposto um método para clarificar os interesses envolvendo o desenvolvimento e uso de um software, e um mecanismo de visualização de grupos sociais que possibilita uma interpretação qualitativa da participação conjunta de pessoas e elementos não-humanos. A proposta foi aplicada no estudo de um software voltado ao gerenciamento de dados de produção de pesquisa, no mapeamento de diversas comunidades científicas por meio de suas produções bibliográficas, e construindo um sistema para apoio ao processo científico de revisão de literatura – o *Quid*. Os resultados obtidos demonstram a viabilidade da proposta de união das teorias e métodos. Os caminhos das influências e interesses divergentes no desenvolvimento de sistemas usados em *e-science* revelam a não-neutralidade dos desenvolvedores de software – contrariamente a como são tradicionalmente enxergados. A abordagem de rede heterogênea permitiu visualizar comunidades científicas como um fenômeno social coeso, onde os participantes mais importantes são ressaltados, com menor suscetibilidade a vieses comuns em abordagens bibliométricas tradicionais, como a auto-referência e a relevância restrita a sub-comunidades. Como resultado final, acreditamos ter demonstrado a necessidade da compreensão do papel de artefatos digitais como participantes em fenômenos humanos, e validado a possibilidade desta compreensão por meio do ferramental conjunto da ANT com SAC.

Abstract

The Brazilian Computer Society has defined grand research challenges in Computer Science for the period 2006-2016, one of them being the management of very large multimedia and distributed databases. This task is being tackled by researchers interested in the study of systems for support of science activities - the so-called *e-science* research area - who studied and developed a kind of software which brings forth the possibility to promote sharing and reuse of scientific data - a behavior that is, under many aspects, beneficial for science. However, the availability and use of these tools were not followed by the expected increase in the data sharing rates. This unexpected behavior of software users clearly constitutes a Human-Computer Interaction research problem. To understand how scientists interact with technological devices during the construction of scientific knowledge, the sociological studies of Bruno Latour about the work of scientists meet our needs, also being the starting point for the development of a theoretical framework named Actor-Network Theory – ANT. Afterwards, this theory was extended to encompass the role of technological artifacts in all kinds of social phenomena. Assuming that a scientific community can be seen as a group of people organized for a purpose, we seek on the theoretical roots of Organizational Semiotics – OS – and Socially Aware Computing – SAC – the fundamentals to support the understanding of the internal processes of organizations and how they interact with the society they belong. This thesis aims to combine the theoretical basis from ANT and SAC in order to, on the one hand, understand a scientific community from an organizational point of view and, on the other hand, comprehend the role that many non-human entities fulfill when mediating interests among scientists. We propose a method to clarify the interests related to the development and use of software, as well as a tool for the visualization of social groups, allowing a qualitative understanding about the joint contribution of human and non-human entities. These proposals were applied to the study of a piece of software intended to manage research data, to depict some scientific communities based on their publications, and to build a program – named *Quid* – to support systematic literature reviews. Results show the feasibility of the proposed ensemble of theories and methods. The paths taken by divergent influences and interests involved in development of e-science software unveil the non-neutrality of software developers – in spite of how they are traditionally regarded. The heterogeneous network approach allows the visualization of scientific communities as a single social phenomenon, highlighting the most important participants and therefore being less prone than traditional bibliographic methods to biases such as self-reference and localized relevance. As a final contribution, we believe we have provided a demonstration of the need for acknowledgement of digital artifacts as participants in social phenomena, also showing that this understanding can be achieved by applying ANT and SAC together.

Lista de Figuras

Figura 1.1: número de respostas para cada interesse ao usar redes sociais por cientistas, com dados obtidos de (Madhusudhan, 2012). Cada entrevistado poderia selecionar mais de uma alternativa.	22
Figura 1.2: Referência ao uso de computação em Teses e Dissertações em relação ao total da amostra.	22
Figura 1.3: Tipo de aplicação da computação, com percentual em relação ao total de casos em que foi detectado uso de computação. Um mesmo documento pode estar contabilizado em mais de uma categoria.	23
Figura 1.4: a) concepção tradicional da ciência, separando o acúmulo de fatos científicos (quadrados) de seus produtores (círculos). b) visão proposta por Latour (2000) contemplando a articulação conjunta de elementos humanos e não-humanos. Elementos em vermelho denotam o fato científico sendo produzido – tipicamente em um artigo publicado – e seu produtor; em azul, referências e produções anteriores; em verde, máquinas, amostras, equipamentos, entrevistados etc.; em branco, futuros consumidores do fato produzido.	25
Figura 1.5: encadeamento das partes que compõem o presente trabalho.	29
Figura 2.1: Concepção da SAC sobre o processo de design de um sistema técnico em um contexto social. Reproduzida de Pereira e Baranauskas (2015).	31
Figura 2.2: Cadeias de associações em um fenômeno social heterogêneo. Figuras arredondadas denotam atores humanos, enquanto quadrados marcam os não-humanos. Adaptada de Akrich e Latour (1992).	34
Figura 2.3: Cadeias de associações no desenvolvimento do Palm Pilot, limitada a alguns de seus componentes para ilustrar a propagação de influências entre humanos e não-humanos.	35
Figura 2.4: exemplo de problematização para surgimento do <i>software</i> BrOffice.	36
Figura 2.5: modos em que uma translação de interesses comumente pode se desenrolar. Adaptada de Latour (2000, pág. 199).	37
Figura 2.6: Wi-Fi Alliance mobilizando novos aliados: WPA, IEEE, 802.11i como forma de fortalecer a rede enfraquecida pelo WEP, contra-atacando a ameaça imposta pelo WAPI. As linhas grossas denotam as entidades presentes inicialmente, com seu elo mais fraco destacado em vermelho. Em linhas pontilhadas, a ameaça à estabilidade da rede. Os elementos desenhados com linhas finas correspondem aos novos atores alistados para fortalecerem os caminhos que mantiveram os consumidores associados à Wi-Fi Alliance.	40
Figura 2.7: expansão da rede de atores para o exemplo do Palm Pilot. Enquanto público alvo compreende o dispositivo como um único ator, para os projetistas a rede que o compõe é visível e existem relações específicas com cada componente. A rede poderia ser ainda mais detalhada expandindo os diversos papéis que foram representados como “projetistas”: engenheiros eletrônicos, programadores de software, ergonômistas etc.	41
Figura 2.8 - visões gerais sobre como ciência, tecnologia e sociedade podem se relacionar. 1) neutralidade científica; 2) determinismo tecnológico, 3 e 4) teses fraca e forte da não-neutralidade. Adaptada de Dagnino (2008).	44

Figura 2.9: representação gráfica simplificada dos diversos atores envolvidos na descoberta do polônio pelo casal Curie.	48
Figura 2.10: representação gráfica simplificada dos diversos atores envolvidos na identificação de uma pessoa com base nas informações publicadas por ele em um currículo online.....	49
Figura 2.11: Diagrama de partes interessadas, com suas camadas, de dentro para fora: o artefato tecnológico sendo introduzido, usuários e responsáveis pela operação, clientes para quem o sistema pode fornecer alguma contribuição, fornecedores de onde se espera algum tipo de insumo ou apoio, mercado e a comunidade. A distância em relação ao centro reflete o grau de impacto no sistema foco da análise.....	50
Figura 2.12: concepção epistemológica convergente entre ANT e SO: 1) observação direta; 2) atuação direta; 3) observação por intermédio de outro(s) ator(es); 4) estímulos provocados por intermédio de outro(s) ator(es). Os intermediários são fornecidos pela comunidade no qual o pesquisador se insere. Os retângulos sobrepostos – com ângulos retos e arredondados – foram usados para significar que aquela posição pode ser ocupada tanto por humanos quanto por não humanos.	52
Figura 2.13: exemplo de atores afetando o sistema, direta ou indiretamente, representados em um detalhe do diagrama de partes interessadas.	53
Figura 2.14: exemplo de atores sendo afetados pelo sistema, direta ou indiretamente.....	53
Figura 2.15: escada semiótica ilustrando as possibilidades de entidades circulantes pelas associações da rede de atores.	54
Figura 2.16: Atores influenciando outros por meio do sistema.....	55
Figure 3.2: semiotic framework, depicting levels in which signs' presence and activity can be studied (adapted from Liu, 2000).....	59
Figure 3.3: two-faced Janus, from roman mythology, is used by ANT as a metaphor for the ambivalent character of the social aggregates: existing structures mold behavior (ancient face at left, looking to the past) and new behavior redefines structures (younger face at right, looking to the future). Extracted from Yonge (1880).	62
Figure 3.4: proposed representation for the different types of actors and the norms of behavior they exhibit and enforce.	64
Figure 3.5: actor-network and the flow of norms gathered during case study. Some arrows, although existing in the real data, were omitted for the sake of readability.	65
Figure 4.1: software and its developers acting as intermediaries, propagating the interests of the institution and moulding the repertoire of actions of the users: they are obligated to identify the project a new dataset belongs. Arrows show the path of the influences and actions needed to promote such affordance.	73
Figure 4.3: Expanded stakeholder diagram eliciting the role of actors as the path of interests in certain patterns of behavior.....	76
Figure 5.1: Graphical representation proposed for the actors being studied	83
Figure 5.2: Example of a sociogram depicting only the human actors	84
Figure 5.3: Example of an Actor-Network associating the human previously shown on Figure 5.2 and adding the nonhuman actors to the same structure	84
Figure 5.4: Presumed sociogram for the network of scientists, featuring humans and their relations.	85

Figure 5.5: Actor-network snapshot encompassing all relevant actors that operate together and can benefit from each others' success.	86
Figura 6.1: Cópia de parte da tela do software START com a hierarquia de informações armazenadas em uma RBS, que reflete as etapas sugeridas pelo método PRISMA.	94
Figura 6.2: expansão da rede sócio-material a partir dos artigos selecionados na revisão bibliográfica sistemática. A seta adicionada à figura aponta para artigos e autores potencialmente interessantes, identificados pelo método, que não participam da RBS original. Quadrados e círculos representam, respectivamente, artigos e autores....	96
Figura 6.3: Arquitetura do sistema desenvolvido.....	97
Figura 6.4: Cópia de tela do sistema, visualizando dados do autor de um dos artigos da revisão bibliográfica sistemática. Acima à esquerda, identificação do ator, logo abaixo a nuvem de palavras gerada pelos títulos de suas publicações, e mais abaixo o grafo com suas associações. À direita, listas de associações: artigos, coautores e arquivos.	98
Figura 6.5: Representação parcial da rede de associações construída para uma RBS. Vértices vermelhos são autores e artigos presentes na revisão; azuis são potenciais aliados resultantes da expansão da rede pela busca nas fontes adicionais de dados. Novos atores relevantes, destacados nesta figura por setas, podem ser identificados pelo usuário por inspeção visual do grafo.	100
Figura 7.1 – relações de benefício mútuo, fundamentais para compreensão de fenômenos sociais pelo ponto de vista da ANT.	104
Figura 7.1 - imagens de divulgação do serviço de armazenamento de dados oferecido pela Mendeley. Recuperadas de http://www.journals.elsevier.com/international-journal-of-human-computer-studies e https://data.mendeley.com/ respectivamente, em 05/12/2011	107
Figura 7.2 - design exploratório de interface de usuário, buscando ajuda do usuário para manter os dados atualizados. a) pedido de ajuda ocupando pouco espaço na tela; b) ao obter resposta positiva, o sistema exibe o pedido; c) se o usuário responder afirmativamente, o <i>captcha</i> é exibido para ser resolvido, possibilitando assim atualizar os dados de um pesquisador a partir de seu Lattes.	108
Figura 7.3 - solicitação de ajuda ao usuário para confirmar se as partes de uma referência bibliográfica, separadas automaticamente, foram corretamente identificadas.....	109
Figura 7.4 – Diagrama de classes das entidades contidas no sistema Quid, listando apenas o principal atributo de cada uma delas.	112
Figure A.1: Graphical representation proposed for the actors being studied	132
Figure A.2: Example of a sociogram depicting only the human actors	134
Figure A.3: Example of an Actor-Network associating the human previously shown in Figure A.2 and adding the nonhuman actors to the same structure.....	134
Figure A.4: Presumed sociogram for the network of scientists related to the e-science Workshop of the Brazilian Computer Society 2010, featuring only humans and their relations.	135
Figure A.5: Actor-network snapshot for e-science Workshop of the Brazilian Computer Society 2010, encompassing all relevant actors that operate together and can benefit from each others' success.	136

Figure A.6: Presumed sociogram for the IEEE International Conference on e-science.	137
Figura A.7: Actor-network snapshot for the IEEE International Conference on e-science 2009.	137
Figure A.8: Actor-network snapshot for e-science Workshop of the Brazilian Computer Society relative to the 2011 edition.	139
Figure A.9: Actor-network of Brazilian Workshop 2010 compared to 2011 edition, distorted to enhance the cycles and identify the associations that persist from one year to the other. Blue: edges in cycles; green: edges that persisted from one year to the next but are not in cycles; red: edges that persisted from one year to the next and are part of a cycle.	142

Lista de Abreviaturas e Siglas

ANT – Actor-Network Theory
API – Application Program Interface
APSP - All Paths Shortests Path
CNPq – Conselho Nacional de Pesquisa
CPU – Central Processing Unit
CSCW – Computer Supported Collaborative Work
DBLP – Digital Bibliography & Library Project
DCog – Distributed Cognition
DP – Design Participativo
DOI – Digital Object Identifier
ERP – Enterprise Resource Planning
FTP – File Transfer Protocol
GT – Grounded Theory
HTML – Hipertext Markup Language
HTTP – Hipertext Transfer Protocol
IEEE – Institute of Electrical and Electronic Engineers
IHC – Interação Humano-Computador
IS – Information Systems
NAM – Norm Analysis Method
OAI-PMH – Open Archival Initiative – Protocol for Metadata Harvesting
OS – Organisational Semiotics
PAM – Problem Articulation Method
PB – Peta Byte
PDF – Portable Document Format
RBS – Revisão Bibliográfica Sistemática
SAC – Socially Aware Computing
SAM – Semantic Analysis Method
SO – Semiótica Organizacional
STEM – Science, Technology, Engineering and Mathematics
TA – Teoria da Atividade
URL – Universal Resource Locator
WAPI – WLAN Authentication and Privacy Infrastructure

WEP – Wired Equivalent Privacy

WLAN – Wireless Local Area Network

WPA – Wi-Fi Protected Access

Sumário

1 – Introdução	18
1.1 – Motivação: o compartilhamento de dados entre cientistas	19
1.2 – Objetivos	25
1.3 – Estrutura da tese	28
2 – Articulando Actor-Network Theory e Socially Aware Computing	31
2.1 – Actor-Network Theory: principais conceitos	33
2.2 – Analisando os paradigmas científicos de SAC e ANT	43
2.3 – Proposta: uma articulação entre ANT e SAC	51
3 – Perspectives on Using Actor-Network Theory and Organizational Semiotics to Address Organizational Evolution	56
3.1 – Introduction	56
3.2 – Theoretical Background	57
3.2.1 – Organizational Semiotics	58
3.2.2 – Actor-Network Theory	59
3.3 – Rationale for combining ANT and OS	61
3.4 – Addressing organizational evolution: a proposal	63
3.5 – An illustrative example from a case study	64
3.6 – Discussion	67
3.7 – Conclusion	68
4 – Using stakeholder and pragmatic analyses to clarify the scenario of data sharing in scientific software	69
4.1 – Introduction	69
4.2 – Theoretical-methodological background	70
4.3 – “The conundrum of sharing research data”	71
4.4 – A method to trace interests of stakeholders	72
4.5 – Inspecting a software for scientific data management	74
4.6 – Analyzing the outcomes	76
4.7 – Conclusion	78

5 – Representing scientific associations through the lens of Actor-Network Theory	79
5.1 – Introduction	79
5.2 – Actor-Network Theory overview	81
5.3 – A representational mechanism informed by ANT concepts.....	83
5.4 – Case study.....	85
5.5 – Discussion	87
5.6 – Conclusion.....	88
6 – Expandindo revisões bibliográficas sistemáticas pela análise de redes sócio-técnicas científicas.....	90
6.1 – Introdução.....	90
6.2 – Referencial Teórico-Metodológico	91
6.2.1 – Sociologia e Actor-Network Theory	91
6.2.2 – Revisões bibliográficas sistemáticas e o método Prisma.....	93
6.3 – Uma proposta de expansão de revisões bibliográficas sistemáticas.....	94
6.4 – O sistema construído: <i>Quid</i>	96
6.5 – Discussão dos resultados	99
6.6 – Conclusão	100
7 – Conclusões e perspectivas futuras	102
7.1 – Discussão e trabalhos relacionados	104
7.2 – Trabalhos futuros.....	109
7.3 – Considerações finais.....	112
Referências	114
Apêndice A – Addressing structural and dynamic features of scientific social networks through the lens of Actor-Network Theory	127
A.1 – Introduction	127
A.2 – Actorn-Network Theory overview	129
A.3 – ANT and Scientific Communities	131
A.4 – A representational mechanism informed by ANT concepts.....	132
A.5 – Case study.....	134

A.6 – Community Evolution	138
A.7 – Discussion.....	143
A.8 – Conclusion.....	146
Apêndice B – lista de produções diretamente relacionadas a esta tese	148
B.1 – Artigos publicados	148
B.2 – Pôster apresentado	149
B.3 – Artigos sob avaliação.....	149
Apêndice C – autorizações para reprodução de artigos publicados	150
Apêndice D – Apoio financeiro para os artigos incluídos na tese.....	155
Apêndice E – Definição formal de interesses em uma rede de atores.....	156
Índice Remissivo	157

1 – Introdução

“The ‘dirty little secret’ behind the promotion of data sharing is that not much sharing may be taking place” (Borgman, 2012, p.4).

A maneira como computadores participam da vida das pessoas tem se modificado muito velozmente. No início, eram máquinas de processamento de dados enclausuradas em uma Central de Processamento de Dados sob supervisão de técnicos e operadores. Depois, tornaram-se ferramenta de trabalho onipresentes nas mesas de escritório, apoiando tarefas individuais ou colaborativas, e fornecendo informações para tomada de decisões diretamente a seus usuários. Hoje, podem ser encontrados nos lares, nos carros e nos bolsos de milhões de pessoas por todo o mundo, assumindo, entre outros papéis, o de um meio de expressão de interesses e intenções (Hornung, 2013). O estudo de Interação Humano-Computador – IHC – busca acompanhar este movimento, o que se reflete em “ondas” de distintas premissas e abordagens (Bødker, 2006).

Ainda assim, boa parte da construção de sistemas computacionais tem sido realizada com foco em aspectos técnicos, prestando pouca atenção aos aspectos sociais – formais e informais – das organizações e da sociedade na qual são inseridos (Pereira & Baranauskas, 2015). Consequentemente, o impacto da introdução de sistemas produz consequências não esperadas nos grupos sociais envolvidos, seja de forma positiva ou negativa. A caracterização do contexto social em que um artefato computacional participa deve contemplar, entre outros fatores, as intenções das diversas partes envolvidas. Segundo Liu (2000, pág. 33), analisar intenções por meio de modelagens formais é uma tarefa difícil, principalmente em situações reais e contextos em que a expressão destas intenções não é explícita.

Socially Aware Computing – SAC – é um modelo de design proposto por Baranauskas (2009) para apoiar o design de sistemas interativos, articulando ideias da Semiótica Organizacional (Liu, 2000; Liu & Li, 2014), Design Participativo (Bødker & Grønbaek, 1991; Schuler & Namioka, 1993) e Design Universal (Mace *et al.*, 1990) para criar uma visão socialmente responsável para o projeto de sistemas computacionais. No modelo SAC, design é um processo social com focos tanto na caracterização da situação de design, como na proposição de soluções.

Nesta tese, buscamos contribuir para o arcabouço teórico metodológico da SAC, por meio do estudo e aplicação de um referencial teórico da sociologia, a Actor-Network Theory – ANT – para complementar e refinar a caracterização do contexto social em que softwares participam. A proposta foi aplicada na compreensão de comunidades de cientistas e em sistemas de suporte a atividades científicas que carregam a iniciativa de fomentar o compartilhamento de dados de pesquisa. Nas próximas seções, será apresentado o cenário que motivou a pesquisa, seguido da definição do objetivo deste trabalho e da maneira como o texto da tese foi organizado.

1.1 – Motivação: o compartilhamento de dados entre cientistas

Segundo Gray (2007), desde milhares de anos atrás a obtenção de conhecimento científico era feita de forma empírica, ou seja, apenas observando e descrevendo fenômenos naturais. Há algumas centenas de anos, surgiu a abordagem teórica, apoiada em modelos matemáticos e generalizações. Nas últimas décadas, computadores passaram a ser usados para simular fenômenos complexos. Atualmente, existe o esforço de unificar teoria, experimento e simulações através de suporte computacional, onde dados são capturados por instrumentos ou gerados em simulação; computadores são utilizados para que dados sejam armazenados em bancos de dados e processados por software; e estes dados são analisados por cientistas, usando ferramentas estatísticas, de gerenciamento e mineração de dados e visualização de informação.

O uso de meios digitais para compartilhamento de recursos computacionais de processamento e armazenamento entre cientistas não é um fenômeno novo, remontando ao advento da Arpanet na década de 1970 e a subsequente liberação de seu uso para algumas universidades (Thomas, 1973). Na última década houve, entretanto, um crescimento exponencial do volume de dados gerados e usados por cientistas (Hey & Trefethen, 2003). Por exemplo, na área de astronomia, dados de telescópios em diferentes comprimentos de onda: cada projeto produzindo cerca de 200 TB/ano; em meteorologia, há pesquisas que geram cada uma 100 GB/dia; na área de física de partículas, o Large Hadron Collider (LHC) vem produzindo o equivalente a 10 PB/ano. Também são citadas outras formas de pesquisa cuja natureza demanda grande capacidade de armazenamento e processamento de dados: na medicina e biologia, para armazenamento e tratamento de imagens e prontuários, bases de dados de proteínas e sequenciamento de DNA; em vertentes das ciências sociais que analisam as relações interpessoais a partir do uso de redes sociais de escala global; e para matemáticos,

que têm usado computadores para prova e validação de teoremas, bem como a construção de repositórios de teoremas conhecidos (Cruz-Filipe *et al.*, 2004 *apud* Appelbe e Bannon, 2007).

A complexidade inerente a este volume de dados exige novas ferramentas e dá origem a novas formas de trabalho, valorizando os esforços conjuntos na utilização de equipamentos e informações. A tecnologia Web 2.0, apresentando interfaces ricas e interativas que permitem a uma grande diversidade de pessoas compartilharem ideias e informações (Pereira *et al.*, 2010). Cientistas podem se beneficiar do uso de ferramentas Web 2.0 em suas atividades de pesquisa, gerando novas maneiras de pensar e colaborar (DeRoure, 2010; Fox *et al.* 2007). Delineou-se assim a área de pesquisa denominada *e-science*, que se interessa por estudar, caracterizar e projetar sistemas de apoio a cientistas em suas atividades de pesquisa, podendo ser assim definida (Medeiros & Katz, 2016, p. 93):

“eScience studies, enacts, and improves the ongoing process of innovation in computationally-intensive or data-intensive research methods; typically this is carried out collaboratively, often using distributed infrastructure. eScience encompasses all fields of research and addresses all stages of the research lifecycle, from formulation of the research questions, through large scale simulations and data analytics, scientific discovery, up to long-term sharing, reusing, and reapplying of the results, data as well as the relevant tools, processes and knowledge”.

O conceito de compartilhamento de dados entre cientistas, independentemente do meio em que são armazenados, aparece desde o trabalho de Merton (1973), que propôs quatro princípios básicos sobre os quais a ciência deveria se apoiar: comunismo, universalismo, desinteresse e ceticismo organizado. Comunismo é o princípio que define o conhecimento científico como um bem público comum, em oposição ao conhecimento que pertence a um único indivíduo ou a um grupo. Universalismo se refere à condição de que qualquer cientista pode contribuir para o avanço científico e tem sua contribuição avaliada de forma universal e impessoal. O princípio do desinteresse afirma que cientistas deveriam procurar o avanço do conhecimento como uma meta coletiva, enquanto que o ceticismo organizado sugere que avaliações e testes de resultados científicos devem ser cuidadosamente conduzidos pela comunidade antes de serem aceitos como válidos. Neste raciocínio, dados produzidos durante atividades de pesquisa deveriam ser vistos como um bem de uso comum a ser compartilhado desinteressadamente.

Borgman (2012) apresenta as principais motivações para o compartilhamento de dados de pesquisa:

- Reproduzir ou validar o resultado de pesquisas: desejado, por exemplo, pelos revisores de publicações, que podem fazer um melhor julgamento dos artigos selecionados antes

da sua aceitação. Outros cientistas também estão interessados na reprodutibilidade, pois podem validar as referências nas quais estão baseando sua própria pesquisa;

- Disponibilizar ao público os resultados de pesquisas financiadas com verbas públicas: pesquisas financiadas com impostos arrecadados da sociedade deveriam dar retorno diretamente à sociedade, seja na forma de publicações de acesso público, seja pela disponibilização dos sub-produtos intermediários, como os dados obtidos em medições, questionários, levantamentos de campo etc.;
- Possibilitar novos questionamentos e pesquisas a partir de dados já existentes: pesquisadores estão interessados em ter acesso a dados de terceiros para fazer novas perguntas sobre os conjuntos de dados existentes, particularmente quando estes são caros ou difíceis de obter. A reutilização de dados levanta a questão de avaliar a veracidade e integridade de um dado conjunto de dados e a necessidade de documentação;
- Avançar o estado da pesquisa e inovação com a proposta de novas ferramentas e métodos: tem sido proposto o “quarto paradigma” científico, uma nova maneira de fazer ciência onde algoritmos para mineração de dados são aplicados a grandes conjuntos de dados para produzir conhecimento científico, sendo, portanto, altamente dependente da disponibilidade de dados.

Entretanto, Appelbe e Bannon (2007) argumentam que as atividades acadêmicas são tradicionalmente focadas em resultados individuais, em que o cuidado necessário para o compartilhamento e reaproveitamento de recursos é deixado em segundo plano. Estes autores discutem a experiência adquirida com sistemas usados em *e-science* desenvolvidos para diversas instituições de pesquisa australianas, ponderando fatores de sucesso e fracasso. Relatam que a academia recompensa esforços individuais, que apenas algumas disciplinas, como Astronomia e Física de Partículas, dependem intrinsecamente de equipamentos grandes e caros ou de padrões de dados compartilhados globalmente, e que algumas categorias de usuário preferem a manipulação indireta dos dados, por meio de *workflows* e *scripts*, ao invés da interatividade de portais web.

Diversos estudos ilustram a assimetria entre a necessidade de dados e a disposição em compartilhá-los. Borgman (2012) estudou por nove anos o uso de ferramentas usadas em *e-science* em um centro de tecnologia da *National Science Foundation*, identificando que houve pouca circulação de dados entre usuários, em parte porque os próprios pesquisadores relatam não ter a habilidade necessária para compartilhar dados adequadamente nem haver incentivo

institucional para compartilhamento. Além disso, certos dados têm questões éticas envolvidas e não podem ser divulgados livremente.

Madhusudhan (2012) estudou o uso de redes sociais direcionado para pesquisa em uma Universidade na Índia, perguntando a 160 pesquisadores a motivação para uso de software social em suas atividades. O principal interesse está em encontrar material de suporte para as próprias pesquisas (46% dos entrevistados), enquanto publicar material nessas redes para que outros possam encontrar foi citado por apenas 14 entrevistados ou 8,7% (Figura 1.1).

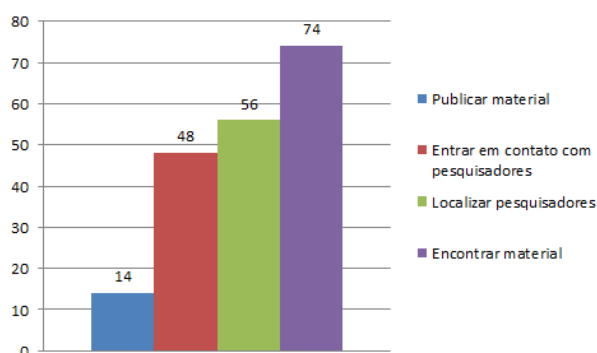


Figura 1.1: número de respostas para cada interesse ao usar redes sociais por cientistas, com dados obtidos de (Madhusudhan, 2012). Cada entrevistado poderia selecionar mais de uma alternativa.

Em um estudo exploratório para conhecer a realidade local, estudamos (Prado e Baranauskas, 2013a) as menções ao uso de computação nas pesquisas de mestrado e doutorado da Universidade Estadual de Campinas, com base nas teses e dissertações defendidas no período de 1999 a 2009 e disponíveis em sua biblioteca digital. Primeiramente, identificou-se nos textos quais declaravam explicitamente ter usado computação em algum momento do processo de pesquisa (Figura 1.2). Buscou-se também identificar com que finalidade as ferramentas informatizadas foram utilizadas em cada uma das dissertações (Figura 1.3), encontrando-se poucas menções explícitas ao compartilhamento de dados, seja como fornecedor ou como usuário.

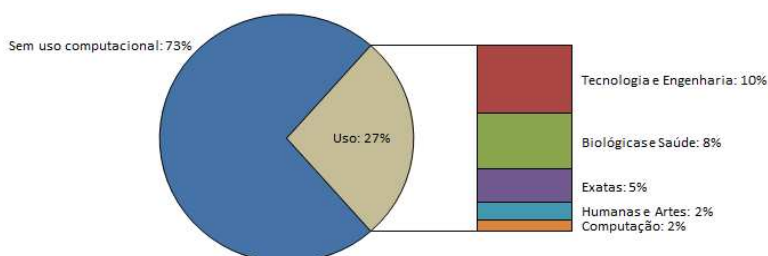


Figura 1.2: Referência ao uso de computação em Teses e Dissertações em relação ao total da amostra.

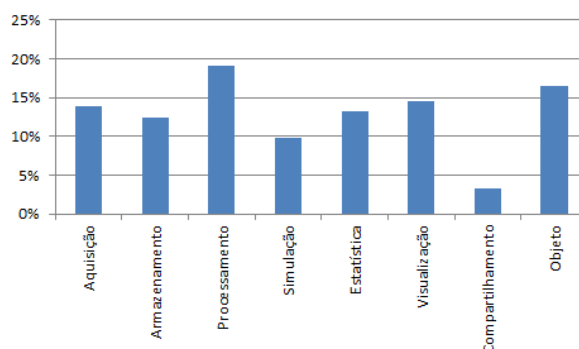


Figura 1.3: Tipo de aplicação da computação, com percentual em relação ao total de casos em que foi detectado uso de computação. Um mesmo documento pode estar contabilizado em mais de uma categoria.

Fica claro que, por mais que existam ferramentas que permitem o compartilhamento adequado dos dados de pesquisa, via *software* em redes de computadores, a motivação por usá-las não tem se manifestado com a intensidade desejada entre cientistas.

Para ampliar a análise e compreender o contexto em que estes interesses se manifestam, utilizamos o trabalho de Latour (2000) e Latour & Woolgar, (1979), que estudaram pelo ponto de vista sociológico a maneira como cientistas trabalham para produzir fatos científicos. Sua proposta é sumarizada em algumas regras metodológicas, dentre elas (Latour, 2000, pág. 421):

- 1) *“Para determinar a objetividade ou subjetividade de uma afirmação, a eficiência ou a perfeição de um mecanismo, não devemos procurar por suas qualidades intrínsecas, mas por todas as transformações que ele sofre depois, nas mãos dos outros”.*
- 2) *“Como a solução de uma controvérsia é a causa da representação da Natureza, e não sua consequência, nunca podemos utilizar esta consequência, a Natureza, para explicar como e por que uma controvérsia foi resolvida”.*
- 3) *“Como a solução de uma controvérsia é a causa da estabilidade da sociedade, não podemos usar a sociedade para explicar como e por que uma controvérsia foi dirimida. Devemos considerar simetricamente os esforços para alistar recursos humanos e não-humanos”.*

Ou seja, o item (1) afirma que não é possível garantir a objetividade de uma proposição sem observar seu destino na comunidade em que foi gerado e, posteriormente, fora dela. Quanto mais pessoas estiverem envolvidas na avaliação da validade de um produto

técnico ou científico, quanto mais este for usado em novos produtos científicos ou técnicos, mais impessoal ele se torna. Neste processo, controvérsias devem surgir entre as pessoas envolvidas, como parte do próprio método científico. Os itens (2) e (3) afirmam que a solução destas controvérsias não pode ser creditada somente à Natureza – numa postura positivista – ou somente aos cientistas – numa visão interpretativista (Orlikowski & Baroudi, 1991). É necessário tomar uma postura intermediária, em que atingir a solução da controvérsia significa obter uma descrição suficientemente objetiva da Natureza, ao mesmo tempo que os argumentos para esta solução podem estar sendo extraídos da Natureza.

Na Figura 1.4 estão ilustradas estas duas visões sobre a ciência e tecnologia. Na primeira parte (a), fatos científicos impessoais e objetivos são acumulados ao longo do tempo, cada um baseando-se nos resultados anteriores e expandindo progressivamente as fronteiras do conhecimento. Em paralelo, cientistas estabelecem relações sociais de co-autoria e participação em um mesmo projeto ou instituição. Isto está representado por um fato científico (quadrado vermelho) se apoiando em outros obtidos previamente (quadrados azuis). O cientista responsável por esta produção é representado pelo círculo vermelho, enquanto seus pares são mostrados como círculos azuis, e estas associações são consideradas como um fenômeno social paralelo.

Na segunda parte (b), o autor de uma proposição científica (em vermelho) lança mão de diversas afirmações prévias (em azul) para tentar convencer outros cientistas e engenheiros (em branco) de que sua descrição da Natureza é válida. Para isso, depende não somente do conhecimento obtido anteriormente, mas também de diversos recursos materiais (em verde): laboratórios, equipamentos, amostras, dados, análises estatísticas. Estes, por sua vez, podem ter incorporado mais conhecimento científico anterior, necessário para sua produção ou construção. O fato científico vai adquirindo um caráter impessoal e objetivo à medida em que é utilizado para solucionar outras controvérsias científicas, bem como para permitir a construção de outros artefatos tecnológicos, incluindo dispositivos para outros experimentos científicos e produção de dados (em branco).

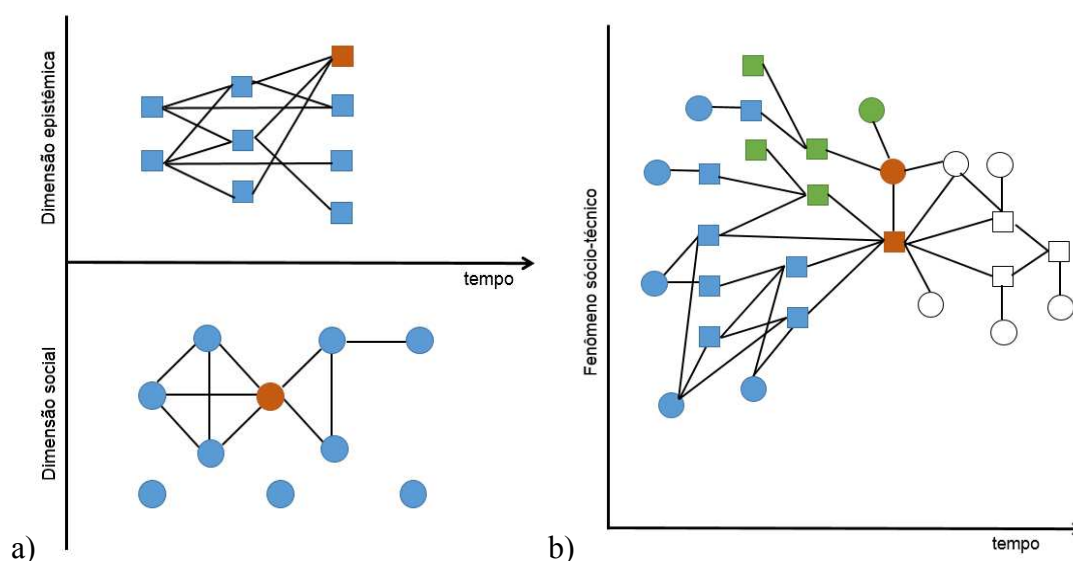


Figura 1.4: a) concepção tradicional da ciência, separando o acúmulo de fatos científicos (quadrados) de seus produtores (círculos). b) visão proposta por Latour (2000) contemplando a articulação conjunta de elementos humanos e não-humanos. Elementos em vermelho denotam o fato científico sendo produzido – tipicamente em um artigo publicado – e seu produtor; em azul, referências e produções anteriores; em verde, máquinas, amostras, equipamentos, entrevistados etc.; em branco, futuros consumidores do fato produzido.

1.2 – Objetivos

Este cenário de sistemas usados em *e-science* voltados ao armazenamento de dados de pesquisa apresenta uma peculiaridade, pois o software é construído não apenas para atender as necessidades do usuário como uma ferramenta, mas também para tentar promover uma mudança em seu padrão de comportamento, de acordo com os interesses de outras partes interessadas. Ou seja, expande-se a concepção de sistemas computacionais para além do uso ferramental, enxergando-os como artefatos ou aparatos tecnológicos, que transcendem a visão utilitarista. Além disso, caracteriza-se uma situação organizacional atípica, em que a funcionalidade do *software* desenvolvido – disponibilizar dados para que outros cientistas usem – não se alinha ao objetivo de seus usuários – produzir conhecimento.

O objetivo deste trabalho é construir e aplicar fontes teóricas e artefatos computacionais que auxiliem na representação do contexto sociotécnico em que ocorrem as atividades de pesquisa científica, em particular na compreensão da relação entre pesquisadores e artefatos digitais, principalmente os dados científicos e seu compartilhamento. Esta tese propõe enxergar um software não apenas como um espaço onde diversos usuários expressam suas intenções, mas também como portadores em si mesmos dos interesses daqueles capazes de influenciar na sua construção e existência.

Para apoiar esta tarefa, necessitamos de estudos que permitam compreender os interesses envolvidos no processo de construção de fatos científicos. Também necessitamos teorias que permitam produzir explicações para conflitos de interesses e desvios de comportamento no uso de sistemas informatizados. Por isso, requer um ponto de vista que consiga abarcar tanto o comportamento humano quanto o tecnológico no mesmo fenômeno. Neste sentido, a Semiótica Organizacional fornece um ponto de partida na Escada Semiótica (Liu, 2000, pág. 27; e Figura 2.15 nesta tese) que decompõe, para fins analíticos, um sistema de informação em camadas interdependentes, que vão desde o nível físico/material até o social/humano. Entretanto, a dinâmica interna desta camada social e sua relação com o nível imediatamente abaixo – o pragmático, onde são estudados ações, intenções e propósitos – precisariam ser melhor compreendidas para contextos onde há interesses difusos ou conflitantes. No contexto científico, em que boa parte da solução de controvérsias se apoia em elementos não-humanos, também é interessante compreender a relação com a camada física. Neste sentido, a Actor-Network Theory (Latour, 2005) – a ser detalhada no Capítulo 2 – desponta como opção viável de apoio teórico-metodológico. O trecho a seguir demonstra uma de suas características principais: tratar humanos e não-humanos conjuntamente na explicação de fenômenos sociais, ao mesmo tempo em que apresenta indícios da possibilidade de contribuição para as áreas de estudos de Sistemas de Informação e Interação Humano-Computador:

*Thus, the questions to ask about any agent are simply the following: does it make a difference in the course of some other agent's action or not? If [...] hitting a nail with and without a hammer, boiling water with and without a kettle, fetching provisions with and without a basket [...] does make a difference [, ...] so these implements, according to our definition, are actors, or more precisely, participants in the course of action waiting to be given a figuration. This, of course, does not mean that these participants 'determine' the action, that baskets 'cause' the fetching of provisions or that hammers 'impose' the hitting of the nail. [...] Rather, it means that there might exist many metaphysical shades between full causality and sheer inexistence. In addition to 'determining' and serving as a 'back-drop for human action', things might authorize, allow, afford, encourage, permit, suggest, influence, block, render possible, forbid, and so on. [...] This is why the notion of affordance, introduced in James G. Gibson (1986), *The Ecological Approach to Visual Perception*, has been found so useful. The multiplicity of modes of action when dealing with technology – hard and soft – is marvelously followed by [Lucy] Suchman, *Plans and Situated Actions* [1987]. (Latour, 2005, pp. 71-72).*

Desta forma, foram estabelecidas as seguintes perguntas de pesquisa:

- 1) É possível integrar ANT a SAC, compondo um corpo teórico-metodológico coeso? Sob quais restrições, pressupostos e limitações?
- 2) É possível aplicar este novo conjunto teórico-metodológico para compreender o contexto de software usado em *e-science* que visa incentivar o compartilhamento de dados de pesquisa?
- 3) É possível aplicar esta visão conjunta para compreender e representar uma comunidade científica, reconhecendo a natureza social do processo de fazer ciência e a participação de elementos não-humanos?
- 4) É possível aplicar o conhecimento sobre o contexto de software usado em pesquisa, bem como as representações de suas comunidades de usuários, na concepção e projeto de uma ferramenta computacional que faça parte das atividades de produção de conhecimento científico?

Em termos de metodologia de pesquisa, esta tese tem natureza inerentemente qualitativa, alinhada ao paradigma subjetivista (Orlikowski & Baroudi, 1991). A resposta para as perguntas de pesquisa corresponde a uma “prova de existência” (Hornung, 2013), isto é, uma prova de que existe uma proposta coerente, que pode ser de fato instanciada e aplicada, e capaz de produzir resultados significativos. A validade de sua contribuição é predominantemente argumentativa, justificada por meio da opinião de experts e aceitação de resultados publicados. Não faz parte dos objetivos uma avaliação de eficiência ou comparação com outros métodos, por implicar, entre outras coisas, estabelecer critérios de comparação, o que seria típico de paradigmas científicos positivistas (Greenhalgh *et al.*, 2009).

Este trabalho não visa informatizar uma solução concebida e concordada por uma organização ou grupo de usuários afetados por um problema conhecido. Ao invés disso, parte-se de um software já existente e em uso por cientistas, o SEEK, que carrega a intenção de introduzir um novo comportamento em seus usuários. Nesta tese, busca-se compreender os impactos desta introdução e seus desdobramentos, as possíveis alterações de padrões de comportamento, interesses e tendências. Contribui-se assim para a caracterização dos efeitos de sistemas usados em *e-science* em comunidades científicas: se, como e quanto estes podem ser positivos para o incentivo ao compartilhamento de dados. A construção do software *Quid*, em uma etapa posterior do projeto, objetiva materializar os resultados obtidos nas etapas anteriores, exercitando os conceitos da ANT em relação a comunidades científicas e se inserindo no contexto de atividades de pesquisa.

1.3 – Estrutura da tese

Esta tese é composta por uma coletânea de artigos publicados que exploram as possibilidades de uso da ANT, trazida aos contextos computacional e de relacionamentos sociais entre cientistas. A estes artigos, foi acrescentado um capítulo especialmente redigido para detalhar o referencial teórico da ANT por um ponto de vista mais voltado à computação, discutir as possibilidades da relação entre SAC e ANT, e explicitar a proposta da tese. Estes capítulos se relacionam conforme ilustrado na Figura 1.5. O texto foi então organizado como se segue.

O Capítulo 2 contém um resumo do referencial teórico fornecido pelos autores que mais contribuíram para a ANT, como Bruno Latour, Michell Callon e John Law. Cada um dos principais conceitos da ANT foi ilustrado com um exemplo da área de tecnologia. A seguir, é mostrado como integrar a ANT ao vasto corpo de conhecimento em que se apoia a SAC, em particular a Semiótica Organizacional para análise e design de Sistemas de Informação.

O Capítulo 3 corresponde ao artigo “Perspectives on Using Actor-Network Theory and Organizational Semiotics to Address Organizational Evolution”, apresentado na 15th International Conference on Enterprise Information Systems, ICEIS 2013, que explora a convergência entre ANT e SO como forma de capturar e registrar interesses em atividades sociais mediadas por artefatos digitais, em ambientes organizacionais. O Capítulo 4, “Using stakeholder and pragmatic analyses to clarify the scenario of data sharing in scientific software”, publicado na 17th International Conference on Informatics and Semiotics in Organisations, ICISO 2016, aprimora o anterior com o uso de diagrama de *stakeholders* e aplica a proposta no contexto de *software* para *e-science*, trazendo uma análise dos diversos fatores humanos e tecnológicos envolvidos no uso de sistemas computacionais por cientistas. Estes dois artigos visam responder a segunda pergunta de pesquisa.

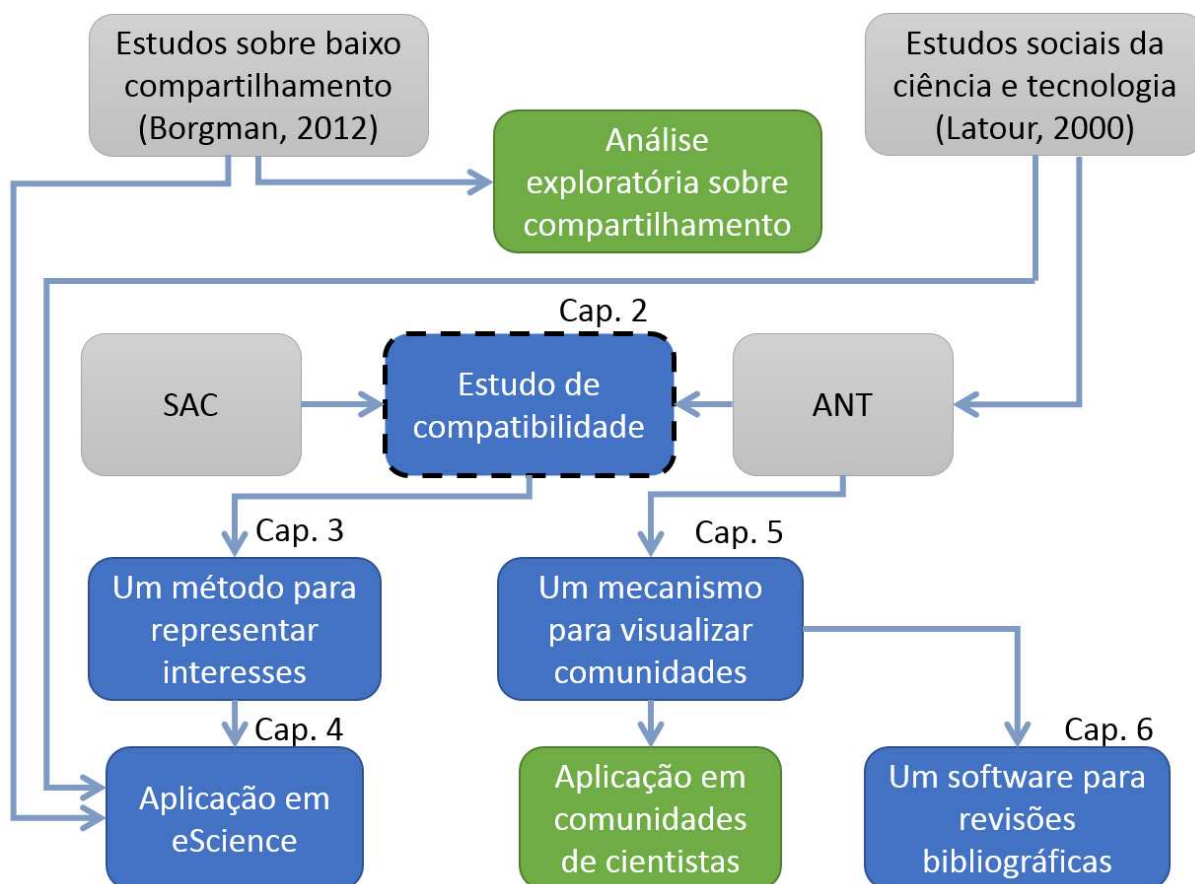


Figura 1.5: encadeamento das partes que compõem o presente trabalho.

O Capítulo 5, correspondente ao artigo “Representing scientific associations through the lens of Actor-Network Theory”, publicado na 4th International Conference on Computational Aspects of Social Networks, CASoN 2012, que propõe um mecanismo visualmente significativo de representação de redes de atores¹, aplicando-o em comunidades de cientistas e suas publicações. Apoiando-se em técnicas computacionais bem conhecidas de visualização de grafos, juntamente com métricas de redes sociais alinhadas à visão da ANT, este capítulo visa responder a terceira pergunta de pesquisa.

O Capítulo 6, “Expandindo revisões bibliográficas sistemáticas pela análise de redes sócio-técnicas científicas”, publicado no XLI Seminário Integrado de Software e Hardware SEMISH 2014, apresenta o sistema *Quid*. Este sistema foi construído segundo a ótica da ANT, e objetiva simultaneamente exercitar a ideia de redes heterogêneas, aplicar a visualização proposta, explorar a grande diversidade de dados bibliográficos disponíveis na

¹ Este artigo foi publicado em novembro de 2012. No mês seguinte, Bruno Latour, Pablo Jensen, Tommaso Venturini, Sébastien Grauwin e Dominique Boullier publicaram artigo usando uma forma semelhante de representação de redes de atores no British Journal of Sociology (Latour *et al.*, 2012).

web em formato digital, e fornecer uma ferramenta que apoie cientistas em suas atividades cotidianas, em particular, processos de revisão bibliográfica, comuns em projetos de pesquisa. Apresenta-se assim uma resposta para a quarta questão de pesquisa.

O Capítulo 7 contém a discussão dos resultados, possibilidades de trabalhos futuros e algumas considerações finais. Neste ponto, considerando todos os elementos dispostos nos capítulos anteriores, é possível apresentar uma resposta para a primeira pergunta de pesquisa.

O Apêndice A traz o artigo “Addressing structural and dynamic features of scientific social networks through the lens of Actor-Network Theory”, publicado na revista *Social Network Analysis and Mining*. Corresponde à versão expandida do Capítulo 5, com destaque para a inclusão da Seção A.6 – *Community Evolution* – que aponta para uma forte correlação estatística entre a durabilidade de associações entre atores e a sua participação em estruturas cíclicas, desde que a análise inclua também os elementos não humanos.

Os principais resultados e contribuições desta tese podem ser assim resumidos:

- Capítulos 2 e 3: ANT enriquece o repertório da SAC em cenários em que interesses não se estabilizaram, trazendo para o contexto de Sistemas de Informação o conceito de rede sociotécnica da ANT e apresentando um método para rastrear e documentar interesses.
- Capítulo 4: Houve a instanciação do método proposto tomando como base um software usado em *e-science*, cujo estudo indica que este poderia explorar melhor as oportunidades de mediação.
- Capítulo 5: Apresenta um mecanismo de visualização de comunidades, que mostra quais elementos, sejam eles humanos ou não-humanos, ocupam posições centrais em comunidades científicas, para explicitar uma rede sociotécnica articulando-se um conjunto de algoritmos conhecidos de visualização e extração de características de redes sociais humanas.
- Capítulo 6: Mostra como atores destacados por este mecanismo de visualização são representativos do tema de interesse de uma comunidade ou de um conjunto bibliográfico. Esta característica foi aproveitada em um software de apoio para atividades científicas.

2 – Articulando Actor-Network Theory e Socially Aware Computing

“If human beings form a social network it is not because they interact with other human beings. It is because they interact with human beings and endless other materials too.”
(Law, 1992)

SAC tem sua base conceitual vinda principalmente da Semiótica Organizacional – SO – que define uma organização como um sistema de informação em que agentes utilizam signos (Peirce, 1960) para realizar ações com propósito (Liu, 2000, p. 109). A SAC propõe observar que, a partir de uma sociedade em que há uma diversidade de valores e propósitos, emerge uma organização, delimitando um conjunto de participantes que compartilha interesses e significados para coordenar suas atividades. As ferramentas da SAC objetivam facilitar a clarificação e circulação de influências, intenções e conceitos entre estas camadas do sistema de informação e deste com a sociedade de que faz parte. Esta concepção está ilustrada na Figura 2.1. Desta forma, os estudos tanto da sociedade quanto da organização são igualmente importantes para o sucesso deste processo de design.

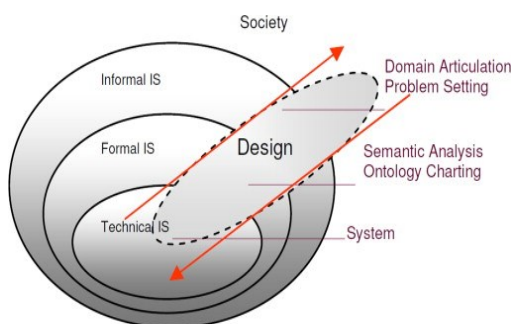


Figura 2.1: Conceção da SAC sobre o processo de design de um sistema técnico em um contexto social.

Reproduzida de Pereira e Baranauskas (2015).

Para compreender a origem e a natureza dos fenômenos sociais, a sociologia apresenta correntes que, simplificadamente, se apoiam em uma destas bases: estrutura ou agência² (Vandenberghe, 2008). A abordagem estruturalista se baseia na definição de fato social: uma manifestação humana que não faz parte dos domínios físico, biológico ou psicológico. Um fato social é reconhecido pelo “poder de coerção externa que exerce ou é capaz de exercer sobre os indivíduos” (Durkheim, 1895, p. 10), criando um “campo de forças” social que molda o comportamento humano. Por exemplo, esta abordagem considera o advento do

² O termo *agency* foi aqui traduzido simplesmente por “agência” apesar de haver, no contexto da sociologia, opções de tradução mais elaboradas, como por exemplo, “protagonismo” (Barcinsky, 2009). No geral, refere-se à capacidade do indivíduo de atuar sobre outras entidades de forma independente.

dinheiro e da economia como um fato social, pois não pode ser atribuído à psicologia de um indivíduo ou a suas funções biológicas ou capacidades corporais físicas.

Já a abordagem baseada em agência vê a capacidade dos indivíduos de agir independentemente e tomar suas próprias decisões através do livre arbítrio como a fonte dos fenômenos sociais. A estrutura social seria apenas uma consequência do uso das habilidades cognitivas e físicas dos indivíduos de acordo com seus interesses e intenções (Hewege, 2010). Seguindo o exemplo anterior, esta abordagem permite supor que o dinheiro surgiu da criatividade de pessoas interessadas em simplificar relações de troca de mercadorias, dependendo intrinsecamente do senso de valor que as pessoas atribuem aos objetos (Simmel, 1978).

Algumas propostas conciliatórias entre agência e estrutura surgiram, como o *estruturacionismo* (Giddens, 1984 *apud* Law, 1992), e a teoria do *habitus* (Bourdieu, 1972 *apud* Latour, 2005). Afirmam que as ações dos indivíduos possuem em sua grande maioria um aspecto de repetição e rotina, sendo por um lado condicionadas por estruturas sociais pré-existentes enquanto recriam estas estruturas através da sua realização efetiva; por outro lado novas estruturas são criadas a partir de variações criativas ou rompimentos com a rotina (Peters, 2011). Ainda no exemplo do dinheiro, este teria evoluído ao longo do tempo por meio de diversos usos, ajustes e inovações, tornando-se mais complexo e, ao ser repetido e padronizado, tornou-se parte indissociável de estruturas sociais contemporâneas.

A *Actor-Network Theory*, ANT ou Teoria Ator-Rede (Latour, 2005), é um conjunto teórico-metodológico da sociologia, alinhado à tendência conciliatória entre estrutura e agência, que surgiu nos Estudos Sociais da Ciência e Tecnologia para compreender as relações entre cientistas, e foi expandido para fenômenos sociais em geral. Objetiva fornecer uma nova abordagem para o estudo destes fenômenos, equipando o observador interessado com uma “sensibilidade” para melhor captar como se desenvolvem estes fenômenos. Afirmar que as únicas forças responsáveis por sustentar agregações sociais provêm dos participantes do fenômeno estudado.

Neste capítulo, apresentamos o referencial teórico da Actor-Network Theory, ilustrando seus principais conceitos com exemplos vindos de outros trabalhos que a aplicam na descrição de sistemas sociotécnicos. A seguir, discutimos as bases filosóficas deste paradigma científico, em comparação às da SAC, encontrando um ponto de equilíbrio que seja capaz de contribuir para a compreensão da participação social de sistemas de informação.

Por fim, propomos uma possibilidade de conciliação das teorias, visando contribuir para a compreensão da participação social de sistemas de informação.

2.1 – Actor-Network Theory: principais conceitos

A ANT propõe enxergar as interações humanas como cadeias de associações distribuídas no tempo e espaço que dependem da atuação contínua de seus participantes uns sobre os outros e cuja estrutura é dinâmica, consequência desta ação conjunta. Um **ator**³ é então definido como qualquer entidade que age sobre outra, ou ainda que coloca outra para agir, alterando um certo estado de coisas. Diferentemente de boa parte das teorias da sociologia, que consideram a sociedade composta, produzida e mantida apenas por pessoas, a ANT introduz a necessidade de se olhar também para a realidade material dos objetos e artefatos, para que a sociedade como é percebida possa ser explicada.

Os participantes de atividades sociais criam **associações** entre si, com a intenção de obter apoio para propagar forças, interesses e mobilizar outros aliados para atingirem seus objetivos ou obterem benefício mútuo. Estes aliados podem estar entre os seres humanos, entre os não-humanos, mas muitas vezes formam agregados heterogêneos. A ANT é teoricamente embasada no princípio de que as habilidades sociais básicas dos seres humanos são capazes de gerar apenas laços fracos e de curto alcance e duração (Latour, 2005, p. 65). Para que associações se tornem duradouras, é necessária a participação dos atores não-humanos, garantindo estabilidade e ação à distância.

Este ponto de vista da ANT exige que fenômenos tradicionalmente estudados em separado sejam tratados conjuntamente. Grupos de pessoas que interagem entre si são de interesse da sociologia. Por outro lado, grupos de objetos que se articulam de forma ordenada – ou seja, máquinas – pertencem ao domínio da tecnologia. O ponto de contato entre pessoas e dispositivos técnicos recebe atenção, por um lado, das diversas disciplinas de “fatores humanos” e, por outro lado, nos estudos sociais da ciência focados no determinismo tecnológico (Dagnino, 2008). A compreensão da realidade social requer que as fronteiras entre estes domínios sejam ultrapassadas, dando-se mais atenção à sequência de interações do que à natureza de seus participantes. A Figura 2.2 traz a representação de uma cadeia heterogênea com os diferentes focos parciais de atenção.

³ Alguns textos mais recentes sobre a ANT usam o termo *actante*, reservando “ator” apenas para denotar um participante humano. Nesta tese usaremos ator no sentido mais genérico.

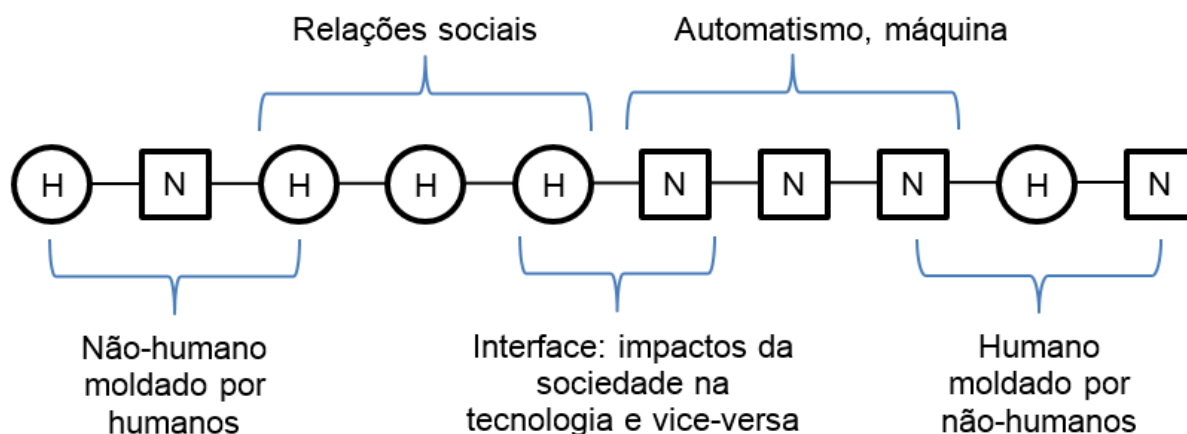


Figura 2.2: Cadeias de associações em um fenômeno social heterogêneo. Figuras arredondadas denotam atores humanos, enquanto quadrados marcam os não-humanos. Adaptada de Akrich e Latour (1992).

Na prática, estes relacionamentos não são sempre lineares, nem as fronteiras estão tão bem definidas. Por exemplo, aplicando a ANT na compreensão da evolução dos assistentes pessoais digitais – PDAs – na década de 1990, Allen (2004) relata que quando o Palm Pilot foi lançado, seu público alvo foi definido como o de executivos ocupados, que precisavam de acesso a aplicativos simples de gerenciamento de informações pessoais, como agenda e anotações. Por um lado, isso implicou em produzir um novo dispositivo direcionado às necessidades destas pessoas: pequeno e leve para ser transportado durante todo o dia, o que levou a algumas decisões de *design* no produto: a bateria teria que ser reduzida, o que restringia a capacidade de processamento da CPU. Optou-se também por um mecanismo de entrada de dados baseado em caneta *stylus*, eliminando-se assim a necessidade de um teclado, o que estava de acordo com a restrição de tamanho. Ou seja, atores humanos moldaram, por diversos caminhos, o novo objeto sendo criado. Por outro lado, dadas as limitações da CPU e dos algoritmos de reconhecimento de escrita cursiva da época, o algoritmo de entrada de dados não reconhecia a caligrafia normal, mas sim, um alfabeto simplificado chamado Graffiti, e o usuário era obrigado a aprender a escrever de uma maneira nova. Ou seja, um conjunto de não-humanos forçou uma mudança de comportamento em atores humanos. Frente a seus concorrentes da época, o Palm Pilot teve um expressivo sucesso de mercado. Estas cadeias de associações estão representadas na Figura 2.3.

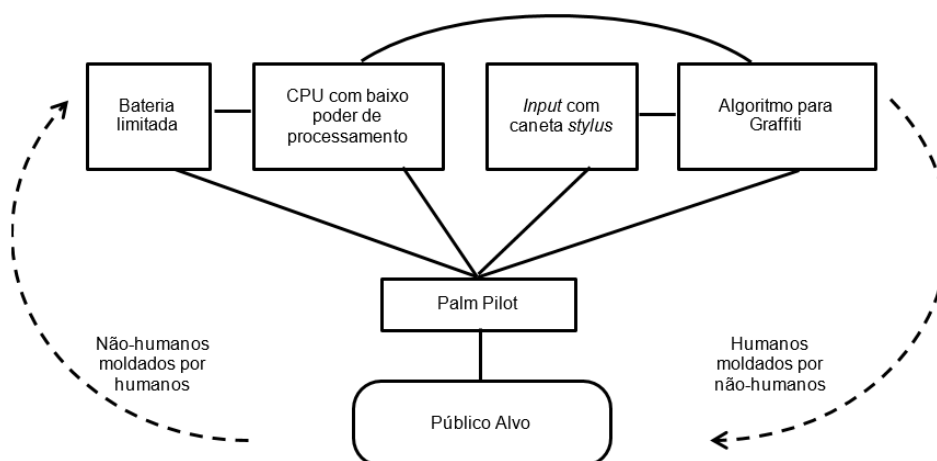


Figura 2.3: Cadeias de associações no desenvolvimento do Palm Pilot, limitada a alguns de seus componentes para ilustrar a propagação de influências entre humanos e não-humanos.

O processo de formação de associações entre atores é chamado de **translação**⁴. Consiste em um ator, no desejo de mudar certo estado de coisas, buscar outros atores cuja atuação e habilidades possam ser benéficas, estimular seus interesses para se unirem, e controlar seu comportamento pretendendo que suas ações tenham alguma previsibilidade ao longo do tempo. Este movimento gera ordem, na forma de dispositivos, instituições e comunidades. Aprofundando-se na dinâmica da translação, Callon (1986) afirma que esta passa por quatro momentos bem definidos, embora às vezes sobrepostos:

1. Problematização: o problema a ser resolvido de forma colaborativa deve ser definido, identificando-se as partes potencialmente interessadas;
2. Interessamento: os aliados em potencial identificados inicialmente têm que ser convencidos a agir conjuntamente, retirando-os de seus caminhos habituais de ação;
3. Envolvimento: ao concordarem com o interessamento, o papel de cada ator no grupo é definido, estabelecendo-se novos padrões de comportamento e responsabilidades, e delineando-se uma nova estrutura social provisória;
4. Mobilização de aliados: novos atores são alistados para criar mecanismos de controle, reforçando e regulando as estruturas definidas anteriormente, visando manter os atores em seus papéis de forma mais estável e duradoura.

⁴ No original *translation*, estamos adotando aqui a mesma palavra que outros textos em português. Entretanto, além do sentido geométrico de “deslocamento”, o termo tem o sentido linguístico de “tradução” ou equivalência de significado. A complexidade semiótica é proposital (Latour, 2005, p. 64).

Akrich e Latour (1992) sugerem que estas interferências e negociações não ocorrem apenas entre cada par de atores, mas sim nas cadeias mais longas de associações, com vários envolvidos. Interesses e intenções são encaminhados através de sequências de interações que se beneficiam da existência de outros atores capazes de agir sobre aquele que se deseja influenciar. Quando os atores se conectam formando uma **rede**, as consequências do sucesso ou fracasso se espalham através das associações, de modo que há um interesse mútuo que todos sejam bem-sucedidos.

Para formação da rede, diversas estratégias podem ser adotadas. Seguir cadeias de associações já existentes em busca de novos aliados é uma delas. Por exemplo, Spiess (2010) analisou o surgimento do *software* BrOffice⁵ pela ótica da ANT, narrando a sua origem na intenção de dois desenvolvedores brasileiros de traduzirem um código, pertencente anteriormente ao pacote StarOffice e disponibilizado para a comunidade de software livre pela Sun Microsystems. De início, tentaram contato com outro ativista que havia assumido anteriormente a tradução, mas não obtiveram sucesso. Em seguida, estabeleceram contato com membros do projeto OpenOffice.org, vinculado à Sun, que lhes atribuiu a responsabilidade oficialmente. Dada a extensão da tarefa de tradução, os dois membros iniciais convocaram mais voluntários, utilizando-se de listas de discussão. Esta problematização pode ser esquematizada na Figura 2.4.

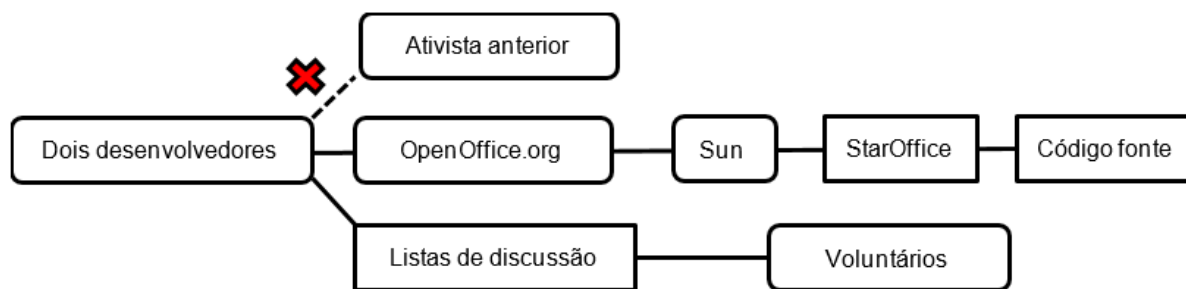


Figura 2.4: exemplo de problematização para surgimento do *software* BrOffice.

Na fase de interessamento, Latour (2000) categorizou alguns modos gerais de atuação, esquematizados na Figura 2.5 e listados a seguir, em que um ator pode aplicar diversas forças de convencimento sobre os demais:

1. “Eu quero o que você quer”: para atingir seu objetivo, um ator abre mão parcialmente de seus interesses, para poder se alinhar aos de outro ator mais forte.

2. “Eu quero, por que você não quer?”: um ator consegue convencer outro mais forte a mudar seus objetivos, alinhando-se aos do primeiro.
3. “Se você desviasse um pouquinho...”: similar ao modo anterior, mas o ator mais fraco deve convencer o mais forte que há um obstáculo em seus planos, e sugerir uma rota alternativa que lhe é benéfica.
4. Remanejando interesses e objetivos: um modo mais sutil de translação em que os interesses não são explícitos, não sendo mais possível dizer quem está alistando ou sendo alistado, quem está saindo do próprio caminho. Pode consistir em inventar novos grupos e objetivos, tornar imperceptível o desvio do caminho original, fazer aproximações sucessivas ou ainda atribuir para si a responsabilidade de outras translações em um cenário com diversos participantes.
5. Tornar-se indispensável: neste caso, não é necessária nenhuma negociação, nenhum movimento por parte do ator em estudo; os demais é que fazem o deslocamento, a solicitação, as concessões de interesses e a mudança de planos.

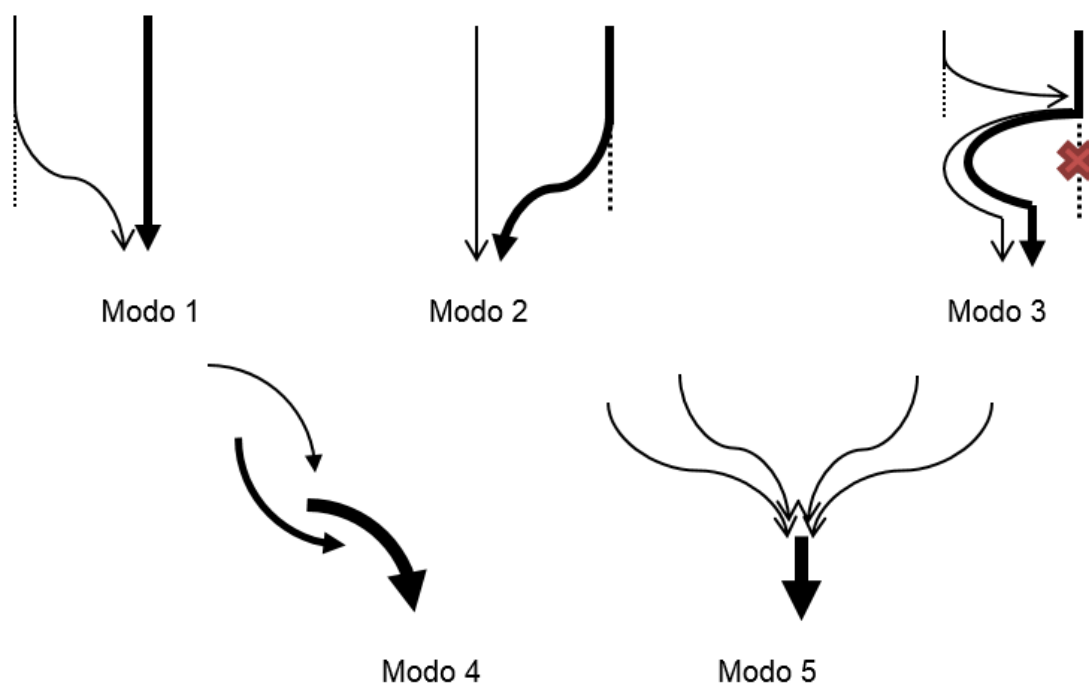


Figura 2.5: modos em que uma translação de interesses comumente pode se desenrolar. Adaptada de Latour (2000, pág. 199).

⁵ BrOffice era o nome adotado no Brasil da suíte para escritório gratuita e de código aberto OpenOffice.org. Incluía seis aplicativos: editores de textos, apresentações, desenhos, fórmulas matemáticas, planilha eletrônica e um gerenciador de banco de dados [https://pt.wikipedia.org/wiki/BrOffice].

Diversos exemplos de translações podem ser encontrados no trabalho de Faraj *et al.*⁶ (2004), que analisaram a evolução dos navegadores web pela ótica da ANT. Em 1993, as primeiras versões do Mosaic procuraram incorporar outros protocolos, como *gopher* e *ftp*, em adição à sua funcionalidade primária de visualização de *html* via *http*. Assim, um ator mais fraco e menos conhecido poderia se apoiar em atores mais fortes para conquistar usuários – translação modo 1.

Já em 1995, a Netscape buscava aumentar o interesse por seu navegador adicionando interatividade e dinamismo na forma de plug-ins. *Applets* Java, da Sun, e visualizadores de PDF da Adobe foram incorporados aos navegadores, exigindo uma mudança de rota tanto da Netscape, que precisou implementar APIs de suporte a plug-ins, quanto dos provedores destes aplicativos, que precisaram se adaptar para serem executados dentro de um navegador – translação modo 3.

Em paralelo, a Microsoft tentava emplacar seu Internet Explorer acreditando em uma integração forte com o seu bem estabelecido sistema operacional Windows. Para isto, este precisou ser modificado, por exemplo, para embarcar a ideia de que o navegador seria a interface padrão de acesso a arquivos locais. Um ator mais forte foi desviado de sua rota original para fortalecer o mais fraco – translação modo 2.

Em 1996, a empresa Lawson Software tornou-se a primeira a utilizar um navegador como interface para seu aplicativo ERP. Imediatamente, outros fornecedores como SAP, Baan e PeopleSoft, passaram a fornecer o mesmo tipo de interface web. O navegador já havia se tornado um ator capaz de atrair por si só o interesse de outros, que por sua vez mudaram de caminho para poderem resolver seus próprios problemas na construção de uma interface distribuída para sistemas colaborativos – translação modo 5.

Se o interessamento foi bem-sucedido, atinge-se a etapa de envolvimento dos atores, em que estes aceitam seus novos papéis, delineando-se responsabilidades. Nesta fase, Callon (1986) afirma que as estratégias vão desde o consentimento sem discussão até a imposição por força física. Importante notar que a atribuição de papéis leva a uma redefinição da identidade do ator perante os demais. Uma rede, pelo ponto de vista da ANT, não é apenas a ligação de elementos que “já estavam lá” e que são aglutinados sem sofrer nenhuma transformação, “apenas acrescentando laços sociais”. Na maioria das vezes, a aproximação e interação que constituem a associação redefinem os atores uns para os outros; em última

⁶ Não foi encontrado neste artigo um exemplo claro de translação pelo modo 4 – em parte porque neste

análise, um ator é definido pelas suas associações (Law & Hassard, 1999 *apud* Latour *et al.*, 2012).

Voltando ao exemplo de Faraj *et al.* (2004), o efetivo envolvimento dos vários interessados levou à definição do que atualmente é compreendido como um navegador web: um *software* capaz de suportar diversos protocolos e *plug-ins*, e apto não apenas a fornecer conteúdo estático, mas também servir de interface para sistemas dinâmicos e diversos tipos de mídia. Seu papel e comportamento estão bem definidos para os demais participantes: desenvolvedores, empresas, provedores de conteúdo e usuários em geral compartilham o conceito de navegador web.

A estrutura social assim obtida é provisória e instável. Os arranjos de atores estão sujeitos a se desfazerem, por mudanças internas de interesses, comportamentos imprevistos, ou pela influência externa de novos participantes. Latour (2000) aponta duas principais preocupações neste momento, conhecido como fase de mobilização de aliados: encontrar o elo mais fraco na cadeia de associações e procurar mais aliados que auxiliem a manter a rede coesa. Faz-se necessário testar se as ações praticadas pelos atores já alistados se propagam, e trazer novos participantes à rede, criando caminhos alternativos que garantam a efetividade e durabilidade das associações. Este movimento pode exigir iniciar novas translações.

Por exemplo, Lee & Oh (2006) usaram a ANT para narrar a história da competição entre o padrão de segurança de redes sem fio chamado WEP, usado pelo consórcio Wi-Fi Alliance, e um protocolo competidor, apoiado pelo governo chinês, chamado WAPI. Dentre os diversos padrões agregados na construção de redes Wi-Fi, WEP possuía falhas conhecidas de segurança, o que caracterizava um elemento fraco na cadeia de associações do consórcio Wi-Fi. Diversos fabricantes chineses se uniram para propor a alternativa WEPI, cuja especificação era fechada a eles e incompatível com Wi-Fi. Em 2004, a empresa Texas Instruments anunciou que estaria disposta a adotar WAPI. Como a IEEE ainda demoraria alguns meses para completar o novo padrão 802.11i, o consórcio Wi-Fi precisou desenvolver o padrão WPA, compatível com a maioria do hardware já existente e que utilizava WEP, exigindo apenas atualização do firmware, e simultaneamente com compatibilidade futura com o padrão 802.11i em construção. Com estes novos atores, foi possível manter os demais

caso os interesses não são declarados explicitamente, ficando prejudicada uma análise *a posteriori*.

aliados sob controle, mantendo-se a rede de associações com fabricantes, linhas de produto e consumidores do padrão Wi-Fi. A figura 2.6 representa este movimento.

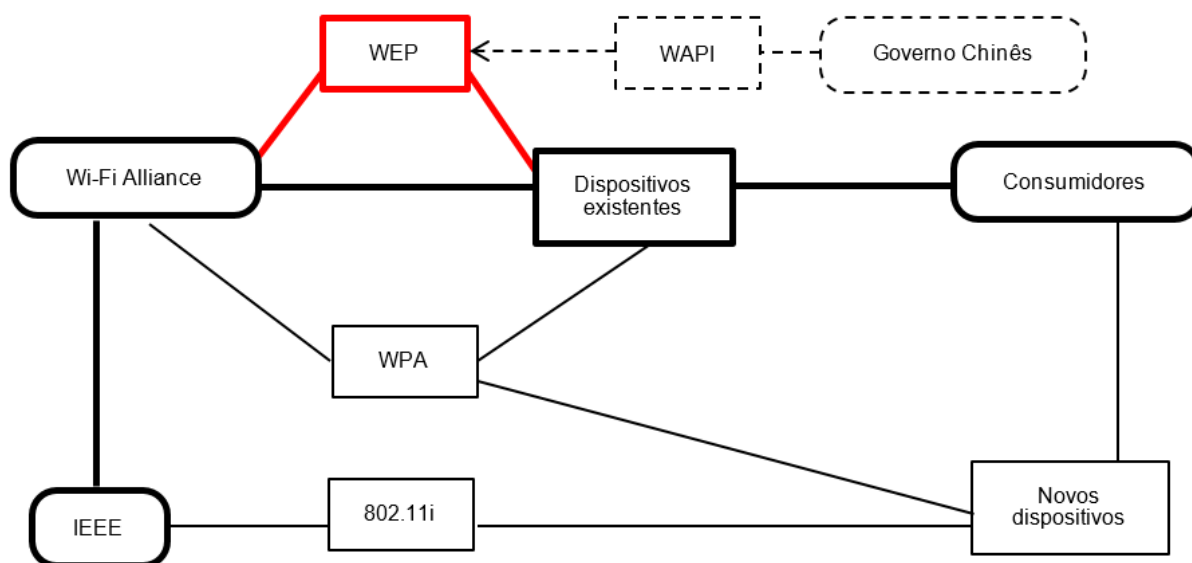


Figura 2.6: Wi-Fi Alliance mobilizando novos aliados: WPA, IEEE, 802.11i como forma de fortalecer a rede enfraquecida pelo WEP, contra-atacando a ameaça imposta pelo WAPI. As linhas grossas denotam as entidades presentes inicialmente, com seu elo mais fraco destacado em vermelho. Em linhas pontilhadas, a ameaça à estabilidade da rede. Os elementos desenhados com linhas finas correspondem aos novos atores alistados para fortalecerem os caminhos que mantiveram os consumidores associados à Wi-Fi Alliance.

Quando a translação é eficaz e os diversos atores são levados a agir sinergicamente com apoio de mecanismos de controle mútuos, a complexidade da agregação é encapsulada em uma **caixa-preta**. Neste momento, uma parte da rede pode ser vista como um único ator. Entretanto, há uma lista de ocasiões em que a rede de componentes do ator mais facilmente se torna visível como elementos individuais: quando ocorrem defeitos, acidentes, comportamentos inesperados, ou durante o processo de criação de inovações e novidades. A Figura 2.7 ilustra este conceito, retomando o exemplo do Palm Pilot (Figura 2.3): enquanto para seus usuários o Palm é uma caixa preta, os projetistas enxergam este mesmo ator como uma complexa rede de inter-relacionamentos, onde diversos componentes têm papéis bem definidos.

Outro importante conceito proposto pela ANT é o da planificação ontológica: local e global, parte e todo, não são hierarquicamente separados ou encaixados uns nos outros, mas diferenciados apenas pelas suas conexões. “The more attachments [an actor] has, the more it exists” (Latour, 2005, p. 217). O exemplo do Palm Pilot (figuras 2.3 e 2.7) ilustra esta ideia, pois os seus componentes de *hardware* e *software* não estão “dentro” da figura no diagrama que representa o dispositivo, mas sim, associados a ele. Segundo Latour (2005, p. 206),

hierarquias criam separações entre os participantes de um fenômeno muitas vezes arbitrárias, dependentes do ponto de vista de quem descreve o fenômeno, mais do que da natureza dos participantes.

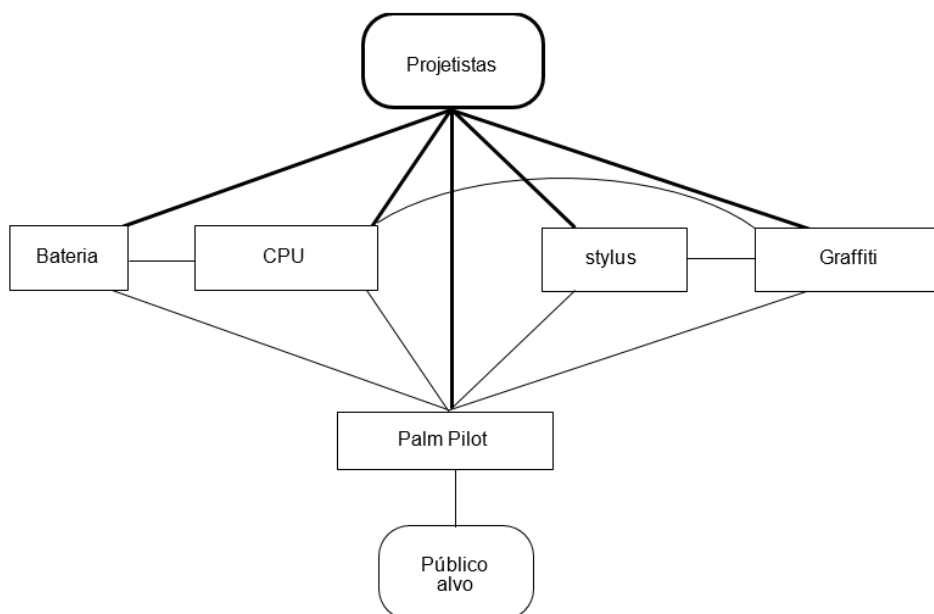


Figura 2.7: expansão da rede de atores para o exemplo do Palm Pilot. Enquanto público alvo compreende o dispositivo como um único ator, para os projetistas a rede que o compõe é visível e existem relações específicas com cada componente. A rede poderia ser ainda mais detalhada expandindo os diversos papéis que foram representados como “projetistas”: engenheiros eletrônicos, programadores de software, ergonomistas etc.

Quando ocorrem acidentes ou comportamentos inesperados, a rede que compõe o ator fica exposta, encontrando-se muitas vezes cadeias heterogêneas. Por exemplo, empresas são um agregado de pessoas, máquinas e documentos, que tomam decisões, têm estratégias de mercado, comportando-se como um ator. Para todos os efeitos, não é necessário especificar quem provocou um comportamento específico até que isto se faça necessário, por exemplo, em caso de responsabilização por danos a terceiros: erro humano ou falha técnica? Outro exemplo: uma pessoa que utiliza um marca-passos é “só um humano” até que ela tenha que passar no detector de metais de uma porta de banco. Neste momento a caixa-preta se desfaz e é preciso conhecer os atores humanos e não-humanos que a compõem, bem como as interações entre eles, como entre o campo magnético da porta e o circuito eletrônico do marcapasso.

Durante a criação de novidades, inventores, designers, e engenheiros possuem representações – realistas ou não – dos usuários-alvo para os produtos que desenvolvem. Este modelo de comportamento pretendido para os usuários é incorporado ao artefato sendo produzido. A orquestração dos participantes do novo ator-rede é feita através da atribuição de

sequências de ações que seu idealizador espera que outros realizem em contextos específicos, em um processo chamado **inscrição**. Assim, decisões técnicas e organizacionais e expectativas de comportamento e uso ficam incorporadas, ou seja, inscritas no novo objeto, moldando possíveis relações entre estes e as pessoas (Akrich & Latour, 1992).

Artefatos tecnológicos têm a capacidade de modificar a maneira como as pessoas pensam, e podem ser usados de modo diferente do que foram projetados, às vezes inesperadamente, possuindo, portanto, alguma forma de agência (Kroes, 2012). Não se pretende, contudo, atribuir intencionalidade a atores não-humanos, apenas não se deve desprezar seu potencial de interação e mediação de outras relações, seja por meios físicos ou cognitivos (Law, 2009). Dizer que não existe diferença fundamental entre pessoas e objetos é uma posição analítica, e não ética, não significando que devemos tratar pessoas como se fossem máquinas, ou vice-versa. Humanos devem ser tratados como tal, reconhecendo seus direitos, obrigações e responsabilidades (Law 1992). Fica claro, entretanto, que a separação entre humanos e não-humanos *a priori* não é essencial para a compreensão de um fenômeno social, pois ambos são importantes para a rede.

Ao invés de categorizar os atores segundo sua natureza, a ANT afirma ser mais importante identificar o papel que eles cumprem nas cadeias de associações enquanto transportam forças e influências: como intermediários ou como mediadores. Um ator é um **intermediário** na cadeia de associações quando transmite as ações recebidas sem transformação. O comportamento de um intermediário é previsível e as saídas são determinadas pelas entradas. Uma rede composta apenas por intermediários é facilmente encapsulada em uma caixa-preta, por mais complexos e intrincados que sejam seus relacionamentos. Ao analisar uma rede, atores intermediários muitas vezes passam despercebidos. Por outro lado, um **mediador** insere algum comportamento novo para o sistema. Mediadores modificam, distorcem, amplificam ou traduzem os estímulos recebidos. Eles são criativos e mostram variabilidade e imprevisibilidade ao atuar sobre os outros, resolvendo assimetrias e conflitos entre os outros atores. Esta categorização é circunstancial, aplica-se a cada elemento transportado. Um mesmo ator pode se comportar como mediador ou intermediário sob diferentes estímulos e contextos.

Por exemplo, Andrade (2012) utilizou a ANT para analisar uma funcionalidade, disponível em muitas ferramentas de e-mail, conhecida como “Out of Office Message”, que consiste em configurar uma mensagem automática de resposta avisando ao remetente que o destinatário da mensagem está ausente. Esta mensagem tem a capacidade de alterar um estado

de coisas – no caso, as expectativas do remetente, que deixa de esperar uma resposta imediata ou alguma providência requerida na mensagem – sendo, portanto, um ator. Quando esta ação da mensagem sobre o remetente reflete fielmente a intencionalidade do usuário que ativou o mecanismo de “Out of Office Message”, ela pode ser vista como um intermediário. Entretanto, a ação da mensagem automática sobre o remetente da mensagem original pode não ser só este: Andrade (2012) narra que há situações em que, mesmo fora do escritório, o destinatário lê sua correspondência eletrônica e responde imediatamente em alguns casos. Isso pode ser interpretado pelo remetente como um sinal de que o conteúdo do e-mail ou a manutenção da discussão é de grande importância para o destinatário. Neste caso, a interpretação da mensagem pelo remetente vai além da intenção original do usuário que ativou o mecanismo, acrescentando uma interpretação adicional, sendo, portanto, um mediador entre destinatário e remetente.

2.2 – Analisando os paradigmas científicos de SAC e ANT

Sendo SAC e ANT conjuntos teórico-metodológicos provenientes de paradigmas científicos independentes, é importante que sua aproximação não seja feita *ad hoc*, mas sim, direcionada pelas bases filosóficas do conhecimento científico (Ponterotto, 2005):

- Ontologia: define aquilo que é aceito como existente;
- Axiologia: clarifica os propósitos e valores do sujeito produtor do conhecimento;
- Epistemologia: estuda a aquisição e organização de conhecimento, bem como a relação entre sujeito e objeto de pesquisa;
- Metodologia: estabelece condutas e procedimentos válidos para obtenção do conhecimento.

Do ponto de vista **ontológico**, SAC se baseia na Semiótica Organizacional, que adota uma postura de subjetivismo radical (Liu, 2000; Liu, 2005) em que nada existe sem a presença de um sujeito conhecedor, que percebe e reconhece a existência de outras entidades por meio de ações no ambiente a seu redor (Gibson, 1979 *apud* Stamper *et al.*, 2004). Reconhece a existência de duas categorias de entes: agentes e *affordances*. De modo geral, pode-se considerar que os agentes correspondem a entidades humanas, sejam pessoas individualmente, ou coletivas, como organizações, grupos sociais, empresas ou países. Já as *affordances* seriam habilidades e padrões de atuação destes agentes, possibilitados pelos objetos e demais entidades não-humanas. Entretanto, analisando em profundidade, esta definição é sensível a contexto: o que diferencia um agente é que este deve ser capaz de agir

com responsabilidade (Liu, 2000, p. 64), ou a ele podem ser imputadas responsabilidades (Stamper *et al.*, 2004), sendo desta forma um agente um tipo particular de *affordance*.

Já a ANT enxerga que um fenômeno social é desempenhado exclusivamente por atores, e que sua natureza intrínseca – humana ou não – não é relevante a priori para a análise deste fenômeno; pelo contrário, mantê-los separados em domínios diferentes dificultaria a explicação da sociedade. A rede formada pelos atores não deve ser vista como um nível ontológico distinto, uma organização ou estrutura acima da existência dos atores; na verdade atores só existem porque estão agindo uns sobre os outros, e a rede é o resultado deste emaranhado de ações. Aprofundando-se a análise, um ator pode ser visto como uma rede, onde outros atores se relacionam e se articulam de forma mais ou menos organizada. Em outras palavras, a ANT pode ser considerada ‘ontologicamente recursiva’ (Greenhalgh *et al.*, 2009).

Axiologicamente, vamos concentrar a análise em como os paradigmas enxergam que os resultados de suas pesquisas podem – ou devem – extrapolar as fronteiras da comunidade científica em que foram gerados. A relação entre ciência, tecnologia e sociedade recebeu historicamente diversas definições e pontos de vista. Uma possível classificação, proposta por Dagnino (2008), os divide em quatro grandes grupos: neutralidade técnico-científica, determinismo tecnológico, e teses fraca e forte do não-determinismo. O primeiro defende que fatos científicos e artefatos tecnológicos têm sua existência definidos por si só, sem interferência ou relação com a sociedade na qual se desenvolveram. Já o determinismo tecnológico afirma que o progresso técnico e científico ocorre inevitavelmente, cabendo à sociedade se adaptar às novidades. A tese fraca da não-neutralidade propõe que a interferência ocorre no sentido oposto, baseando-se em teorias como o construtivismo e o materialismo sociais. Por fim, a tese forte da não-neutralidade defende um ciclo de realimentação entre sociedade e ciência e tecnologia, com interferências em ambos os sentidos, e tanto positiva quanto negativamente. Estes quatro grupos de abordagens estão sintetizados na Figura 2.8.

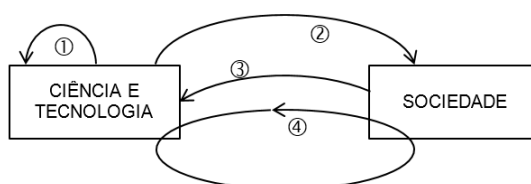


Figura 2.8 - visões gerais sobre como ciência, tecnologia e sociedade podem se relacionar. 1) neutralidade científica; 2) determinismo tecnológico, 3 e 4) teses fraca e forte da não-neutralidade. Adaptada de Dagnino (2008).

Outra forma de enxergar a relação entre ciência, tecnologia e sociedade é dada pela Escola de Edinburgo (Bloor, 1976), que toma seus conceitos básicos do trabalho de Thomas Kuhn (1970). A proposta, denominada Programa Forte da sociologia do conhecimento científico, afirma que devem ser estudadas as condições psicológicas e culturais em que o conhecimento é construído, e que o mesmo tipo de explicação deve ser usado para as explicações científicas bem-sucedidas ou malsucedidas, indiferentemente. O nome “programa forte” foi dado em oposição ao que foi chamado “programa fraco” dos estudos sociais da ciência e tecnologia, que pressupõe que a sociedade desvia a tecnologia de seu curso “natural”, gerando a postura de que “fatores humanos” são os responsáveis por um determinado esforço científico ou tecnológico não atingirem sua forma “perfeita”.

SAC está nitidamente direcionado à possibilidade de promover alterações na sociedade simultaneamente à construção de sistemas de informação, seguindo as influências do Design Participativo, em que muitos pesquisadores e profissionais são motivados pela crença no valor da democracia no contexto de trabalho (Baranauskas *et al.*, 2013). Como exemplos, podem ser citados os projetos e-Cidadania (Baranauskas, 2007) e Todos Nós em Rede (Hornung & Baranauskas, 2012) em que o impacto positivo na comunidade é parte das premissas dos projetos, visando uma sociedade mais justa e aberta às diferenças.

A ANT parte do Programa Forte dos Estudos Sociais da Ciência, criticando e expandindo suas bases. Apesar de estes estudos apontarem para a interferência mútua entre ciência e sociedade, a ANT não carrega em si mesma uma proposta muito nítida de intervenção social. Há apenas menções, como em Latour (2005, p. 259): “*it’s perfectly true to say that no sociology can be content with ‘just describing’ associations*”. A contribuição social da ANT passa a ser então a de fornecer uma visão mais adequada de quais são os participantes da sociedade, com a inclusão dos atores não-humanos, para que assim seja possível alguma ação efetiva sobre ela com propósito de melhorá-la. “*This theory – also known as the sociology of translation – is concerned with the mechanics of power*” (Law, 1992, p. 854).

Do ponto de vista **epistêmico**, a SO afirma⁷ que não existe conhecimento sem conhecedor, e que conhecer é agir. Na concepção de um sistema, o foco está sobre o

⁷ Rigorosamente falando, como a SO adota o ponto de vista subjetivista radical, não existe uma proposição epistemológica, que foca no conhecimento, mas sim doxástica, que foca no conhecedor. Para efeito de comparação, entretanto, consideraremos como pertencentes a um mesmo nível de análise, como fizeram Filipe e Liu (2000).

envolvimento responsável das partes interessadas e não em descrições corretas (Baranauskas *et al.*, 2013, p. 37). O incentivo à participação das partes interessadas no processo de design é uma forma de trazer este conhecimento ao sistema em desenvolvimento. Um diagrama de ontologia é usado para representar este conhecimento sobre a existência de agentes e *affordances*, ao mesmo tempo em que determina as relações de dependências entre eles. Representa-se também normas, que caracterizam padrões de ação, que podem ser: perceptuais, avaliativas, cognitivas, denotativas ou comportamentais (Liu *et al.*, 2001). Cada novo padrão de comportamento é ancorado nos previamente conhecidos pelo grupo social em estudo.

De volta à ANT, Latour (2000) nos mostra como seria o processo de construção de conhecimento científico a respeito da Natureza, trazendo um diálogo fictício envolvendo Pierre e Marie Curie, que defendiam a descoberta de um novo elemento químico – o polônio – e um personagem que chamou de objetante científico (Latour, 2000, págs. 146 e 147):

Pierre e Marie Curie: *—Aí está a nova substância emergindo dessa mistura, a pechblenda⁸, está vendo? Faz o ar se tornar condutivo. Dá até para medir a atividade dela com o instrumento que Pierre inventou, um eletrômetro de quartzo, que está bem aqui. É desse modo que acompanhamos o destino de nosso herói através de todas essas provas e tribulações.*

Objetante científico: *—Isso não é novo; urânio e tório também são ativos.*

—Sim, mas quando você ataca a mistura com ácidos, obtém uma solução aquosa. Aí, quando você trata essa solução com hidrogênio sulfurado, o urânio e o tório ficam na solução, ao passo que nosso jovem herói é precipitado como um sulfureto.

—O que isso prova? O chumbo, o bismuto, o cobre, o arsênio e o antimônio passam todos por essa prova também; eles também são precipitados!

—Mas se você tentar dissolver todos eles em sulfato de amônio, essa “coisa” ativa resiste...

—Tudo bem, admito que ele não é arsênio nem antimônio, mas pode ser um dos conhecidíssimos heróis do passado: chumbo, cobre ou bismuto.

⁸ Minério do qual se extrai diversos elementos radioativos

_Impossível, meu caro, porque o chumbo é precipitado pelo ácido sulfúrico, enquanto essa substância permanece na solução; como acontece com o cobre, ele é precipitado pelo amoníaco.

_E daí? Isso significa que a sua chamada “substância ativa” é simplesmente bismuto. Tem uma propriedade a mais que o bom e velho bismuto, a atividade. Isso não define uma nova substância.

_Não define? Pois bem, diga o que o faria admitir que essa é uma nova substância?

_Simplesmente me mostre um teste no qual o bismuto reaja de modo diferente do seu “herói”.

_Experimente aquecê-lo num tubo de Boheme, a vácuo, a 700° centígrados. O que acontece? O bismuto fica na área mais quente do tubo, enquanto uma fuligem estranha se junta nas áreas mais frias. Ela é mais ativa que o material com que começamos. E sabe de uma coisa? Se você fizer isso várias vezes, essa “coisa” que você está confundindo com o bismuto acaba sendo quatro vezes mais ativa que o urânio!

_...

_Ah, ficou mudo... Por isso acreditamos que a substância que extraímos da pechblenda é um metal ainda desconhecido. Se a existência desse novo metal for confirmada, propomos chamá-lo polônio, do nome da terra natal de Marie.

De forma gráfica, podemos representar esta série de testes aos quais a nova substância se submete, até ser reconhecida como o elemento polônio, por meio dos diversos atores envolvidos e suas relações, que propagam ações e em ambos os sentidos (Figura 2.9). As diversas substâncias, equipamentos e procedimentos conhecidos e aceitos pela comunidade científica são usados como intermediários, transportando ações que propiciam ao polônio ser revelado como um novo ator, demonstrando um comportamento até então desconhecido.

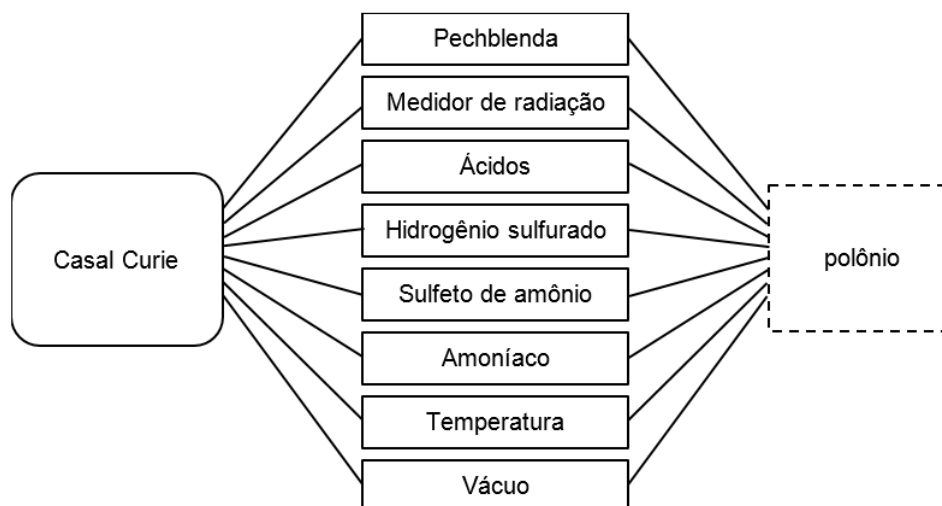


Figura 2.9: representação gráfica simplificada dos diversos atores envolvidos na descoberta do polônio pelo casal Curie.

Em outra obra, Latour *et al.* (2015, p. 14) narram uma situação hipotética em que se procura conhecer uma pessoa desconhecida, por meio de seu currículo disponível na web. A necessidade agora é a de obter conhecimento a respeito de um ente humano:

Vamos tomar um simples exemplo. Nós todos tivemos a experiência de nos prepararmos para uma reunião por meio de uma busca na web sobre o nome da pessoa que em breve deveríamos encontrar. Se, por exemplo, nós olhamos, na web, para o curriculum vitae de um estudioso que nunca ouvimos falar antes, vamos nos deparar com uma lista de itens que são, à primeira vista, vagos. Vamos dizer que nos informaram apenas que “Hervé C.” é agora “professor de economia da Escola de Administração de Paris”. No início da pesquisa, isso nada mais é do que um nome próprio. Posteriormente, ficamos sabendo que ele tem um “PhD da Universidade Penn”, “tem escrito sobre os padrões de votação entre as partes interessadas de uma corporação”, “tem demonstrado um teorema sobre a irracionalidade da agregação”, etc. Se continuarmos por meio da lista de atributos, a definição irá se expandir até que, paradoxalmente, irá diminuir a uma instância cada vez mais e mais específica.

Por meio das informações contidas no website, Hervé C. é capaz de agir sobre a pessoa que está pesquisando a seu respeito, dando-lhe possibilidade de construir uma “imagem” que o representa. Seja neste exemplo ou no do polônio, a ANT enxerga a construção de conhecimento reconhecendo a existência de um ator que deseja conhecer outro,

seja este humano ou não, e a necessidade de se construir cadeias de atuação entre eles, aproveitando-se de outros atores já conhecidos. Conforme se estabelece mais vínculos e caminhos, reduz-se o campo de possibilidades sobre o que ou quem o ator desconhecido pode ser (Figura 2.10).

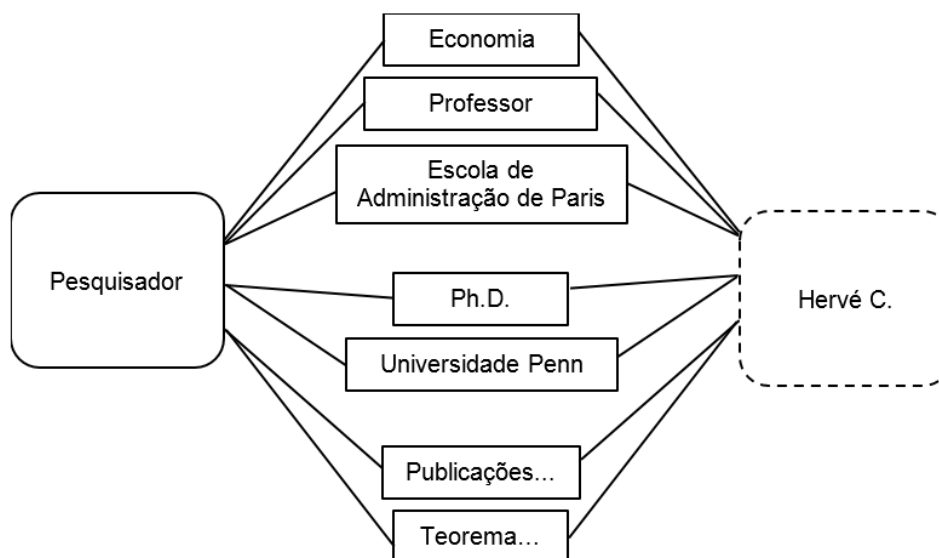


Figura 2.10: representação gráfica simplificada dos diversos atores envolvidos na identificação de uma pessoa com base nas informações publicadas por ele em um currículo online.

A condução **metodológica** de estudos na SAC dispõe de um leque diversificado de ferramentas e métodos, como entrevistas, oficinas etc., entre eles o método de articulação do problema – PAM –, o método de análise semântica – SAM –, e o método de análise de normas – NAM – (Kolkman, 1993). Estes métodos focam em uma organização como um grupo de pessoas com um propósito comum, que precisam articular suas ações para solucionar um problema. PAM identifica os atores humanos – *stakeholders* – que podem afetar ou serem afetados pela solução sendo proposta ou analisada. SAM captura a ontologia do domínio do problema, reconhecendo a existência de padrões invariantes de ação – *affordances*. NAM registra de modo formal os padrões de comportamento e atuação dos atores identificados, na forma de normas, delimitando a sua concretização e definindo responsabilidade dos *stakeholders* sobre as *affordances*.

Alguns artefatos dão suporte a estes métodos, entre eles, o diagrama de partes interessadas (Figura 2.11) em que os *stakeholders* identificados são dispostos em “camadas” que refletem o grau de impacto que cada ator sofre ou é capaz de oferecer sobre o sistema sendo analisado. Outro artefato é o quadro de avaliação, que representa os diversos impactos – positivos ou negativos – que cada *stakeholder* sofre, ou pode vir a sofrer, com a inovação

sendo planejada ou estudada. Estes artefatos podem ser gerados coletivamente, durante oficinas semio-participativas (Baranauskas *et al.*, 2013), ou por experts que estudam a dinâmica da organização.

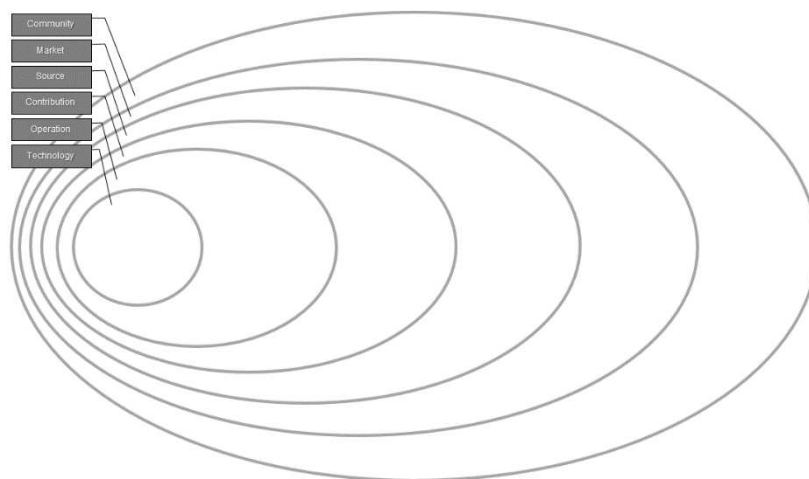


Figura 2.11: Diagrama de partes interessadas, com suas camadas, de dentro para fora: o artefato tecnológico sendo introduzido, usuários e responsáveis pela operação, clientes para quem o sistema pode fornecer alguma contribuição, fornecedores de onde se espera algum tipo de insumo ou apoio, mercado e a comunidade. A distância em relação ao centro reflete o grau de impacto no sistema foco da análise.

Do ponto de vista metodológico, a ANT faz uso majoritariamente de observações presenciais e descrições textuais minuciosas, a partir de métodos etnográficos. Propõe “seguir os atores através do emaranhado de coisas que eles adicionam às suas habilidades sociais de modo a tornar mais duráveis as interações, que estão em constante transformação” (Latour 2005, p. 68). Cada ator tem seu próprio quadro de referência e a passagem de um quadro para outro sempre acrescenta alguma incerteza. Atores humanos e não-humanos devem ser igualmente deixados a se expressarem para que possa ser percebida sua capacidade de atuação (Underwood, 1999).

A ANT recomenda seguir os atores de perto, investigar as entidades circulantes que fazem as pessoas agirem, entender como cada ator está recrutando os outros, olhar de perto para os fenômenos, a fim de captar detalhes e cobrir o cenário (Fioravanti e Velho, 2010). Quando questionados sobre o que os fazem agir, são esperadas dos atores humanos as capacidades de reflexão e teorização: suas explicações devem ser plenamente respeitadas, incluindo a linguagem utilizada e as figurações dadas para as causas de ações. Quando não é possível observar objetos *in situ*, é permitido recuperar a história dos objetos e do estado de

incerteza ou crise em que eles foram gerados. A comparação entre as duas fontes teóricas é sumarizada na Tabela 2.1.

Conceito	ANT	SAC
Definição de realidade	Subjetivista: dependente do referencial adotado dentro da rede de atores	Subjetivista: construída socialmente, com variações entre grupos
Conhecimento	Construído socialmente: pela atuação sobre o ator desconhecido	Construído socialmente: demonstrado por um agente conhecedor
Natureza dos participantes	Atores, humanos e não-humanos, sem posição privilegiada na rede	Agentes humanos responsáveis; Affordances não-humanas
Comportamento	Padronizado momentaneamente, enquanto as ações entre os atores proporcionarem benefício mútuo	Padronizado por campos de informação

Tabela 2.1: resumo comparativo dos principais conceitos de ANT e SAC

2.3 – Proposta: uma articulação entre ANT e SAC

Nesta tese, propomos incorporar a visão ontológica da ANT de não se fazer distinção *a priori* entre humanos e não-humanos, tratando ambos os tipos pela mesma denominação – atores – por considerar que as atuações e influências podem ser aplicadas e recebidas independente da sua natureza – nas redes de associações, não existem posições privilegiadas ou exclusivas para um tipo ou outro. Entretanto, optamos por considerar uma característica relevante apontada pela SO: agentes são entidades responsáveis, capazes de tomar decisões e receber seus efeitos e consequências. Apenas os atores humanos são providos de intencionalidade. Isso se reflete nos diagramas, em que todos os atores humanos são representados por figuras arredondadas, enquanto os não-humanos são desenhados com ângulos retos (ex.: Figuras 2.1, 2.2 etc.). Assim, fica mantida a possibilidade de se identificar as potenciais origens das decisões e influências.

Axiologicamente, esta tese se posiciona alinhada à SAC, ou seja, considera que a produção de conhecimento sobre um fenômeno social deve ser voltada a permitir que os participantes deste fenômeno possam se beneficiar dos resultados do estudo. Ao mesmo

tempo, limita seu impacto ao que se espera de um estudo baseado na ANT, ou seja, a contribuição ocorre pela melhor compreensão de quem ou o que são os participantes deste processo, explicitando simultaneamente os a participação da tecnologia na sociedade e vice-versa.

Do ponto de vista epistemológico, existem influências sócio-construtivistas em ambas as teorias, como a preocupação com a dependência ontológica na SAC e a dependência existente no processo de reconhecimento de um ator desconhecido na ANT (Figuras 2.9 e 2.10). Para que um ator “questionador/cientista” tenha acesso aos padrões invariantes de comportamento – *affordances* – de um ator desconhecido (Figura 2.12), a relação entre eles pode ser mediada por outros atores, já conhecidos da sociedade da qual o ator questionador faz parte. As possibilidades de interação com atores desconhecidos são clarificadas progressivamente por meio de atuações sobre ele, bem como atuações no sentido contrário, ou seja, observações. Esta interação pode ocorrer diretamente, ou indiretamente por meio de outros atores intermediários, humanos ou não-humanos, que contêm conceitos pré-existentes na sociedade e transportam os estímulos e seus efeitos, de modo físico ou cognitivo, permitindo a sua compreensão. Ou seja, existe em ambos os casos uma relação de dependência ontológica que descreve novos conceitos a partir dos que já são socialmente aceitos.

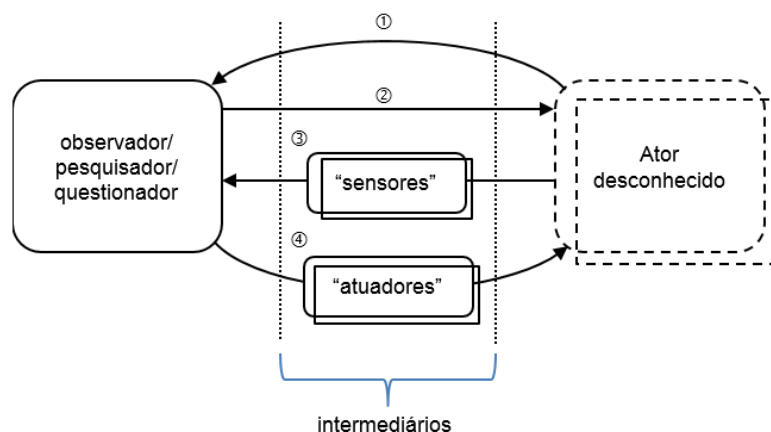


Figura 2.12: concepção epistemológica convergente entre ANT e SO: 1) observação direta; 2) atuação direta; 3) observação por intermédio de outro(s) ator(es); 4) estímulos provocados por intermédio de outro(s) ator(es). Os intermediários são fornecidos pela comunidade no qual o pesquisador se insere. Os retângulos sobrepostos – com ângulos retos e arredondados – foram usados para significar que aquela posição pode ser ocupada tanto por humanos quanto por não humanos.

Apesar de as metodologias de ANT e SO terem finalidades diferentes – a primeira procura descrever a observação de fenômenos sociais em geral, enquanto a segunda visa

explicitar, convergir e capturar os conceitos e padrões que regem um grupo organizado de pessoas, normalmente visando informatização – as abordagens podem ser vistas como complementares. A metodologia da ANT propõe seguir minuciosamente os atores e suas relações, e isto pode ser usado para refinar a identificação e descrição das entidades participantes e suas influências no grupo social.

Nesta tese, propomos entender que os *stakeholders* são atores que atuam uns sobre os outros através de uma rede da qual fazem parte, por meio de cadeias de associações que podem envolver tanto humanos como não humanos, conforme descrito por Akrich e Latour (1992) e representado na Figura 2.2. Um *stakeholder* é definido por sua capacidade de influenciar e ser influenciado pelo artefato tecnológico em estudo, e estas influências devem ocorrer ou diretamente, ou por meio de outros atores, intermediários ou mediadores, conforme representado nas Figuras 2.13 e 2.14. A ANT nos ajuda a entender que, para que estas influências sejam efetivas, é necessário haver um ou mais caminhos que façam a atuação dos atores atingirem os demais. Um ator é algo que faz outros atores agirem (Latour, 2005, p. 107).

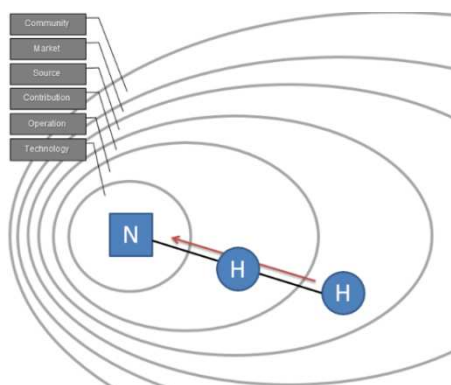


Figura 2.13: exemplo de atores afetando o sistema, direta ou indiretamente, representados em um detalhe do diagrama de partes interessadas.

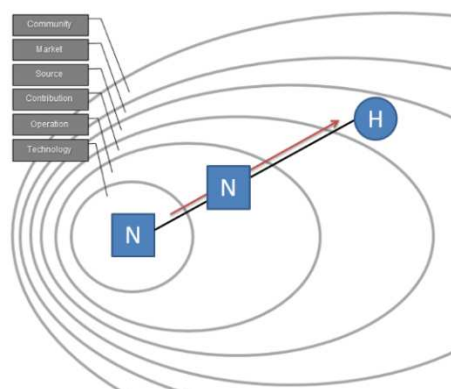


Figura 2.14: exemplo de atores sendo afetados pelo sistema, direta ou indiretamente.

Em cada passo da cadeia de associações, as influências podem ser transportadas de diversas formas. Nas palavras de Latour (2005, p. 204): “*what is being transported: information, traces, goods, plans, formats, templates, linkages, and so on*”. Para compreender a diversidade destas formas de ação, utilizamos outro artefato da Semiótica Organizacional, a “escada semiótica” (Liu, 2000), conforme representado na Figura 2.15. Pode-se verificar que as cadeias de associações podem ser usadas para transportar desde objetos físicos até vínculos sociais.

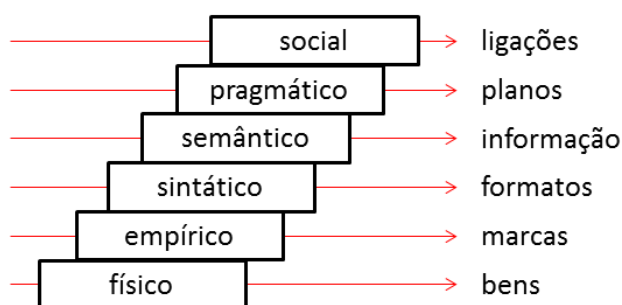


Figura 2.15: escada semiótica ilustrando as possibilidades de entidades circulantes pelas associações da rede de atores.

Dado o cenário da tese, em que os usuários do sistema não se comportam como esperado/intencionado por outras partes interessadas, estamos particularmente interessados na mediação no nível pragmático. Neste nível de análise de um sistema de informações, SO se baseia no estudo de atos ilocutórios para compreender a camada pragmática, entendendo que intenções são expressas por meio de signos. Sem o uso de signos, os agentes estão confinados ao seu ambiente do aqui-e-agora (Liu, 2000, p. 67). A ANT estende esta compreensão ao propor que influências ocorrem tanto de forma semiótica quanto material (Johnson, 1988; Law, 2009), não apenas por meio da comunicação de interesses, mas por toda forma de interação que possa moldar o comportamento do outro ator.

A visão da ANT nos leva a considerar também que o sistema em estudo pode fazer parte de uma ou mais cadeias de associações entre *stakeholders*, propagando influências entre eles. Este procedimento visa a negociação e modificação de comportamentos, ou seja, a translação de interesses, conforme visto na Seção 2.1 (Figura 2.5). Não apenas o seu uso, mas a própria existência do sistema pode torná-lo um intermediário ou um mediador entre *stakeholders* (Figura 2.16).

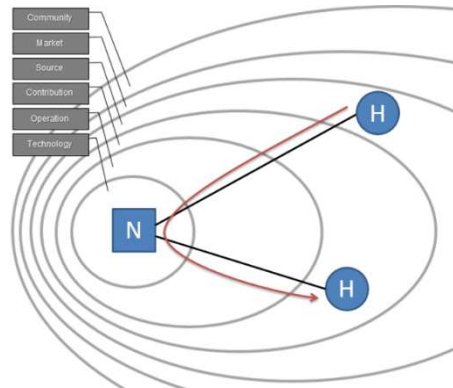


Figura 2.16: Atores influenciando outros por meio do sistema.

Ou seja, devemos compreender como o software que está no foco do diagrama de *stakeholders* é capaz de influenciar o comportamento dos demais atores, não apenas por meio da comunicação que este permite entre seus diversos usuários, mas de uma forma mais ampla, seja pela sua existência, pelas funcionalidades que possui, ou pelos elementos presentes em sua interface de usuário. Neste último caso, a Engenharia Semiótica proposta por Souza (1993) aborda adequadamente o conceito, propondo que existe uma meta-comunicação entre o designer de um software e seus usuários. Pelo ponto de vista da proposta desta tese, aquela meta-comunicação seria uma das várias formas de influência se desenrolando por meio do software – neste caso, entre dois *stakeholders* específicos: o designer e o usuário. Outras formas de influência, como as que aparecem durante o processo de design ou que surgem entre os usuários após a implantação, também devem ser considerados. Neste sentido, conceitos como o de design persuasivo (Fogg, 2009) podem ser empregados.

3 – Perspectives on Using Actor-Network Theory and Organizational Semiotics to Address Organizational Evolution

Abstract: Systems design for a changing organization has long been in the research agenda of several academic and industrial communities, and still is an open problem. This paper draws on Organizational Semiotics and Actor Network Theory to delineate a method for clarifying and representing the social forces involved in organizational changes. A case study illustrates the approach in which all actors – people, technical devices and other objects – are modelled in the social level, tracing back the norms flow, their sources, enabling to negotiate the change with the appropriate stakeholders.

3.1 – Introduction

Enterprises and organizations are always subject to internal and external pressure for change. Market and politics from one side, and managerial decisions and personal preferences from the other make the propagation of novelties and collective evolution a non-linear process, with forces acting in several directions. The pervasive adoption of an always-evolving Information Technology brings more complexity to the scenario.

Organizational Semiotics – OS for short – describes an organization as a “structure of social norms, which allows a group of people to act together in a coordinated way for certain purposes” (Liu 2000, p. 109). The OS seeks for the cognitive and behavioral universals of the participants of the organization to a better understanding of the environment in which an information system will be deployed and run.

However, when studying the readiness of an enterprise for the adoption of new technology, this theory may not cover factors such as support to managers and business process (Jacobs & Nakata, 2012). Some organizational researchers (Jacobides & Winter, 2012; Holt *et al.*, 2007) argue that collective phenomena are not defined by previous structure but instead are the result of reciprocal actuation between individuals.

Actor-Network Theory – or ANT – claims that *social* is not a specific domain of reality or some particular attribute of people, but rather is the name of “a movement, a displacement, a transformation, a translation, an enrollment” (Latour, 2005, p. 64) that occurs involving the stakeholders, their interests and the means used to achieve them. This dynamic point of view contributes to understand situations in which the state of affairs is not well stabilized and social structure is being reconfigured.

The potential of using ANT and OS together have been already pointed out by Soares and Sousa (2004) aiming at balancing social and engineering approaches to introduce technology in organizations, and explored by Underwood (2001) to understand the diffusion of shared meanings, a prerequisite to the success of Information Systems. These trials provide good

examples of positive aspects of merging both theories and encourage the expansion to address social, pragmatic, and normative issues.

This paper proposes a method to trace back the social forces involved in organizational changes. By unveiling the network of interferences and mediations present in a social scenario and locating the sources of conflicting interests, it is possible to drive the actions needed to improve the organizational structure.

In the following sections, we present Organizational Semiotics and Actor-Network Theory and discuss how they can complete each other to be used as support for understanding changes in organizations. A case study is briefly presented for illustrative purpose, followed by the discussion and the conclusions.

3.2 – Theoretical Background

Changes in organizations can be seen as social activities, since they require discussion and negotiation among the involved people. To understand social phenomena in general, the Sociology traditionally takes one of two opposite approaches: structuralism or agency (Vandenberghe, 2008). The first defends the primacy of a social “field of forces” that shapes human behavior, while the latter sees the individual actions and choices as the sources of the perceived social reality (Hewege, 2010).

The structuralist approach begins with the definition of *social fact*: a human manifestation that is not part of the physical, biological, or psychological domains. For example, the advent of money and economics cannot be attributed to the psychology of a single individual, to neither her body functions nor the laws of matter.

A social fact is recognized by the “power of external coercion which it exercises or is able to exercise over individuals” (Durkheim, 1895, p. 10) giving rise to a *structure* that is beyond people but directs their behavior. This vision leads to distinct treatment for people and objects by placing them in separate plans. Modeling software with a social component turns out to be mainly based on structures that represent people and their relations (Hendler *et al.*, 2008), limiting their possibilities of behavior according to a subset of existing social rules. The dynamics of communities is less addressed by such software development.

The agency-based approach sees the capacity of individuals to act independently and to make their own free choices as the source of social phenomena. The social structure is just a consequence of the use of physical and cognitive abilities of individuals according to their interests and intentions. Following the same example above, according to this theory, money

was created by people interested to ease some trade relations and evolved over time, driven by decisions, needs and innovations, to a more complex concept.

In the following sections, we present the two theoretical sources that support this work: Organizational Semiotics and Actor-Network Theory.

3.2.1 – Organizational Semiotics

The Organizational Semiotics proposes to see an organization as an information system that uses signs and norms to coordinate people working together. Norms capture patterns of behavior and signs carry meaning and promote communication.

At first, organized groups of people can be seen as driven by informal norms, whose performance relies on oral culture, constant negotiation of meaning, and individual abilities, beliefs and patterns of action. Some situations ruled by literate culture, bureaucratic procedures, and normalized behavior constitute an inner structure, that is captured in formal norms. Within this structure, some tasks can be automated and humans replaced by computers or other technical information systems. These three layers are nicknamed “organizational onion” (Figure 3.1). Each layer emerges, relies and depends on the outer ones.

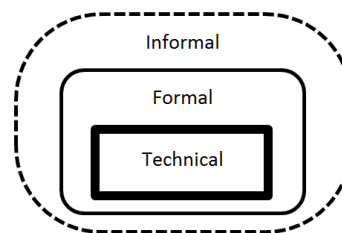


Figure 3.1: the organizational layers of norms (adapted from Liu, 2000).

Wright (1958) identified and conceptualized six distinct types of norms: rules, prescriptions, directions, customs, moral principles and ideals. Particularly, prescriptions and customs define the conducts of people. The former are characterized by having an explicit issuer or authority and attached sanctions in case of disrespect. The later have no such features, being acquired and forwarded by members of a community by means of imitation and social pressure and becoming regularities in individuals' behavior.

Norms can also be classified as perceptual, evaluative, cognitive or behavioral, according to the nature of the phenomenon they govern: to identify things, to attach a value to things, to grasp causality in flows of events, and to coordinate activities, respectively (Stamper *et al.*, 2000). Liu (2000) shows a general syntax to represent behavioral norms in organizations:

```

whenever <condition>
if <state>
then <agent>
is <obliged | permitted | prohibited>
to do <action>.

```

Semiotic is the science that studies signs as units of signification and communication. According to Morris (1938), Semiotics is organized in three levels: syntactic, semantic and pragmatic. The first deals with the structures and relations between signs, the second with their meanings and the third with the intentions and contexts of use. Stamper (1996) added a physical and an empirical level on the lower end and a social level to the upper level. This is called the semiotic framework or “ladder” (Figure 3.2).

The three lower levels (shaded) are often related to the computational structure of organizations, encompassing hardware, networks, protocols, data encoding, logic and software. The three upper levels correspond to exclusively human attributions: in the semantic layer, data is comprehended and meaning is assigned; in the pragmatic layer, the system is used with a certain purpose; and if this purpose presupposes or implies other people participating on the system, it reaches the social level. This last level is responsible from negotiation of the meanings of signs and the definition of norms of behavior.

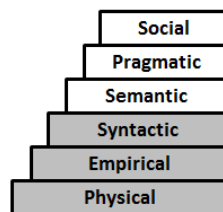


Figure 3.2: semiotic framework, depicting levels in which signs' presence and activity can be studied (adapted from Liu, 2000).

3.2.2 – Actor-Network Theory

The Actor-Network Theory is a recently proposed theoretical-methodological framework that aims to provide an interested observer with a “sensitivity” to better capture how social phenomena evolve. It proposes to see the human interactions as chains of associations distributed in time and space that depend upon the continuous agency of its participants on each other and whose structure is dynamic, as a result of this joint action.

ANT is theoretically rooted in the principle that the basic human social skills are able to generate only weak, near reaching, and fast decaying ties (Latour 2005, p. 65). It is also asserted that all the forces responsible for sustaining the social aggregations come from the

participants of the phenomenon. Therefore, to explain social structures such as organizations, that are expected to last longer and mobilize many different people to work together, it claims that *non-human* elements must be equally addressed.

The participants of the social realm create *associations* among each other, intending to obtain support to propagate forces, share intentions, and mobilize other allies. These aggregates must be between humans, between non-humans, frequently are heterogeneous, but these distinctions are not considered relevant. Instead, it is fundamental to identify the role they fulfill in the associations, when transporting meaning or intentions: as intermediaries or as mediators.

An actor is an *intermediary* in a chain of associations when he or she or it forwards the actions received without transformation. The behavior of an intermediary is predictable and the outputs are determined by the inputs. On the other hand, a *mediator* inserts some new behavior to the system. Mediators modify, distort, enhance or translate the inputs received. They are creative and show some variability and unpredictability when acting upon the others. While faithful intermediaries often fade out in the studied scenarios, mediators appear resolving asymmetries and conflicts between the other actors.

According to ANT, social groups are performative, their existence relies on the constant action of the participants upon each other. Therefore, all the elements involved in a social phenomenon are *actors*, in a broader sense that encompass both human and non-human. No intentionality is assigned a priori to an actor; the focus is on their potential of mediation, interaction by physical or cognitive means, and contribution to the outcome of a situation.

The process of building the associations among actors is named *translation* and depends on the success of steps in which an actor, in the desire to change a certain state of affairs, looks for other actors whose acting skills are beneficial, stimulate their interests to join, defines roles and ensures compliance with the responsibilities assumed. A successful translation must follow these four well-defined steps (Callon, 1986):

- Problematisation: the problem that may be collaboratively solved must be defined;
- Interestment: potential allies have to be convinced to act conjointly;
- Enrollment: the role of each actor in the group is defined;
- Mobilization: the allies must be put to act associatively and control structures must be specified to keep them acting as agreed before.

The strength with which these movements unfold and mechanisms to ensure its stability and preservation define the success of the formed *network* as a whole. When actors become connected, the consequences of success or failure spread through, creating a mutual

interest that the group succeeds. When the translation is effective and the various actors are driven to act as one through the mechanisms of mutual control, their complexity is abstracted in a black box. So the network becomes itself an actor.

From the methodological viewpoint, ANT proposes to “follow the actors in their weaving through things they have added to social skills so as to render more durable the constantly shifting interactions” (Latour 2005, p. 68). This quest is oriented to the *sources of uncertainties* a researcher may face when exploring social groups, in an allusion to the principle of uncertainty from the quantum physics. The observer is always accounted as part of the representation and explanation of the studied phenomena. Each actor studied has his own frame of reference and shifting from one frame to another always adds some uncertainty.

ANT recommends that we follow the actors closely, investigating the circulating entities that make people act, understanding how each actor is recruiting the others, looking myopically to the phenomena in order to grasp details and covering the whole scenario (Fioravanti & Velho, 2010). When inquired about what make them act, actors are granted the ability of reflection and theorization, their explanations must be fully respected, including the used language and the figurations given to the causes of actions.

It is also advised to abandon some distinctions prior to the analysis: local and global are not hierarchically separated, but flattened and differentiated only by the extension and durability of their connections; truth and error are values applied by actors with different strengths in each frame of reference and not a researcher’s filter; and both human and non-human actors must be monitored symmetrically, being equally left to express themselves and be attributed some power or agency.

There is a list of occasions where objects become visible as actors and their role as mediators is enhanced enough to be studied: breakdowns, accidents and the proposal of innovations and novelties. When it is not possible to observe objects *in situ*, it is allowed to recover objects’ histories and the state of doubt or crisis in which they were born.

3.3 – Rationale for combining ANT and OS

The Organizational Semiotics acknowledges the informal layer as the place for discussion, negotiation and uncertainties. Only when a state of affairs is stable, norms can be formalized and shifted successively to the formal and technical layers. This movement may lead to give up individual meanings and intentions, and rendering impersonal forces that apply the norms.

Since Organizational Semiotics is widely used to provide conditions to develop and deploy software into enterprises and for social groups (Bonacin *et al.*, 2012; Liu & Benfell,

2011; Gazendam *et al.*, 2003), it searches for the structural features of these sets of people, being less relevant how and who in particular defined the structures. Given this intense appeal to pervasive and impersonal norms, OS's character is predominantly structural.

The ANT comes as a conciliatory proposal between agency and structure, in a position that can be named *structurationist* (Vandenberghe, 2008). For being focused on actors and the means by which they can interfere in the course of actions, ANT proposes that one of the goals of actors' movements is to build a stable structure that, once established, governs future actions in a certain degree.

Patterns strengthened by the passage of time and the creativity required by uncertainties in the future are the essentials for society. Latour (2000) metaphorically represented this by the figure of roman deity Janus (Figure 3.3), who simultaneously looks to the past and to the future, mediating stabilized affairs and the need for innovation.



Figure 3.3: two-faced Janus, from roman mythology, is used by ANT as a metaphor for the ambivalent character of the social aggregates: existing structures mold behavior (ancient face at left, looking to the past) and new behavior redefines structures (younger face at right, looking to the future). Extracted from Yonge (1880).

ANT highlights that the “fields of forces” generated by norms according to OS' perspective (Al-Rajhi *et al.*, 2010) are instead the sum of social forces generated, stored and replied by actors and conducted through the associations between them, regardless of being human or not. Customs are not seen as anonymous anymore: they reach people through the associations each actor has. Although they do not have an authoritative issuer and neither an explicit penalty for being broken, ANT affirms that there is a process of translation that make people behave accordingly and that can be observed and studied. This process is better perceived in moments of group creation or of instability.

Norms are embodied in documents and devices. Sharing patterns of behavior is not always a face-to-face phenomenon. In this sense, both OS and ANT share a semiotic-materialism viewpoint (Law, 2009). Knowing the sources of these patterns is fundamental when someone is interested in changing them. Besides, knowing the nature of these reservoirs of rules, examples, laws and models – as human or non-human – allows us to choose an approach to tackle the change.

3.4 – Addressing organizational evolution: a proposal

This paper presupposes the scenario described by Sani *et al.* (2012) in which innovation and changes come from the outermost layer of the semiotic onion. Since at this point norms may be conflicting and provisional, there are behaviors and concepts that are not universal, but localized in individuals or subgroups with shared opinions. To grasp these subtleties for further analysis, the following steps are proposed:

- 1) Follow the actors through their daily activities related to the business processes to be understood, changed or improved. Let us call each of them as focal actors (Carrol *et al.*, 2012);
- 2) Identify existing actors' patterns of behavior and represent them as the existing norms. Provide an identifier for each norm (Sun *et al.*, 2001) for the sake of faster referencing;
- 3) Identify the actors that are promoting such norms through successful translations that keep agents working according to their interests. Let us call them associates;
- 4) Question about the unfulfilled intentions of existing norms, i.e., undeveloped or unsuccessful translations;
- 5) Follow the chains of intermediaries and mediators that converge into the associates, in a recursive process.

The outcomes of these steps can be used to find points of conflict or inconsistency, and can be scored using the proposed syntax for each norm:

```

Norm <norm-id>:
whenever <condition>
if <state>
then <focal-actor>
is <obliged | permitted | prohibited>
by <associates>
to do <action>.

```

The final product of the steps can be summarized using a graphical notation to represent all the involved actors and the norms they are subjected to. Human actors are represented as circles, non-human as squares and composite entities (human and non-human

together, as for instance, external organizations) are depicted as triangles. Edges show associations between actors. Arrows represent the flows of influences that feed norms; solid ones are actual perceived norms and dashed ones are intended only. This is shown in Figure 3.4.

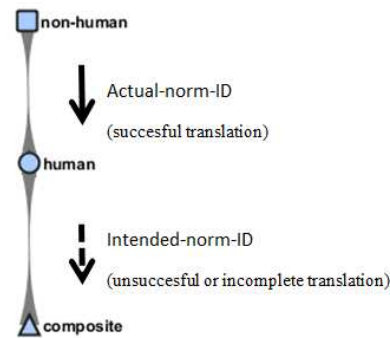


Figure 3.4: proposed representation for the different types of actors and the norms of behavior they exhibit and enforce.

3.5 – An illustrative example from a case study

A case study was conducted following an action-research approach (French & Bell, 1973), since the focus of the participants were on producing changes in a real-world situation and improving the practices of an organization. ANT and OS were used as tools when applicable, and the successive trials and cases of success informed the method described in this paper.

The IT team of a public University was requested by the Human Resources Department (HR) of the same institution to build a web version of a legacy system, already used in client-server mode, which was custom built by a third-part software factory fifteen years ago. This moment was seen by the managers as an opportunity to document, review, and improve business processes.

The dialogues below were simplified and translated from a series of conversations with the involved actors, following their own daily activities. We started from the main user of the system, member of the Human Resources Department staff, who we will refer to as *HR-STAFF-1*:

HR-STAFF-1: When I use this screen, I must first type the teacher's name and ID, set the status to '1' and click 'save'. Then change the status to '2' and click 'save'. Again, change the status to '3' and 'save', and only now I can input the other data: workplace, date of admittance and so on. Then click 'save' again and it's done.

When asked about the reason for that behavior, she just replied:

HR-STAFF-1: When I started to work here, my colleagues told me to do so. And also, see: when I insert a new teacher, the only value the system left for me to choose for 'status' is '1'. And only when 'status' reaches '3', the system enables the other fields for me.

In fact, analyzing the available source code, the IT team confirmed that such behavior was deliberated, but produced no intermediary effect or outcome other than enabling and disabling fields on the form. This brings us to the first recorded norm:

Norm N1:

```

whenever teacher data is inserted into HR database
if it is a new teacher
then HR-STAFF
is obliged
by SYSTEM, HR-STAFF (coworkers)
to set the status to 1, 2 and 3 in sequence.

```

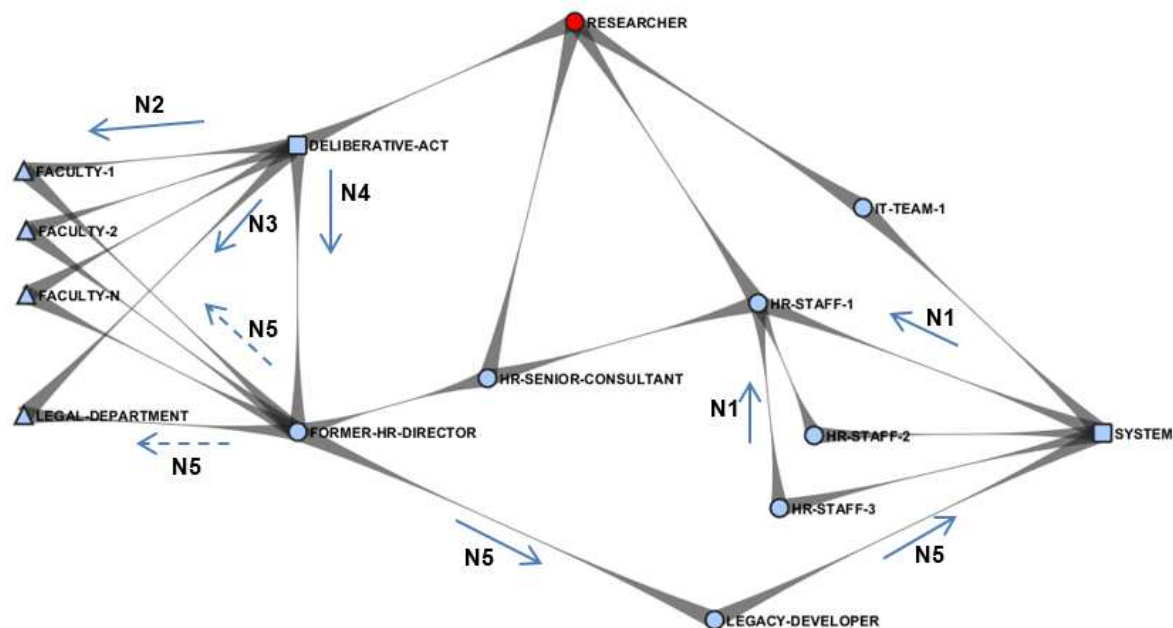


Figure 3.5: actor-network and the flow of norms gathered during case study. Some arrows, although existing in the real data, were omitted for the sake of readability.

The HR staff member was sometimes advised by a senior consultant, who worked there since the time the legacy system was being developed. Although she does not use the system anymore, she provided some additional information about the motivations for the development of that software:

HR-SENIOR-CONSULTANT: there is a Deliberative Act that says the hiring process of a new teacher must begin at a Faculty, and then wait for approval by the Legal

Department. Only if approved, HR proceeds with registration. The former HR Director believed that the system must reflect such rule, and all the involved workers must use the system.

The Deliberative Act is an official document, available at the local intranet for the researcher's inspection. Analyzing the text and the senior consultant's story, new norms were detected:

Norm N2:

whenever hiring a new teacher
if the process is beginning
then FACULTY
is obliged
by DELIBERATIVE-ACT
to send the filled forms to Legal Department.

Norm N3:

whenever hiring a new teacher
if the forms are filled by Faculties
then LEGAL-DEPARTMENT
is obliged
by DELIBERATIVE-ACT
to verify their content. If approved, send them to Human Resources; if rejected, send them back to Faculty.

Norm N4:

whenever hiring a new teacher
if the forms are approved by Legal Department
then Human Resources Department
is obliged
by DELIBERATIVE-ACT
to insert teacher's data on the database.

Norm N5:

whenever hiring a new teacher
if the forms moved in workflow
then FACULTY, LEGAL-DEPARTMENT, Human Resources Department
are obliged
by FORMER-HR-DIRECTOR
to inform process status, meaning:
 1-Forms filled by Faculty;
 2-Legal Dept. approval;
 3-Registering in the HR database.

The senior consultant also informed that norm N5 was not accepted by Faculties and Legal Department, since they were not interested in using the Human Resources software only to inform the hiring process' situation. Therefore the FACULTY and LEGAL-DEPARTMENT actors chose not to follow N5, being subject only to N2 and N3. Figure 3.5 represents all actors studied and the scenario of norms they are enforcing and to which they are subject.

The detection of these points of conflict in the norm flow leads to the situation where an organizational structured can be improved: either N5 is discarded, by negotiation with the current Human Resources Director, or its translation is completed by convincing Faculties and Legal Department to use the system. This decision is to be taken by the current Human Resources Director, in negotiation with Legal Department and Faculties.

3.6 – Discussion

By knowing the role of the actors as intermediaries or mediators, and being aware of the process of translation, we are able to find the trials of introducing innovations. For instance, the former HR Director translated norms N4 to N5 according to his own interests, being a mediator. The legacy software developer, on the other hand, acted as a faithful intermediary, implementing such behavior on the system (see Figure 3.5).

Non-human actors share the responsibility of keeping the others acting as expected by their designers. The SYSTEM kept HR-STAFF performing according to the FORMER-HR-DIRECTOR's intentions, although the other stakeholders, who were not connected to the system, ignored the norm N5.

During the representation of the actor-network, associations between actors do not always carry norms. They represent the flows of information and interests among all the involved entities. For instance in the case study, HR-SENIOR-CONSULTANT does not enforce or is subject to any norm. She provided the path through which the norms N2 to N5 became known. The ANT representation makes explicit the presence of this informant as a source of uncertainty. The role of the researcher is also highlighted as an active actor.

Although incomplete translations do not exist as a global shared behavior, they play an important role in the dynamics of organizations, because from the ANT point of view, they are precursor of norms or, as seen in the case study, generate local patterns of action that may be obsolete and subject to improvement. Using ANT, local sub-cultures can be disassembled, analyzed and explained; for example, the existence of norm N1 was maintained by the SYSTEM and the HR-STAFF by means of a custom, although the justification for such behavior, FORMER-HR-DIRECTOR, was not directly acting anymore.

It is also noteworthy that the passage of norms from the formal to the technical layer is not a passive process of diffusion, but instead subject to the active interference of actors' interests, capabilities and comprehension, for instance, the sequence of translations $N4 \rightarrow N5$

→ N1. Norms always reach people through a network of associations that may be heterogeneous in actors' nature and intentions.

3.7 – Conclusion

Systems design for a changing organization is far from being a solved problem. The Actor-Network Theory argues that individuals' intentions are the source of social structure and provides a good methodological and theoretical support to find those interactions and understand how such structure emerges and is maintained. Organizational Semiotics, on the other hand, has a long tradition in providing a deep understanding of the enterprises and, once patterns are established, guiding the software development.

By seeing the whole organization as a single information system and considering that all actors involved – people, technical devices and other objects – may have the same importance in the social level, through the proposed method and representation, we were able to trace back the norms flow through the network of actors and reach their sources, enabling to negotiate the change with the appropriate stakeholders of a case study.

This work will be continued by experiencing the presented approach in the design of social network systems (Pereira *et al.*, 2011). Given the nature of these environments, with few enforced rules and norms emerging organically, the system design requires the capability to deal with structural instabilities, uncertainties and continual evolution.

4 – Using stakeholder and pragmatic analyses to clarify the scenario of data sharing in scientific software

Abstract: Scientific communities can be seen as highly focused organizations, composed of people performing strict patterns of behavior. The growing body of scientific data available digitally, as well as new infrastructure of distributed access, has given to funding agencies, politicians and scientists in general the foresight of novel possibilities of discovery and innovation reusing those data. Many stakeholders now expect the data to be released, although relevant sharing rates are not always verified. In this paper, we propose a method to bring forward and represent these interests. Applying this method, we investigated how the availability of software capable of data storage and sharing can act upon their users, and whether it makes them more suitable to share research byproducts. Results show that, although current software empowers the scientists to carry out their own research, it still does not create a path through which users can make their interests spread among other stakeholders.

4.1 – Introduction

Over the last two decades, scientists have increasingly relying on computers to store and manage research data. This trend has given rise to a whole field of knowledge called e-science (DeRoure *et al.*, 2001). Several software have been developed in order to support researchers activities, for instance, SEEK (Wolstencroft *et al.*, 2011), openBIS (Bauch *et al.*, 2011) and PEDRo (Garwood *et al.*, 2004).

As a consequence of this higher availability of digitally stored data, some began to advocate the possibilities of other scientists to reuse these data (Carlson & Anderson, 2007). However, data sharing did not reach the expected rates (Appelbe & Bannon, 2007; Borgman, 2012). Faniel and Zimmerman (2011) raised some questions to be answered in order to achieve data sharing and reuse in a larger scale. For instance: “What other types of social interaction beyond that with the data producer can facilitate data reuse (e.g., colleagues, third party experts)? How can social exchange and documentation be combined to support data sharing and reuse on a large scale?” (Faniel & Zimmerman, 2011, p. 61)

Scientific communities can be seen as highly focused organizations (Wenger, 2000) performing tasks strictly conformed to their accepted methods. Therefore, we argue that the tools provided by Organizational Semiotics (Liu, 2000) are suited to capture the systemic features of scientific work, in particular, the ones related to intentions, interests and behavior, that is, the pragmatic level. Associated with a stakeholder analysis, it could also be used for understanding the cultural reverberations, either beneficial or disadvantageous, of an innovation among the involved parties (Rambo & Liu, 2011).

In this paper, we outline and apply a method to capture the social and pragmatic aspects of the interaction of scientists with one another as well as with technological artifacts, and the interests involved with data sharing. Given the important social facet involved in

using and reusing of scientific data, we draw upon the sociological framework provided by Actor-Network Theory (Latour, 1987; Latour, 2005) in order to improve the understanding of how non-human entities, such as software and data but not limited to them, participate in the processes performed by scientists.

This paper is organized as follows: Section 4.2 brings a summary of other studies contributing to the theoretical and methodological support of our analysis, while Section 4.3 shows the sources of information that fed it. In Section 4.4 we propose a method to capture how the interested entities articulate in a social scenario involving people and technology in order to achieve mutual benefit, and apply it in Section 4.5 to existing software. In Section 4.6, we discuss the findings and add our final remarks in Section 4.7.

4.2 – Theoretical-methodological background

The Actor-Network Theory – ANT – is a theoretical-methodological framework that emerged from Social Studies of Science and Technology. It proposes to see social phenomena as chains of associations distributed in time and space, dependent of the continuous agency of their participants on each other (Latour, 2005). Its origins on empirical studies of scientists performing their daily activities make it very suitable to help to understand social aspects of science making.

An actor is defined as any entity, whether human or not, capable of changing a certain state of affairs. Human actors encompass people involved and interested in a certain state of affairs, along with their embodied knowledge and knowhow. ANT claims that purely human relations are short ranged and fast decaying. Non-human actors, although not provided of intentionality, have the potential of mediation and interaction, either by physical or cognitive means. Participants of social activities create associations among themselves, with the intention to get support, propagate forces and interests as well as mobilize other partners to achieve their goals.

An actor is an intermediary in a chain of associations when propagate the actions received without change. The behavior of an intermediary is predictable and the outputs are determined by the inputs. On the other hand, an actor is a mediator when it modifies, distorts, amplifies or translates incoming stimuli, being creative and showing variability and unpredictability to act on others. During a scenario analysis, intermediaries often fade out whereas mediators stand out as solvers of asymmetries and conflicts between other actors.

From the ANT perspective, normative behavior can be seen as the sum of social forces generated, stored and replied by actors and conducted through the associations between them.

One actor acts upon the others affording some behavior, trying to mold it to his own interests and benefit. The more these forces are stable, the more community's behavior seems homogeneous (Law, 2009). Knowing the source and path of these influences, as well as the reservoirs of the rules, examples, laws and models (Latour, 2005), is fundamental when someone is interested in understanding or changing them.

Prado and Baranauskas (2013b; 2014) proposed a method for representing the social forces involved in a social phenomenon, introducing the idea of intended norms, that is, desired or expected patterns of behavior. These norms can be scored using the following proposed syntax, where each one receives an identification (ID) and the source of the norm, that is, the actor who is acting upon the other, shaping its behavior, is identified: Norm <norm-id>: whenever <condition> if <state> then <target-actor> is <obliged | permitted | prohibited> by <source-actor> to do <action>. These IDs can be applied in a graphical representation of the actors and their relationships, labeling arrows that show the path of mediators and intermediaries they travel.

4.3 – “The conundrum of sharing research data”

Borgman (2012) studied in depth the intricate subject of data sharing among scientists, producing a clarifying discussion about the involved interests, benefits and the difficulties to overcome. For her, sharing covers a variety of acts as varied as announcing the existence of data, posting them on a website, or contributing them to a richly curated repository.

There are four main rationales driving the requests for sharing research data: reproducibility of experiments, publicity of the outcomes of public funded research, reuse of data for asking new questions, and innovate the way science is made. The reproducibility is desired, for instance, by the peer reviewers of publications, who can make better judgments of the submitted papers. Other scientists are also interested in reproducibility, since they can validate the references on which they are basing their own research. Publications add value to data and vice-versa (Pepe *et al.*, 2010).

Public funded research are target of legislators, representing the taxpayers, who wants to make available all research data produced using governmental grants, as a direct return to the society of the invested amounts. Researchers are also willing to have access to third-party data to ask new questions over the existing datasets, particularly when those are expensive or difficult to obtain. The reuse of data raises the question of assessing the veracity and integrity of a given dataset, and the need for documentation (Carlson & Anderson, 2007 *apud* Faniel & Jacobsen, 2010). At last, it has been argued about the existence of a scientific “fourth

paradigm”, a new way of doing science where algorithms for data crunching and mining are applied to massive datasets to produce scientific knowledge, therefore being highly dependent of availability of data.

However, there are also reasons for limiting data sharing. For instance, researches involving human subjects must be concerned with privacy issues and not all data could be disclosed. Scientists may also be unwilling to provide their data to other researchers, particularly when they are not related to the same project or institution. That happens because researchers compete for grants, jobs, publication venues, as well as for students, and access to data is a competitive advantage in this scenario. In private funded research projects, a lower rate data sharing could be observed.

Studying how scientists interact with one another, with technology and with nature during the production of a scientific fact, Latour (1987) proposed to understand this process as a progressive effort to strengthen claims by means of mobilizing other entities. These may be other person, but mostly are non-human of semiotic or material nature, which provide support to the arguments, allowing certain statements to be held against inquiries.

One of the main allies a scientist can resort is the previously published scientific literature, because claims are harder to be refuted when adequately associated to citations widely accepted. The same rationale can be applied to inscriptions and other visual records produced by laboratory instruments or derived from their data, which can go along with texts to permit their authors to sustain their point of view about a subject. The validity of these arrangements, however, cannot be measured by its intrinsic characteristics. Once approved by the scrutiny of other scientists, the hypothesis can be gradually strengthened as a scientific fact as it is used by others, who become interested in its correctness.

4.4 – A method to trace interests of stakeholders

Understanding that the behavior of users towards a piece of software can be affected by the resultant of the forces propagating on the network of associations that surround and reach them, we need to clarify the intricate set of influences each actor exerts and receives in this scenario. To perform this task, we envisioned a method that identifies the involved parties and represents their relationships and interactions, as well as the patterns of behavior they expect or desire from the others.

The Stakeholder Diagram (Kolkman, 1993) is widely used in problem articulation, serving as a good starting point to clarify the scenario under study. It provides visual representation of the roles of the participants, also showing how closely related they are to the

system under study. Pouloudi et al. (2004) suggested the conjoint use of stakeholder analysis and ANT as a generic, context free, guidance to identify the involved humans, as well as other relevant non-human actors.

We adopted this method to elicit the participation of actors of both nature, and employed the concepts described in Section 4.2 to capture the interest each actor has in the behavior of the others. In our proposal, human actors will be drawn as round rectangles, while the non-human as the ones with straight corners. They are bound by lines whenever they have some kind of interaction or association. Norm statements, representing a behavior not necessarily observed but sometimes desired or intended, are attached to arrows depicting the path from the source actor to the target, that is, from the one who will benefit from the pattern of action to the actor who should perform it accordingly.

Whenever a non-human actor is software, we must inspect its user interface in order to capture some affordances for the users. As intended norms, these can be traced back to discover, or at least hypothesize, their sources. For example, consider a system that requires the user to select the project a given dataset belongs to, being otherwise denied to upload files. It may indicate a need or intent of the institution, which provides the software to its scientists, to keep data files properly categorized. This can be captured as the following norm and diagram elements shown in Figure 4.1.

Norm "identify project": whenever uploading a file then the scientists are obliged by the institution they work for to relate it to a previously registered project.

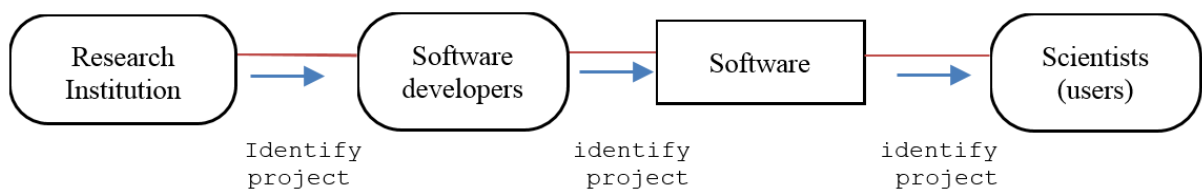


Figure 4.1: software and its developers acting as intermediaries, propagating the interests of the institution and moulding the repertoire of actions of the users: they are obliged to identify the project a new dataset belongs.

Arrows show the path of the influences and actions needed to promote such affordance.

In another example, consider the interests the general public have as taxpayers and as people being studied by scientists. They are stakeholders with distinct expectations about how the researchers should behave, expressing themselves through their representatives by means of legislation. The interest of the taxpayers is exerted by means of the taxes which willingness to be paid by the citizen can influence the legislators. On the other hand, the human subjects

can only rely on their contacts to legislator and personal pressure. We must notice that the taxes are acting as a non-human actor – an intermediary forwarding the intended norm. In their turn, the legislators shall act as a mediator, finding a half term solution, for instance, creating legislation regulating the concession of grants. This can be recorded in the following set of norms plus the diagram sketched in Figure 4.2.

Norm "funding": whenever funding research if with public taxes then the scientists are obliged by taxpayers to share their research products.

Norm "privacy": whenever publishing data if it involves human subjects then the scientists are prohibited by human subjects to disclosure sensitive information.

Norm "public/ethic": whenever funding researches if from public taxes and no sensitive data involved then the scientists are obliged by regulation law to make available their research products.

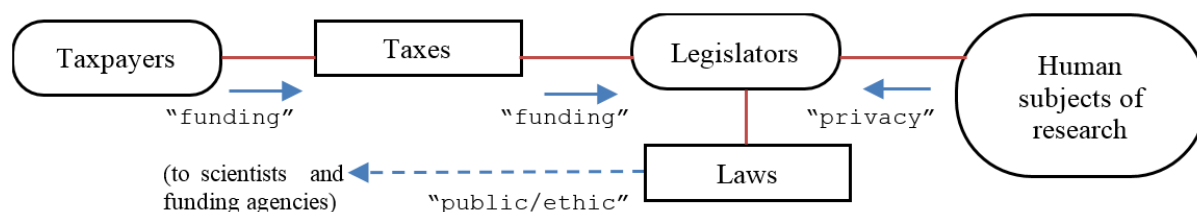


Figure 4.2: legislators acting as mediators of conflicting interests, since “funding” and “privacy” are balanced and issued as another distinct desired pattern of behavior.

4.5 – Inspecting a software for scientific data management

We have studied SEEK (v.0.16.3), a scientific web-based software intended to be used by systemic biology researchers, designed and developed by a team of e-science researchers funded by a consortium of research institutions. It supports the management, sharing and exploration of data and models (Rambo & Liu, 2011). The user can store biology-specific information, such as records of specimen, as well as research outcomes of generic type, such as publications and presentations. The user is always obliged to associate these items to one of the projects she is affiliated – as the “identify project” norm defined previously.

SEEK allows users to standardize and organize their digital assets, as well as to define access permissions for each one, ensuring the scientists have the final word about who can access those files. When defining these access rules, developers provide a default value that allows anyone to know the existence of the file, but not its content. All uploaded items have a persistent URL that allows data citation, as well as a reference to its authors, rewarding the contributions of each individual. Put in norm syntax, this means:

Norm "control": whenever data is uploaded then scientists are allowed by developers to choose access rules.

Norm "default": whenever data is uploaded if user does not control permissions then other projects' members, anonymous visitors are allowed by developers to view data summary.

Norm "request": whenever viewing data summary then other scientists are allowed by developers to request full access to file owner.

Norm "cite": whenever writing a paper if used data files then scientists are allowed by developers to add a link referencing data.

Norm "access": whenever data is stored on SEEK if paper cites data then other scientists, peer reviewers are allowed by scientists to view, use or download the file.

To describe the broader context in which the software operates, we used the previous studies summarized in Section 3, as well as the complete reports of Latour (1987) and Borgman (2012). In addition to the actual examples presented in Section 4.4, we scored some other following intended norms, representatives of the main involved interests. The main goal of scientists is to produce scientific content, mainly in the form of publications, which are expected to be accepted and cited. All these interests are placed on the stakeholder diagram, and the result is shown in Figure 4.3.

Norm "funding policies": whenever receiving grants then scientists, institutions are obliged by funding agencies to produce scientific knowledge, mainly in the form of publications, following public/ethic laws.

Norm "copyright": whenever sharing resource products then scientists are prohibited by publishers to disclosure copyrighted material.

Norm "quality": whenever publishing papers then publishers are obliged by other scientists to evaluate quality and veracity of its contents.

Norm "review": whenever submitting paper for publishing then scientists are obliged by peer reviewers to provide related data.

Norm "reuse": whenever possessing data difficult to be obtained then scientists are obliged by other scientists to publish data.

Norm "advantage": whenever possessing data difficult to be obtained if they are kept private then scientists are allowed by those data to publish new relevant papers.

Norm "spokesperson": whenever writing a paper then scientists are allowed by data, instruments, SEEK, other software to make claims and statements.

Regarding the particular scenario in which the method was applied, the analysis reveals that software developers may play a major role as mediators⁹. Despite of being often kept aside of the stakeholders list, their engagement to the subject in this case is not neutral. They capture the funding agencies' intentions issued as funding policies, the institutions' management requirements, the scientists' needs of using data, and finally their own interests of making some software capable of promoting data sharing; the resultant of mediation being expressed through the software affordances. Empirical validation of this finding will require further research, in situations with conflict of interests that are neither self-regulated prior to software development, nor solved during the analysis phase – for instance, using participatory design workshops.

Analysis also show that “other software” is an alternate path to provide to scientists certain possibilities of action – despite of these systems to have no social features, but instead good data visualization or manipulation – and therefore “SEEK” does not poses itself as an obligatory passage point (Latour, 2005) of interests. This raises as an interesting research question of how to better design these software, which should be addressed by research proposals such as the Human-Data Interaction informed by Organizational Semiotics (Hornung *et al.*, 2015). Software has the capability of embed complex rules, also being able to act as mediator. Particularly in a social scenario where it can receive clues about the heterogeneous set of interests of the persons operating it (Jensen *et al.*, 2015). For instance, “request” captures the interest of other scientists in datasets and mediates users, institutions, developers and other scientists' interests without exposing any file details.

There are other studies of the factors affecting data sharing and reuse among scientific communities, such as surveys based on questionnaires applied to scientists of different fields of knowledge such as health sciences (Kim & Kim, 2015), STEM – science, technology, engineering and mathematics (Kim & Stanton, 2013) – or social sciences (Curty, 2015). They conclude that journal publishers have a statistically significant influence on such behavior, while normative pressure by other scientists and regulative pressure by funding agencies are not perceived. Our proposal complements these measures of perception by showing paths pressures travel, and pointing out possible inconsistencies. For instance, the value given to a published paper is coherent to the strength of the norms it mediates. On the other hand, the low perception of pressure by funding agencies is not compatible to previous studies and

⁹ Data scientists, information engineers, and designers of metadata standards can also participate as mediators.

discussions (Borgman, 2012; Latour, 1987), requiring a deep checking of the actual actuation of grants onto researchers. As stated by Eze *et al.* (2012), the adoption of technology is not a one-off action that can be precisely captured by quantitative methods such as questionnaires; therefore a qualitative approach as provided by ANT also contribute to a broader analysis and comprehension of the phenomena.

4.7 – Conclusion

The effectiveness of software when different interests – sometimes conflicting – are involved is not only a matter of its technical features but also a social (Pereira *et al.*, 2010b) and pragmatic challenge. Scientific software intended for data sharing are not an exception, and despite of their capacity to store huge amounts of data, its publishing and reuse rates could be improved.

By asking who is potentially benefited from a certain behavior imposed or allowed by software, and the path this influence takes, responsible agents can be pointed out. Many of the patterns promoted by the system targets the users, while other external stakeholders seem barely influenced. As software is the direct point of contact of the scientists to data, its potential as mediator to resolve asymmetries and conflicts between converging interests could be better explored. Further research includes adding existing generic scientific social software such as Mendeley or ReserchGate to the diagram, to enrich the analysis with other possible social interactions between scientists mediated by technology.

5 – Representing scientific associations through the lens of Actor-Network Theory

Abstract: Knowledge on the social web presupposes to gather information about its current and potential users and document their relationships, interests and needs. A recent branch of sociology, the Actor-Network Theory or ANT, states that relations among human and nonhuman actors are equally important to comprehend social phenomena. Since scientists are potential users of huge computational support, their communities provide relevant cases for domain characterization and software design. This paper investigates the possibilities of using ANT to characterize a real instance of those social networks. The active role of nonhuman actors allows us to trace the relations based on material clues left behind by the actors, and also to bring forth features to be explored by social software. The results of this study present a graphical representation that allows quantitative and qualitative analysis of the social network, which may inform a better design of systems for those communities.

5.1 – Introduction

To understand social phenomena in general, Sociology traditionally begins with the definition of social fact: a human manifestation that is not part of the physical, biological or psychological domains. A social fact is recognized by the “power of external coercion which it exercises or is able to exercise over individuals” (Durkheim, 1895, page 10) giving rise to a structure that is beyond people but directs their behavior. This vision leads to distinct treatment for people and objects by placing them in separate plans.

Social networking systems have been increasingly adopted as a new mechanism for communication and integration among people (Singh *et al.*, 2012). Based on Web 2.0 technology, they feature rich and interactive interfaces that allow a wide variety of people to share ideas and information, giving rise to the so-called social web. Different forms of interaction between people on that web can be found: social networking, social media and games, sharing news and information, and collectively constructing scientific knowledge (Meyer & Schroeder, 2009). Within this last domain, several authors have studied the way scientists are associated to their peers, by constructing graphical representations of their associations.

Newman (2001b) studied social networks of scientists, using as data source their papers published between 1995 and 1999, and building a graph in which the nodes were the authors and the edges represent ties of co-authorship. Shortest paths (Floyd, 1962) and centrality (Brandes, 2001) were calculated, among others outcomes, to provide a ranking algorithm for the best connected of the studied scientists.

Digiampietri and Silva (2011) modeled the network using authors for vertices and two distinct sets of edges: shared authorship and areas of interest. They used the Brazilian nationwide curricula database called Lattes Platform, from the National Council for Scientific

and Technology Development (CNPq) as data source. This structure is used to calculate a set of metrics using software developed by the researchers.

Ströele *et al.* (2012) selected professors from five Brazilian universities and gathered information about four kinds of relationships: work in the same project, co-authorship, participation in thesis examination committees, or technical production. These data were weighted and combined to generate the edges of the graph, encoding the strength of the relationships which serves, in turn, to cluster authors.

Computational modeling of social behavior relies upon graph theory, mathematical models, and data mining (Lubashevsky, 2010), but also involves multidisciplinary information sources coming from statistics, psychology, and sociology. This latter theoretical source leads current definitions of the social web to be mainly based on aggregation of people, represented by their public or semi-public profiles, connected by relations of friendship, communication or interest (Bae & Kim, 2009; Balbino & Anacleto, 2011; Pietilainen & Diot, 2012). The Web is studied as a set of pages and other digital content intertwined (Hendler *et al.*, 2008), which act only as the medium through which social phenomena, performed by humans, take place (King *et al.*, 2009).

On the other hand, an alternative sociological branch, the Actor-Network Theory – ANT – proposes that relations with the nonhuman elements have the same importance in understanding social phenomena (Latour, 2005). This is aligned to more recent proposals of multimodal social networks (Latapy *et al.*, 2008, Singh *et al.*, 2007), in which nodes in the same graph structure are allowed to have a broader range of natures.

This paper investigates the possibilities of using the Actor-Network Theory as a theoretical support in the characterization of actual instances of social networks, by considering not only people, but the artifacts that mediate their associations as well. ANT concepts are applied to highlight the possible relationships between humans through their associations with digital artifacts, orienting the modeling of a multimodal network comprising people and nonhuman entities.

The text is organized as follows: in the next sections we will present the theoretical framework of Actor-Network Theory used in this work and a proposal of representation for the network, of which structure and kinds of allowed participants are results of an ANT-based analysis. Results of a case study representing a snapshot of a community of scientists, instantiated as the proceedings of a conference, are presented. Finally, we discuss the results obtained and present the final considerations and future work.

5.2 – Actor-Network Theory overview

The Actor-Network Theory (Latour, 2005) is a theoretical-methodological framework that diverges from the structuralist trend of sociology. It aims to provide a new approach to study social phenomena, equipping the interested observer with a "sensitivity" to better capture how these phenomena evolve (Andrade & Urquhart, 2010). It proposes to see the human interactions as chains of associations distributed in time and space that depend upon the continuous agency of its participants on each other and whose structure is dynamic, as a result of this joint action.

An actor is defined as any entity capable of acting for change a certain state of affairs. With this broad definition, both human and nonhuman can be treated jointly and simultaneously. Human actors encompass all the people involved and interested in a certain social phenomenon, with their embodied knowledge and know-how.

Concerning nonhuman actors, it is not intended to assign intentionality to them; just one should not discard their potential of mediation and interaction, either by physical or cognitive means (Law, 2009). Not every object is seen an actor. ANT defines that the objects' capacity of action can be more easily perceived in specific moments: when innovation occurs, when its use is unknown or questioned, or unexpected behaviors and accidents occur. In an earlier study, Callon (1991) proposed that nonhuman actors could be:

- Devices: concerning from simpler tools to more complex technical artifacts;
- Texts: considering both their semiotic nature and their material support;
- Money: in a broad sense of an instrument for exchange and reservoir of values.

The focus of the ANT is on associations formed between the actors, resulting in a network. The concept of interaction is expanded and shall encompass interference, delegations and joints between all kinds of actors. According to ANT, the interactions between actors have the following characteristics:

- Anisotropic: what is acting at a given time and location comes from various places;
- Asynchronous: the actions that lead the actors to interact have their origin at different times;
- Oligoptic: a few of the participants of a particular action are visible simultaneously;
- Heterogeneous: the actors involved have different natures;
- Anisobaric: participants who are interacting have different influence intensities.

The process of building each of these associations among actors is called translation (Callon, 1986) and depends on the success of steps in which an actor, in the desire to change a certain state of affairs, looks for other actors whose acting skills are beneficial, stimulate their interests to join, defines roles and ensures compliance with the responsibilities assumed. A successful translation must follow these four well-defined steps:

- Problematisation: the problem that may be collaboratively solved must be defined;
- Interessment: potential allies have to be convinced to act conjointly;
- Enrollment: the role of each actor in the group is defined;
- Mobilization: the allies must be put to act associatively and control structures must be specified to keep them acting as agreed before.

The force with which these movements unfold, its stability and mechanisms to ensure its preservation define the success of the network as a whole. When actors become connected, the consequences of success or failure spread through the network, so that there is mutual interest that everyone be successful. When the translation is effective, the various actors are driven to act as one and, through the mechanisms of mutual control, their complexity is abstracted. A whole sub-network happens to be seen as a single actor, in a process called black-boxing (Latour, 2000).

Studying the social aspects of scientists with ANT, Latour (2000) identified that an important part of mediation is done through relationships with nonhuman actors, being one of them the technical and scientific literature. They provide some relations of mutual benefit and expectation, driven by network associations. Going on from this analysis one can find the kinds of actors that should be put together in a scientific social network.

When an article R (nonhuman/text) is referenced by another paper P, it creates a chain of associations between their authors (humans). The authors of P depend on the good acceptance of the results of R, while the cited R will benefit from the visibility made through P. Humans produce texts that carry the results of their work but also the intentions of being accepted as truthful. When the authors of P argue based on R, the translation occurs: they are not only interested on P's acceptance anymore, but also on R's.

Similarly, authors make use of the infrastructure of institutions, produce articles whose amount is reflected in indicators that put the institution in the most favorable position for receiving funds, which improve their infrastructure. Researchers' needs for equipment (nonhuman/devices) and grants (nonhuman/money) are translated to an interest in the

Institution's welfare. In this case, the translation is more complex, as it depends on the rules of the institution.

In this way, the ANT presents itself as a theory potentially well aligned to the goals of who wants a better understanding of social communities and their digital artifacts (Hendler *et al.*, 2008; Pereira *et al.*, 2011), particularly scientific communities. To investigate this potential, the following sections present a representational mechanism informed by ANT and results of a study based on data from scientific publication of researchers who attended a particular conference.

5.3 – A representational mechanism informed by ANT concepts

A scientific conference serves as a starting point to gather information about a community of scientist and to comprehend its inner social ties at a specific moment. To build the network of actors, the papers of the conference must be linked to their authors and these to the institutions that are affiliated. The articles are also linked to their bibliographic references, which in turn relate to their respective authors. In Figure 5.1 we present the elements studied in this paper and how they will be depicted: humans as circles, texts as squares and institutions as triangles.

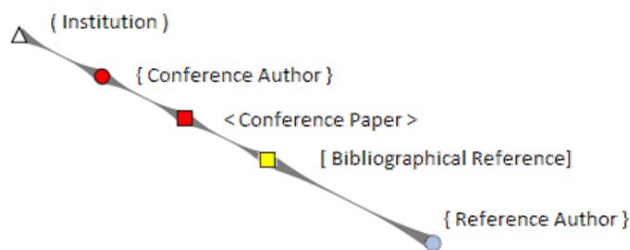


Figure 5.1: Graphical representation proposed for the actors being studied

The visual representation of the networks was generated by the Graphstream library (Pigné *et al.*, 2007), which automatically sets the layout and arrangement of vertices from an algorithm of spring forces (Eades, 1984). In the generated figures, we tried to keep the automatic layout obtained by the algorithm, and made few manual shifts in some vertices to increase readability.

We applied the All Pair Shortest Path algorithm (Floyd, 1962; Warshall, 1962), identifying the length of the shortest path between each pair of vertices. To obtain a dimension of the extension of the network, also called its diameter, we used the maximum value of this measure (maxAPSP).

The size of the vertexes is proportional to their betweenness centrality (Brandes, 2001; Freeman, 1977), which indicate the likelihood of each vertex to be part of the shortest path

between any two others, representing the importance that each vertex has on the network and its influence on aggregation of others. Some vertices have been labeled to facilitate analysis and discussion to follow.

For comparison purposes, representations of the same conference considering only the human actors were also generated, in accordance with the traditional vision of sociology, that we named presumed sociogram. The actors were connected when co-authors of the same paper or affiliated to the same institution. The nodes for authors of the papers presented at the conferences are filled red (darker) and the ones of bibliographical references are colored blue (lighter).

For instance, suppose that a paper P, whose authors are A1, A2 and A3, have among its references the paper R1, written by A1 and A4, and reference R2, whose author is A5. The authors A1 to A4 are affiliated to an institute I1, while A5 is related to I2. The traditional sociogram presumed from this data and the multimodal actor-network are depicted respectively on Figures 5.2 and 5.3.

In the first representation, the actors A1...4 are all linked together among themselves, because they are affiliated to the same institution, despite the way they cooperated writing papers. In turn, A5 has no explicit relationship with others and therefore is left unlinked.



Figure 5.2: Example of a sociogram depicting only the human actors

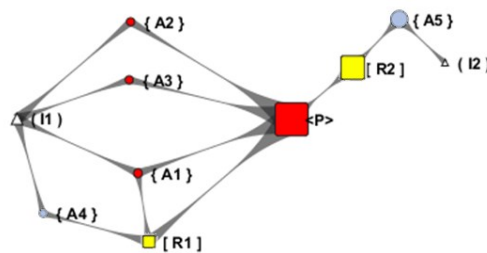


Figure 5.3: Example of an Actor-Network associating the human previously shown on Figure 5.2 and adding the nonhuman actors to the same structure

The second representation shows that there is an association path between A5 and the other authors, even whether she does not know it, because there exists some interest from A5 that R2 be cited and known by other authors and this is obtained through P. Node R1 is smaller than R2, because R2 is the only way to the network of interests to reach the vertexes

A5 and I2, while R1 is less important to A1 and A4, since then can keep attached to the network through I1.

5.4 – Case study

In order to check how to unfold the relations described by Latour (2000) in a concrete scenario and analyze how ANT may reveal relevant structural elements of the social phenomenon, we chose a community of scientists, represented by their publications in the same conference for an explanatory case study. In order to increase the readability of the outcomes, it was selected a workshop of an emergent community: the eScience Workshop of the Brazilian Computer Society occurred in 2010. From the list of six full papers, their 28 authors with respective eight affiliations, and their bibliographical references (64 papers and 174 authors), we were able to reconstitute a snapshot of the community of scientists attending the conference.

Figure 5.4 shows the graph generated using the traditional sociological approach. It is composed of several disconnected components, each of them constituted by groups of authors that correspond to the graph theory concept of cliques (Rosa *et al.*, 2012). All connected components have small diameter, being the $\max APSP = 4$.

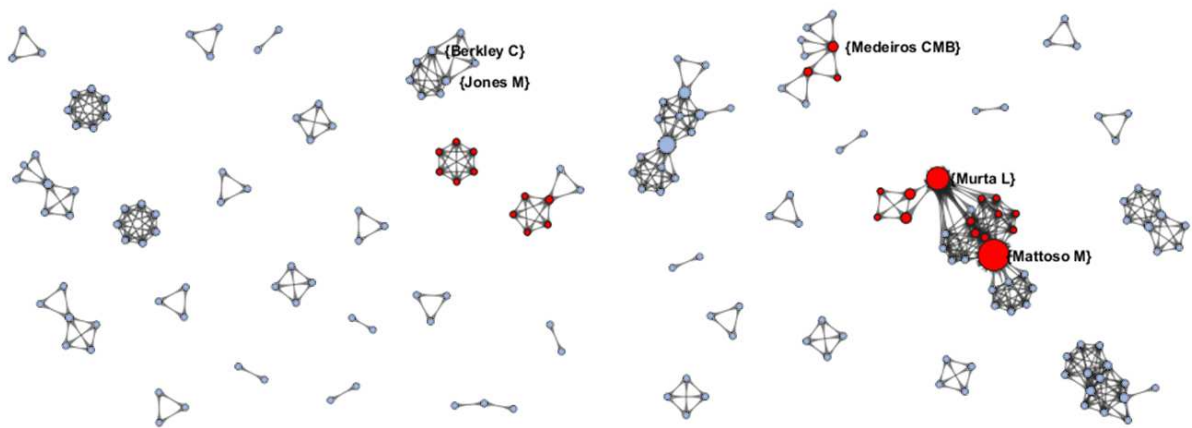


Figure 5.4: Presumed sociogram for the network of scientists, featuring humans and their relations.

Many of the subgraphs are composed only of authors of references; one is composed only of participants of the conference. Three of the subgraphs are heterogeneous, mixing together authors of the conference and of the references. From these, two nodes are highlighted: {Murta L} and {Mattoso M} have the highest betweenness, meaning they are the most important to the structure of the group they pertain and a path for the flows of information, interests and prestige.

In Figure 5.5 we can see how the Actor-Network Theory, instantiated in the proposed graphical representation, captures the internal structure of the relations of interest between participants of the conference. All actors are somehow connected, which suggests the unity of the nature of the social phenomenon. As a natural consequence of this agglutination, the diameter of the graph increases ($\text{maxAPSP} = 15$).

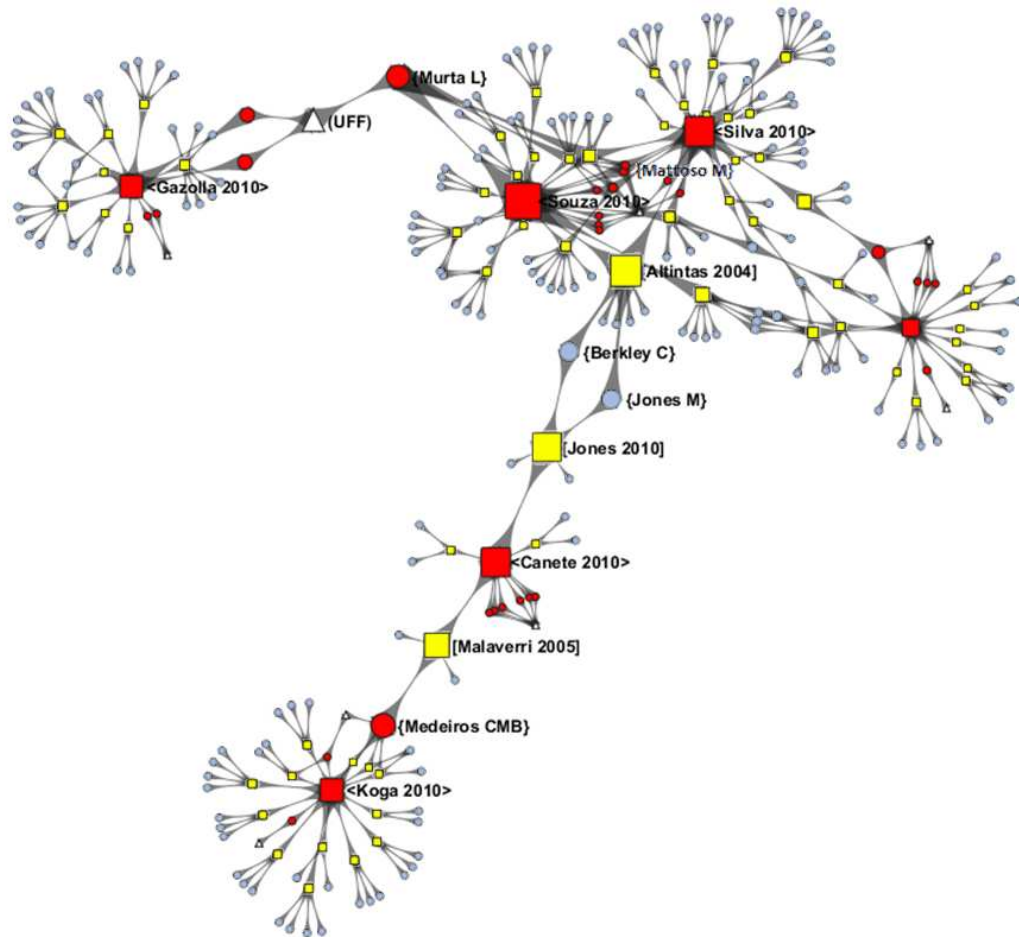


Figure 5.5: Actor-network snapshot encompassing all relevant actors that operate together and can benefit from each others' success.

There are more vertices with higher betweenness, many of them are not authors. Putting aside the conference papers, some references are very important, as for instance “[Altintas 2004]” and “[Jones 2010]”. Other authors, although acting only as writers of bibliographical references, are put forward in importance: “{Berkley C}” and “{Jones M}”. The role of one university “(UFF)” is also emphasized.

5.5 – Discussion

The present work outlines possibilities of the Actor Network Theory in understanding and guiding the representation of social phenomena. Even at the current stage, the proposed approach for a representation informed by ANT shows promising, because it highlights the following features:

- Unity of the social phenomenon: if we use only the human-centric view, as traditionally done, the size of the phenomenon being studied shall be constrained and it becomes fragmented, as seen on Figure 5.4. By adopting the perspective of ANT and following the material traces produced by the community of scientists in the form of the papers published in a conference, we enhance the consistency of networks that are seemingly unconnected. The addition of nonhumans shows the conference as a unique social aggregate, with connections that reach all of its members and which can be studied as a whole.
- Redistribution of local influence: the placement of all involved in the same structure allows a better scaling of the relevance of each participant. For example, {Mattoso M} is a lead author for the subgroup to which she belongs, when considered in relation to the direct contacts with others humans (Figure 5.4). However, when we consider the network by ANT's proposal, we can analyze the entire community of scientists in a single frame, and then the social importance of that author is relativized, because there are alternate paths that guarantee the connection between its constituents (Figure 5.5). The author does not need to keep acting herself: even if she leaves the community, her publications remain influencing other researchers and shaping the network.
- Discovery of unsuspected stakeholders: when using ANT, other authors that are not directly participating in the conference start to show their importance. For instance, “{Berkley C}” and “{Jones M}” are disjoint from conference authors in the sociogram, but become connectors that keep the graph unite (Figure 5.5). Similarly, depicting the institutions together as nodes highlights the importance of a university “(UFF)” as an actor within this community.

Szell *et al.* (2010) analyzed data of social interaction among 300000 players of an online multiplayer game and found very distinct network structures whether considering or not the nature of relations, i.e., adding edges to the sociogram without attention to what they represent – as made in Figure 5.4. They clearly states that “neglecting the nature of social ties and mixing different interactions (even within the same dataset) results in gross misrepresentation of the system” (Szell *et al.*, 2010, p. 13638). Such result indicates the need

for care about who or what is mediating those associations. ANT can help in this improvement, since the actor that provides the link is explicitly put in the network.

Although exists previous works (Potts, 2008; Wu *et al.*, 2011) that claim to use ANT to capture heterogeneous networks of people and technological devices, the theoretical background of ANT is not completely explored. Instead of creating multirelational or multimodal networks based on ad hoc criteria, the choice of classes of nonhuman actors must be subject to a prior analysis of how they interfere in the course of actions in the social phenomena.

The ANT analysis that precedes the building of the network can point towards some other relevant actors, for example, the funding agencies that support the researchers, the institutions to which the authors of the bibliographical references are affiliated, physical devices used during the researches, the audience of the conference and so on. However, as this information was not fully available in the data set, the respective actors were not added to the network.

The major drawback of the presented approach is related to scale issues: larger datasets cannot benefit from inspections on the proposed visual representation. But in the same way the construction of the graphs make use of a traditional tool from mathematical social network analysis – betweenness centrality – it can borrow some existing clustering techniques to reduce visual complexity. Once again, ANT provides some hints that may be useful, namely, the concept of black-boxing that collapses all actors involved in a successful translation into a single one.

5.6 – Conclusion

Given the social nature of knowledge production by scientists, these are potential candidates for the use of social software and, therefore, their social relations must be mapped and documented. However, studying social groups from just the links between people may be insufficient in a scenario where the relationships unfold through material and digital artifacts as Web 2.0 systems.

The use of the Actor-Network Theory proved to be promising as an alternative way through which social relations can be traced, between human and non-human actors, opening space for computational elements as natural and relevant mediators in collaborative phenomena. As the proposed representational mechanism informed by ANT produces graphs, it allows both quantitative analyses, based on many other available algorithms, as well as qualitative studies from their visual representations.

The work presented here will continue in two correlated fronts: validating ANT to support analysis of other communities, their evolution over time and detailing the forms of interaction and, on the other hand, characterizing networks as subsidy for a process of design for systems whose potential users are the participants of these networks.

6 – Expandindo revisões bibliográficas sistemáticas pela análise de redes sócio-técnicas científicas

Abstract: Social studies of science and technology have provided understanding for the role of scientific literature as mediators of the relationship between researchers – and, more broadly, the fundamental role of non-human elements in social relations. This work relies on the theoretical framework of Actor-Network Theory to propose the use of the growing amount of scientific data available on the web to deepen systematic literature reviews. The concept was validated with the implementation of Quid, a software system able to retrieve information from authors and papers related to a literature review, showing a network of associations that contextualizes it.

Resumo: Os estudos sociais da ciência e tecnologia têm levado à compreensão do papel das produções bibliográficas como mediadoras das relações entre pesquisadores – e, de forma mais abrangente, da participação fundamental de elementos não-humanos em relações sociais. Este trabalho se apoia no referencial teórico da Actor-Network Theory para propor a utilização do crescente volume de dados científicos disponíveis na web para aprofundar revisões sistemáticas da literatura. O conceito foi validado com a implementação do software Quid, capaz de recuperar informações de outros autores e artigos relacionados a uma revisão bibliográfica, exibindo uma rede de associações que a contextualiza.

6.1 – Introdução

A crescente disponibilidade na *web* de dados sobre a produção científica, como currículos de pesquisadores e meta-dados de publicações, aliados a avanços nas técnicas de mineração de dados em redes de coautorias, permitem a descoberta, coleta e processamento destas informações sociais e bibliométricas. Por exemplo, o Currículo Lattes¹⁰ dispõe de dados acadêmicos atualizados dos pesquisadores brasileiros e sua produção bibliográfica.

Tem-se observado, então, o surgimento de sistemas de rede sociais científicas baseados na plataforma Lattes, caracterizados pela consolidação numérica e gráfica dos dados disponíveis: Sucupira (Alves *et al.*, 2011), ObserveUNB (Ralha *et al.*, 2012), CiênciaBrasil (Laender *et al.* 2011) entre outros. Tais sistemas permitem analisar a produção científica de uma instituição como um todo (Farias *et al.* 2012) e podem apoiar órgãos de fomento para que possam comparar pesquisadores em relação a seus pares (Newman, 2001a). Para apoiar cientistas na localização de publicações relevantes para suas pesquisas, entretanto, o potencial destes dados não tem sido totalmente explorado.

Latour (1997; 2000) acompanhou o processo para se estabelecer fatos científicos, estudando minuciosamente as atividades cotidianas de pesquisadores. Concluiu que a produção de conhecimento científico e tecnológico é um fenômeno inerentemente social que passa por etapas como o reconhecimento de aliados e o fortalecimento de argumentos. Neste

¹⁰ <http://lattes.cnpq.br>

processo, referências bibliográficas desempenham importante papel mediador entre os cientistas, que usam resultados publicados anteriormente para embasar suas novas afirmações.

Revisões bibliográficas sistemáticas são uma forma metódica e organizada de agrupar publicações sobre determinado tópico de pesquisa. Seus resultados guiam pesquisadores na seleção de referências que apoiam ou contestam determinada hipótese. O software START (Zamboni *et al.*, 2010) foi desenvolvido para suportar as atividades de cada uma das etapas de uma revisão sistemática, registrando a lista de referências, os protocolos a serem adotados, e provendo uma sumarização dos resultados.

Este trabalho propõe a utilização do vasto volume existente de dados científicos, na forma de redes sociais de pesquisadores, repositórios de meta-dados de artigos e bibliotecas digitais, para suporte à proposição e desenvolvimento de novas pesquisas. Uma ferramenta chamada *Quid*, desenvolvida para apoiar a análise do resultado de revisões bibliográficas obtidos com a ferramenta START, permite a expansão do estudo da literatura pela identificação de outros autores e artigos também relevantes para cientistas em suas pesquisas.

O texto está organizado da seguinte forma: primeiramente será apresentado o referencial teórico que permite compreender a produção científica e tecnológica como um fenômeno social em que participam conjuntamente elementos humanos e não-humanos. Será apresentada também uma introdução a um método de revisão sistemática de literatura. A seguir, será detalhada a arquitetura do software proposto, as fontes de dados utilizadas e a forma de exibição das saídas do sistema. Finalmente, serão discutidos os resultados preliminares obtidos com o primeiro protótipo do software, seguidos das conclusões do trabalho.

6.2 – Referencial Teórico-Metodológico

Para melhor compreendermos como as informações científicas disponíveis na web podem auxiliar pesquisadores em revisões bibliográficas, nos baseamos em duas fontes teóricas: a primeira, de origem sociológica, demonstra a necessidade de considerarmos conjuntamente elementos humanos e não-humanos em fenômenos sócio-técnicos – como é o caso da produção científica – enquanto a segunda, com viés metodológico, aponta como conduzir a coleta e seleção de fontes bibliográficas, as quais detalharemos a seguir.

6.2.1 – Sociologia e Actor-Network Theory

A relação entre tecnologia e pessoas tem sido tradicionalmente entendida de forma dicotômica, em termos de determinismo tecnológico ou social. Na primeira abordagem, a

tecnologia provoca mudanças na sociedade, que é aparentemente impotente para resistir a elas; na segunda, a tecnologia é retratada como apenas o produto das intenções humanas, através de planejamento e ações (Rose *et al.*, 2006). Em resposta às deficiências percebidas pelo posicionamento puramente social ou tecnológico, várias tentativas têm sido feitas no sentido de desenvolver abordagens intermediárias que reconheçam a contribuição de ambos os fatores, entre elas, a escola de pensamento conhecida como Estudo de Sistemas Sócio-Técnicos (Mumford, 1983).

Teoria Ator-Rede, Actor-Network Theory ou ANT é um ramo recente da Sociologia, que surgiu a partir dos estudos sociais da ciência e tecnologia. Compreende a construção do conhecimento científico como um processo social em que tanto atores humanos quanto não-humanos podem participar, atuando uns sobre os outros e moldando-se mutuamente (Latour *et al.*, 2012). Neste sentido, toma uma postura sócio-técnica em que, além de negar os determinismos tecnológico e social, afirma que não se deve fazer distinções *a priori* entre os participantes humanos e não-humanos em fenômenos sociais.

Como princípio metodológico, Latour (2000) definiu que o estudo da ciência não deve limitar-se à análise de seus produtos finais; mas, sim, iniciar no desenrolar das discussões que levam à concepção e refinamento destes produtos. Ao conhecer a ciência em construção, é possível identificar elementos que interferem uns sobre os outros, limitando ou propiciando o avanço das descobertas científicas, elementos estes que ficam ocultos quando se analisa os resultados finais de pesquisas: afirmações objetivas e impessoais.

Um dos participantes não-humanos nas relações entre cientistas são as referências bibliográficas utilizadas para apoiar argumentos em controvérsias (Latour, 2000). Um texto referenciado em um artigo científico pode ter as seguintes finalidades: ajudar a construir o contexto teórico ou paradigma adotado na pesquisa; discutir, positiva ou negativamente, resultados relacionados; expressar afiliação a uma determinada corrente de opinião ou grupo de pesquisa; ou relacionar trabalhos anteriores que foram estendidos pela nova publicação.

Reciprocamente, tudo o que um texto fizer com a literatura anterior, poderá ser feito a ele pela literatura posterior. Quando uma alegação feita em um artigo é, posteriormente, aceita por muitos outros e incorporada a eles na forma de citações, é progressivamente transformada em fato, até o momento em que se torna conhecimento tácito e não requer mais citações. Nas palavras de Latour (2000, pág. 73): “quem cita o texto de Lavoisier quando escreve H₂O como fórmula da água?”. Neste ponto, o que era uma alegação se torna fato científico estabelecido e objetivo, sem ter marcas de ter sido produzido por alguém.

Desta forma, é fundamental para um pesquisador ser capaz de encontrar outros atores, sejam eles autores ou artigos, capazes de suportar suas hipóteses e atuar como aliado frente a leitores e revisores críticos. Por outro lado, um artigo citado tem seu conteúdo e seu autor divulgados e, em alguns casos, corroborados. Cria-se assim relações de benefício mútuo entre os autores, mediados por seus artigos, constituindo uma rede heterogênea que é dinâmica e vai se consolidando à medida em que se constrói o conhecimento.

6.2.2 – Revisões bibliográficas sistemáticas e o método Prisma

Revisão de literatura é uma atividade frequente para cientistas, pois permite obter uma visão geral de um domínio, uma melhor compreensão de um campo de conhecimento e apoiam na avaliação da novidade de uma proposta. Caso a revisão bibliográfica não seja estruturada, será apenas uma narrativa estritamente qualitativa, produzida por um pesquisador em busca de artigos, livros e teses, lendo-os e tomando notas. Os resultados produzidos desta forma podem estar incompletos ou serem tendenciosos, favorecendo um determinado ponto de vista mesmo que de forma não intencional.

Uma revisão bibliográfica sistemática – RBS – fornece resultados mais precisos e imparciais, identificando, selecionando e avaliando criticamente pesquisas relevantes. RBS foi criada e é usada pela pesquisa em Medicina Baseada em Evidências (Pai *et al.*, 2002). Posteriormente, Kitchenham *et al.* (2004) propuseram o uso de RBS em Engenharia de Software, para construir revisões de literatura que apóiam reivindicações dos benefícios de novas tecnologias e metodologias de desenvolvimento de sistemas. Uma revisão sistemática aborda uma questão claramente formulada usando métodos sistemáticos e explícitos para identificar, selecionar e avaliar criticamente pesquisas relevantes, e para coletar e analisar dados dos estudos incluídos na revisão. Métodos estatísticos podem ou não ser utilizados para analisar e resumir os resultados dos estudos incluídos.

A declaração PRISMA (Liberati *et al.* 2009) define normas e etapas que devem ser cumpridas a fim de obter uma análise mais confiável, completa e reprodutível. Uma RBS deve consistir nas seguintes etapas:

- planejamento, em que ocorre a definição do protocolo, da pergunta de pesquisa e dos objetivos;
- execução de buscas em bases de dados *online*,
- inclusão manual de registros,
- eliminação de duplicatas,
- análise de elegibilidade baseada nos meta-dados,

- leitura detalhada,
- análise quantitativa para determinar a pertinência de cada texto ao estudo,
- sumarização dos resultados com geração de gráficos, tabelas, e divulgação.

Estas etapas não precisam ser executadas em ordem estritamente sequencial, admitindo-se ajustes retroativos; porém o resultado de cada uma delas determina o que será feito, ou reajustado, na etapa posterior.

As revisões sistemáticas dependem fortemente do trabalho de interpretação humana para avaliação dos textos. Bouamrane *et al.* (2011) discutem as questões relacionadas com os grandes esforços manuais necessários para a realização de RBS e apontam para a necessidade de desenvolvimento de ferramentas dedicadas para suporte às revisões de literatura.

START (Zamboni *et al.*, 2010) é um software desenvolvido com o propósito específico de apoiar um processo de revisão sistemática em todas suas etapas. Permite extrair informações progressivamente mais detalhadas, armazenando e exibindo os resultados na forma de gráficos e tabelas (Figura 6.1). Registra a origem de cada artigo e os critérios que levaram à sua inclusão ou exclusão do estudo. Permite o empacotamento de uma RBS em um único arquivo, que pode ser utilizado posteriormente como base para outras revisões, ou mesmo para ser atualizado periodicamente.

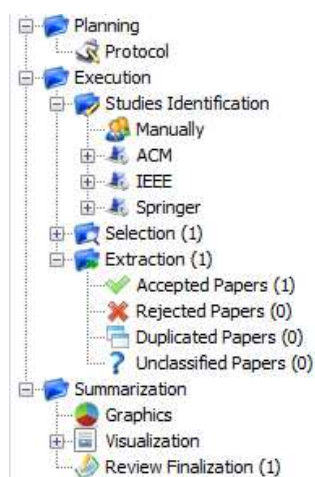


Figura 6.1: Cópia de parte da tela do software START com a hierarquia de informações armazenadas em uma RBS, que reflete as etapas sugeridas pelo método PRISMA.

6.3 – Uma proposta de expansão de revisões bibliográficas sistemáticas

Este artigo propõe uma maneira semi-automatizada de aprofundar os resultados de uma revisão bibliográfica sistemática. Parte do princípio que os artigos selecionados por uma RBS constituem amostras representativas de um tópico em aberto ou uma controvérsia científica que se pretende compreender melhor ou propor uma solução. A partir deste conjunto inicial

de artigos, utiliza-se o ponto de vista da ANT para construir e estender a rede de associações da qual fazem parte. Todo artigo está ligado a uma lista de referências que em maior ou menor grau contribuem para os resultados do tópico em estudo. Estes por sua vez foram escritos por autores que têm interesse no assunto da revisão.

Representando-se cada autor ou artigo como vértices e associando-os com arestas que representam relações de citação ou autoria, constrói-se um grafo que traduz os diversos interesses envolvidos. A partir desta estrutura de dados, podem ser executadas técnicas conhecidas de análise de redes sociais. *Betweenness centrality* (Freeman, 1977) é uma das maneiras de se medir a importância de um vértice em uma rede social, que pode ser aplicada na rede proposta pela ANT para a identificação dos atores mais relevantes para o contexto científico da RBS, sejam eles outras referências bibliográficas ou pesquisadores. Uma discussão sobre esta representação é apresentada por Prado e Baranauskas (2013c).

Para construir a rede que se expande em torno dos artigos selecionados, considerando que cada revisão bibliográfica pode ter dezenas de artigos aceitos e cada um deles dezenas de referências, é importante podermos lançar mão das diversas fontes de dados públicos na *web*, acessadas de maneira automatizada, para recuperação dos meta-dados destas publicações. Ao final do processo, partindo da RBS e com o apoio do vasto volume de dados científicos distribuídos, pode-se delinear uma rede de atores, humanos e não-humanos, que influem naquele tópico de pesquisa, e cujos elementos centrais podem apontar para novos aliados na argumentação científica.

A Figura 6.2 ilustra os dois níveis de informação considerados no método proposto. Para cada revisão bibliográfica sistemática, a lista de artigos aprovados serve de ponto de partida para construção do grafo obtido com base na ANT. Adicionando-se as associações, novos atores centrais ao estudo em questão vão se destacando. Como por motivos práticos a expansão da rede não pode ser feita indefinidamente, estabelece-se um limite de dois níveis: artigo → referência → autor.

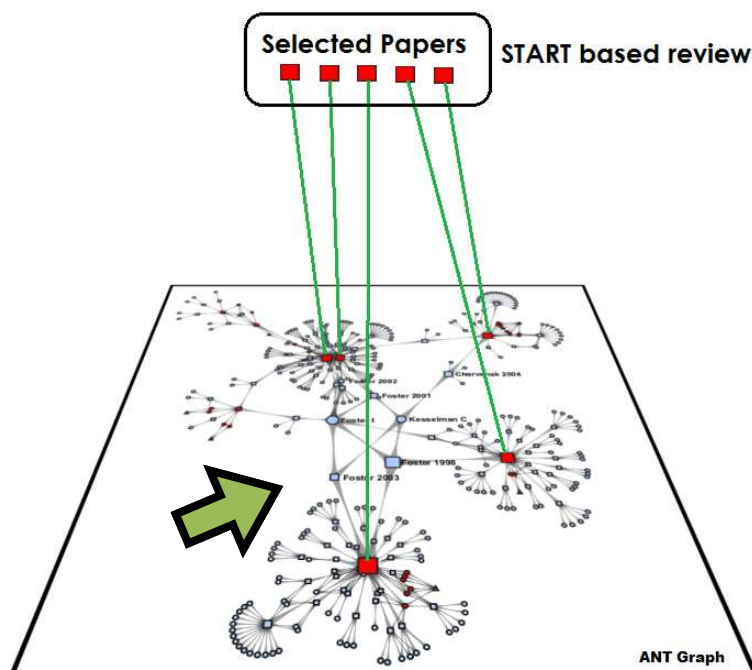


Figura 6.2: expansão da rede sócio-material a partir dos artigos selecionados na revisão bibliográfica sistemática. A seta adicionada à figura aponta para artigos e autores potencialmente interessantes, identificados pelo método, que não participam da RBS original. Quadrados e círculos representam, respectivamente, artigos e autores.

6.4 – O sistema construído: *Quid*

Para validação desta proposta foi construído um sistema capaz de: a) receber e armazenar arquivos contendo RBSs conduzidas com o software START, b) permitir o acréscimo de informações sobre cada artigo e suas referências e c) exibir o grafo obtido com base na ANT para que o usuário possa avaliar as opções de acréscimo à revisão. O sistema, desenvolvido em Java, tem sua arquitetura organizada em uma interface de usuário *web*, uma estrutura de entidades com dados e lógica de negócio, e um conjunto de agentes (Holanda *et al.*, 2013) para coleta da informação científica em suas diversas fontes. Esta estrutura está esquematizada na Figura 6.3.

A modelagem das principais entidades do sistema segue a proposta da ANT, em que tanto humanos – usuários, autores de artigos – quanto não-humanos – artigos, livros e as próprias revisões bibliográficas – são tratados conjuntamente. Associada a cada ator pode existir uma lista de arquivos contendo dados bibliográficos coletados pelos agentes ou inseridos pelo usuário. As entidades correspondentes aos atores que compõe a rede são persistidas em uma base de dados relacional, juntamente com os meta-dados dos arquivos relacionados, enquanto que o conteúdo de tais arquivos é mantido externamente ao banco de dados, como sugerido por Bauch *et al.* (2011).

Os dados de cada revisão bibliográfica são de acesso restrito ao respectivo usuário do sistema. Os meta-dados utilizados para geração do grafo baseado na ANT, porém, são compartilhados entre todos os usuários. Deste modo, a rede de associações é construída colaborativamente e incrementalmente por todos os usuários. Não existem ainda mecanismos de avaliação da reputação do usuário que realizar a edição dos dados compartilhados. A visualização da rede de atores é obtida com a ferramenta GraphStream (Pigné *et al.*, 2007), que provê algoritmos para cálculo de *betweenness centrality*, e é capaz de gerar o posicionamento automático dos vértices do grafo utilizando um algoritmo de *spring forces layout*. Esta ferramenta foi escolhida pela facilidade de acoplamento às demais.

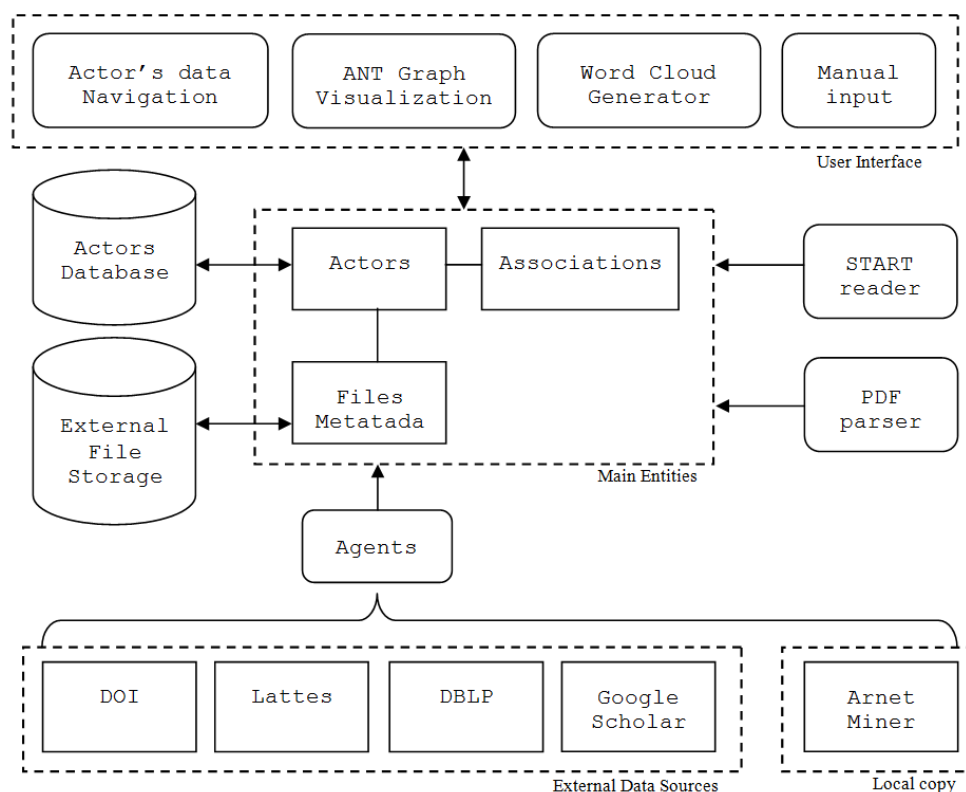


Figura 6.3: Arquitetura do sistema desenvolvido

Complementarmente à visualização do grafo de associações, o sistema provê a construção de uma nuvem de palavras extraídas dos termos presentes nos títulos dos artigos selecionados na RBS (Rivadeneira *et al.*, 2007), permitindo uma caracterização simplificada dos principais tópicos abordados e destacando os termos dominantes sem omitir os de menor frequência. Além disso, é permitido navegar na descrição textual de cada ator, através da lista de associações apresentadas como links na interface *web*, que pode ser vista na Figura 6.4.

Para cada artigo presente em uma RBS, são utilizadas diversas fontes externas de dados para que as informações bibliográficas possam ser complementadas, sempre que

possível. Por exemplo, quando dispomos do identificador DOI¹¹ de uma publicação, podemos recuperar suas informações bibliográficas na forma de um arquivo Bibtex. Diversos agentes de software permanecem continuamente em execução, recuperando dados que podem complementar a identificação de vértices já existentes, acrescentando novos atores à rede.

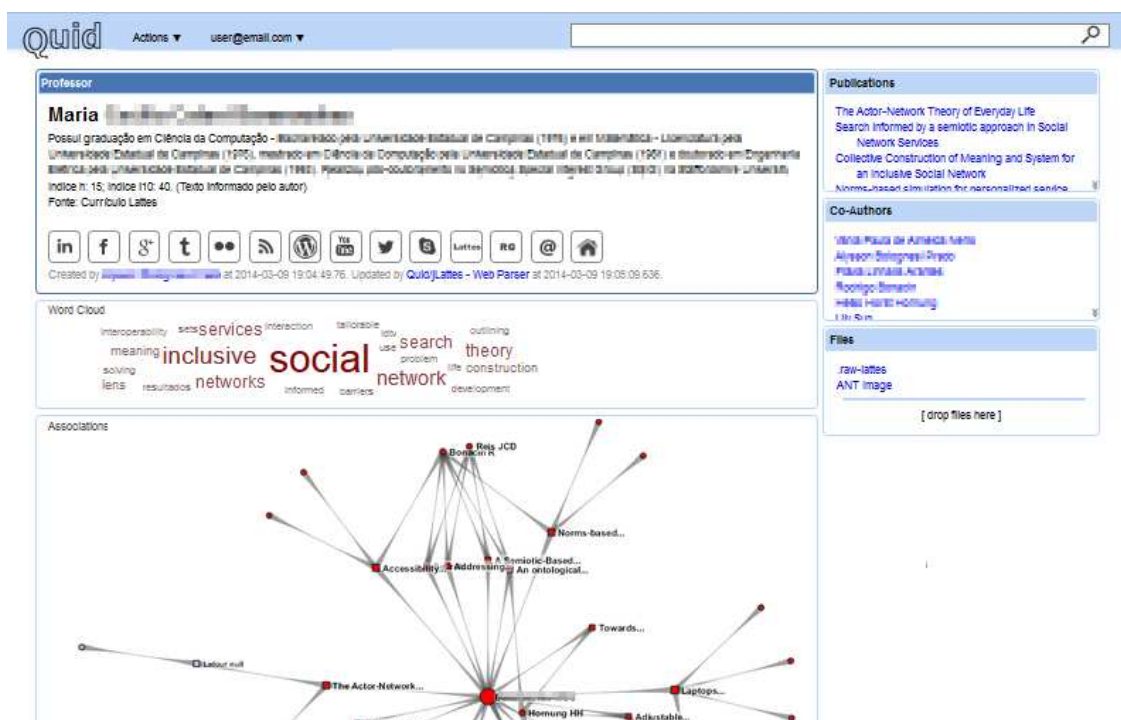


Figura 6.4: Cópia de tela do sistema, visualizando dados do autor de um dos artigos da revisão bibliográfica sistemática. Acima à esquerda, identificação do ator, logo abaixo a nuvem de palavras gerada pelos títulos de suas publicações, e mais abaixo o grafo com suas associações. À direita, listas de associações: artigos, coautores e arquivos.

A DBLP (Ley, 2002) é um repositório que dispõe de informações bibliográficas relativas à Ciência da Computação que provê uma interface pública de busca por autor ou título de artigo. Além de usar esta API, o sistema construído também é capaz de buscar informações no Google Scholar¹², utilizando um *parser* implementado pelo software JabRef¹³, e no Currículo Lattes, a partir de um *web crawler* construído a partir do software ScriptLattes (Mena-Chalco *et al.*, 2009).

A partir da base de dados da DBLP e outras fontes da web, o projeto ArnetMiner (Tang *et al.*, 2008) compilou mais de 2 milhões de artigos e foi capaz de identificar outros 2 milhões de citações, atualizados até 2013. Estes dados estão disponíveis em um arquivo que

¹¹ <http://www.doi.org>

¹² <http://scholar.google.com>

¹³ <http://jabref.sourceforge.net>

pode ser acessado na página do projeto e permite relacionar boa parte das referências usadas em um artigo da área de Ciência de Computação. O sistema guarda uma cópia local deste arquivo, usado por um dos agentes para identificar referências sempre que possível.

Nas situações em que o usuário dispõe do arquivo PDF com o texto completo do artigo que faz parte da revisão, o sistema é capaz de receber o mesmo, convertê-lo em uma *string* de caracteres e aplicar heurísticas para extração das respectivas referências bibliográficas. Os resultados são avaliados e corrigidos manualmente pelo usuário, passando então a fazer parte da rede de associações. A identificação de um autor ou artigo já existente na rede ANT armazenada é feita pela similaridade de nome ou título, obtida pela distância de Levenshtein.

6.5 – Discussão dos resultados

O suporte a pesquisadores em atividades de levantamento bibliográfico pode ir além de um gerenciador de referências, como por exemplo, os softwares Zotero¹⁴ ou JabRef. Além de armazenar e organizar listas de artigos, é importante prover formas de identificar novos aliados em potencial para embasamento de futuros artigos e discussões. Apesar de revisões sistemáticas poderem identificar artigos de determinada área do conhecimento, o processo de compreensão das relações entre pesquisadores e pesquisas não é simples nem intuitivo. Neste sentido, a ANT fornece subsídios para filtrar e destacar referências adicionais que podem contribuir para a controvérsia abordada pela RBS.

O método e o software aqui propostos foram validados em uma revisão bibliográfica sistemática relativa a “*design* universal de interfaces de usuário para múltiplos dispositivos”, realizada anteriormente por alguns dos autores do presente trabalho e que serviu de base para publicação de artigo (Bittencourt *et al.*, 2013) e direcionamento de atividades de pesquisa.

Na Figura 6.5 vemos o grafo gerado para esta RBS. Além dos autores e artigos já presentes na revisão, representados pelos vértices vermelhos, outros artigos foram destacados, como o de “Paterno e Santoro (2002)”, que aborda a diversidade de dispositivos de interação, além de autores não cobertos inicialmente, como “Weber G”, que pesquisa interfaces não-visuais – representados em azul claro e destacados na figura com setas. Claramente são potenciais candidatos a contribuírem para a revisão sistemática original.

¹⁴ <http://www.zotero.org>

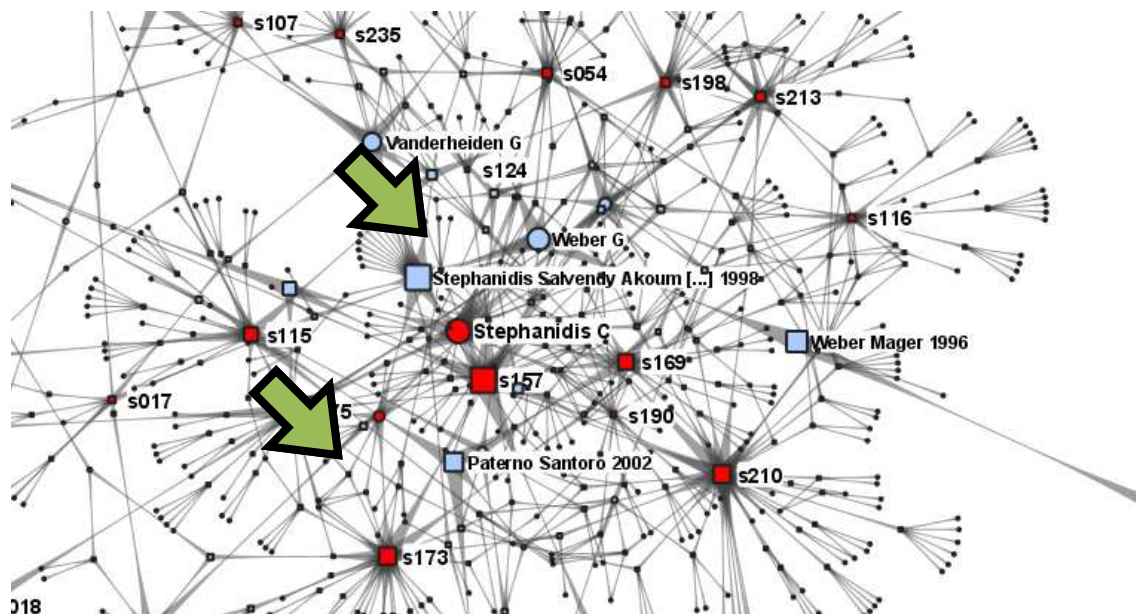


Figura 6.5: Representação parcial da rede de associações construída para uma RBS. Vértices vermelhos são autores e artigos presentes na revisão; azuis são potenciais aliados resultantes da expansão da rede pela busca nas fontes adicionais de dados. Novos atores relevantes, destacados nesta figura por setas, podem ser identificados pelo usuário por inspeção visual do grafo.

O presente trabalho também demonstra a possibilidade de aplicar a Actor-Network Theory como referencial teórico para compreensão de fenômenos sócio-técnicos, particularmente no papel mediador que elementos não-humanos possuem nas relações humanas. Utilizou-se a ANT como guia para modelagem das principais entidades do software – atores e associações – o que demonstrou ser flexível o bastante para acomodar a diversidade de dados necessários, e ao mesmo tempo suficiente para a detecção dos elementos mais relevantes em meio ao contexto de associações. O sistema ainda passará por experimentos controlados com usuários, incluindo a avaliação de usabilidade da sua interface, antes de ser disponibilizado abertamente para o público.

6.6 – Conclusão

A disponibilidade pública de dados bibliográficos e sociais de cientistas apresenta expressivo potencial de apoio a pesquisadores, ao mesmo tempo em que constitui um desafio para a seleção, organização e apresentação destes dados de forma a constituir informação útil para projetos de pesquisa. Métodos sistemáticos de revisão da literatura contribuem para obter resultados mais objetivos e imparciais.

No presente trabalho verificamos que, ao compreender melhor o papel da produção bibliográfica nas associações entre cientistas através da “lente” da Actor-Network Theory, é possível utilizar de forma integrada diversas fontes de dados científicos existentes na web

para melhorar a compreensão das relações entre pesquisas extraídas de uma revisão sistemática da literatura. O suporte de uma teoria sociológica que reconhece a atuação em fenômenos coletivos de produtos materiais e cognitivos, incluindo artefatos tecnológicos, tem se mostrado significativo tanto para a compreensão dos contextos nos quais se inserem aplicativos de viés social, quanto para seu *design* e arquitetura.

Como oportunidades de continuação do projeto, considera-se a aplicação de mecanismos existentes mais eficientes de desambiguação de nomes de autores, como o proposto por Godoi *et al.* (2013), substituindo a distância de Levenshtein. Também é possível desenvolver agentes que, baseados no protocolo OAI-PMH, possam acessar bibliotecas digitais e manter cópias locais de metadados de teses e dissertações que podem ser citados como referências bibliográficas. Testes iniciais com o repositório ArXiv demonstraram que este também poderá ser usado. Os próximos passos planejados para este projeto incluem a implementação destas novas funcionalidades e a disponibilização para uma comunidade de cientistas para observação em condições reais de uso.

7 – Conclusões e perspectivas futuras

“Of course, a good sign of a productive confluence of theoretical perspectives is that it leaves us with many worthwhile questions.” (Weiss et al. 2014, p. XX)

Dentro do amplo cenário de *e-science*, em que uma vasta gama de sistemas informatizados vem sendo desenvolvidos para dar suporte a atividades científicas, dentre elas o gerenciamento e manipulação de grandes volumes de dados, observou-se que, apesar de haver fortes argumentos favoráveis ao compartilhamento e reuso destes dados, e apesar de ter sido desenvolvido software com finalidade de dar suporte a esta atitude, a ocorrência efetivamente verificada de compartilhamento foi abaixo do desejado (Borgman, 2012).

Este fenômeno apresenta desafios específicos ao seu tratamento. O primeiro deles consiste em entender como cientistas se relacionam entre si, com objetos, equipamentos e artefatos digitais durante o processo de construção de fatos científicos. O segundo, entender um contexto de desenvolvimento de software em que os diversos envolvidos não têm interesses alinhados e os usuários do sistema não são necessariamente os maiores interessados na sua existência.

Para abordar o primeiro desafio, nos beneficiamos da imersão já feita por Latour (2000; Latour & Woolgar, 1979) em contextos científicos reais. Estes estudos apontam que compreender que a ciência não pode ser entendida analisando apenas os seus resultados finais, na forma de fatos científicos genéricos e impessoais. Na verdade, para que uma proposição seja aceita como fato científico, o cientista deve se tornar um porta-voz, apto a falar após ter estabelecido alianças com diversos outros atores – pessoas, objetos, conceitos. Esta visão mais ampla do processo de construção de fatos científicos torna possível compreender a ciência como um processo inerentemente social.

Para o segundo desafio, consideramos que comunidades científicas podem ser enxergadas como organizações, ou seja, grupos de pessoas com um objetivo em comum, neste caso, a produção de conhecimento a respeito de um determinado tema (Wenger, 2000). A Semiótica Organizacional é nosso ponto de partida para a compreensão de uma organização como um sistema de informação que utiliza signos e normas para coordenar as pessoas que trabalham em conjunto para atingir propósitos específicos.

Entretanto, em nosso contexto, a motivação direta do grupo organizado de atores – produzir conhecimento científico – não se alinha totalmente ao objetivo para o qual o software estudado foi construído – suportar o armazenamento de dados de pesquisa e incentivar seu compartilhamento. Ou seja, não temos um ambiente organizacional ideal, onde

a finalidade do sistema corresponde a uma necessidade do grupo de usuários, em que metodologias de Engenharia de Software ou conceitos de CSCW possam ser suficientes para a elucidação de requisitos e do domínio de um software.

O conjunto teórico-metodológico da Socially-Aware Computing articula diversas ferramentas conceituais e práticas para direcionar a convergência de interesses. Buscamos na vertente sociológica da Actor-Network Theory um ponto de vista teórico adicional para compreender o fenômeno observado entre os cientistas. Por ter sua origem nos estudos sociais da ciência, apoiar-se na ANT significa ao mesmo tempo entender como conjuntos de pessoas se organizam coletivamente para conciliar tensões e conflitos de interesses, e também contar com uma compreensão aprofundada do processo de fazer ciência, para que assim pudessemos nos inserir no cenário que serve de motivação para o presente trabalho.

Desta forma, o objetivo mais amplo desta tese foi aproximar Actor-Network Theory da Socially-Aware Computing, absorvendo de forma seletiva os elementos daquela teoria com potencial para contribuir para a maneira como este framework enxerga a relação entre o design de ferramentas computacionais e as transformações provocadas em uma organização e na sociedade da qual ela emerge. De modo mais específico, os objetivos envolveram conduzir análises tanto de um software usado no contexto de *e-science*, quanto de comunidades de seus potenciais usuários, coerentes com as propostas das teorias selecionadas.

Do ponto de vista teórico e metodológico, esta tese contribuiu para a aproximação da ANT de teorias que suportam a análise e design de Sistemas de Informação, em particular a Semiótica Organizacional. A junção de SAC e ANT permitiu entender que o surgimento, desenvolvimento, manutenção e evolução de uma organização é um fenômeno social, que depende da ação mútua e contínua dos participantes uns sobre os outros, direta ou indiretamente. Estes resultados podem ser assim sumarizados:

- 1) Interesses podem ser representados como normas, podendo se referir a comportamentos que se verificam de fato, beneficiando terceiros; mas, também a expectativas de que outros atores passem a se comportar de uma determinada maneira.
- 2) Para que estas influências atinjam as entidades cujo comportamento se deseja moldar, deve haver caminhos em que se propagam, podendo envolver outros atores, humanos ou não.
- 3) O traçado destes caminhos constitui redes que podem ser representadas visualmente de forma significativa para compreender como social e unificado o fenômeno subjacente, usando algoritmos já existentes de visualização de grafos e análise de redes sociais.

Do ponto de vista de resultados práticos, esta tese demonstrou a viabilidade de aplicar conjuntamente as teorias e integrar as diversas ferramentas. Estes resultados podem ser assim sumarizados:

- 4) Na construção de software para gerenciamento e compartilhamento de dados, o trabalho dos construtores do software atribui importâncias maiores para os interesses de *stakeholders* mais distantes do uso efetivo do mesmo.
- 5) Quando aplicada em conjuntos de dados representando comunidades científicas reais, a visualização traz à tona o caráter de fenômeno social unificado com base em benefícios mútuos (Figura 7.1).
- 6) O sistema *Quid* foi modelado para armazenar como redes de associações todos os dados necessários para a visualização das comunidades científicas, implementando o mecanismo de visualização proposto.
- 7) O uso do *Quid* resultou na publicação do artigo “An X-Ray of ICISO portrayed through the lens of Actor-Network Theory” (Prado & Baranauskas, 2016).
- 8) O sistema está disponível em www.quid.net.br

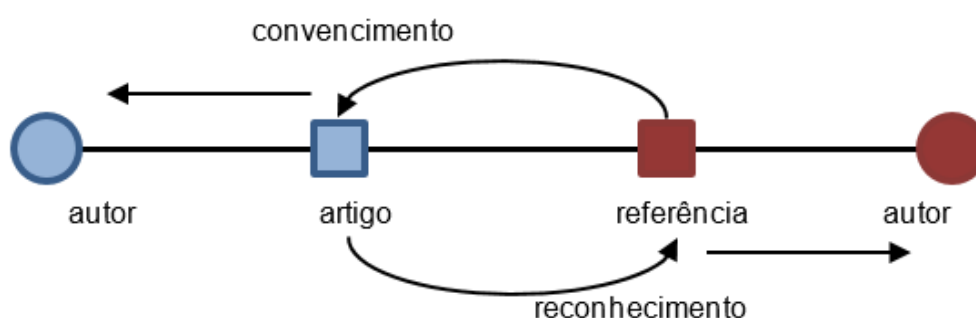


Figura 7.1 – relações de benefício mútuo, fundamentais para compreensão de fenômenos sociais pelo ponto de vista da ANT.

7.1 – Discussão e trabalhos relacionados

A aplicação da ANT na análise de Sistemas de Informação vem sendo cogitada na literatura em trabalhos como o de Underwood (2001) e Eze & Duan (2016). O primeiro busca compreender como significados são negociados durante um projeto de desenvolvimento de um sistema, exemplificando como a ANT pode ser aplicada no nível semântico. O segundo aplica entrevistas para mostrar que o papel dos *stakeholders* em empresas, bem como a maneira como estes tomam decisões, é influenciado tanto por atores humanos quanto por não-humanos. Em ambos os casos, a participação da ANT é a de uma “lente”, que guia o analista na produção de descrições textuais, sem propor técnicas ou ferramentas adicionais – como as apresentadas nos Capítulos 3 e 4.

Randall *et al.* (2007) apontam algumas alternativas de teorias e métodos similares entre si, que podem contribuir para a compreensão de contextos sociais e de trabalho, em particular para o processo de design e o estudo de IHC, que compartilham características principais mas possuem suas especificidades e divergências:

- Design Participativo (DP)
- Teoria da Atividade (TA)
- Cognição Distribuída (DCog)
- *Grounded Theory* (GT)
- Actor-Network Theory (ANT)

Em relação a Sistemas de Informação, a SAC oferece uma longa lista de casos de sucesso de aplicação, partindo do seu núcleo teórico da SO e articulando particularmente bem com o Design Participativo e Teoria da Atividade. Também é possível encontrar estudos tentando articular duas destas fontes, como Moran *et al.* (2012) fizeram com ANT e DCog. Não é objetivo desta tese demonstrar que uma abordagem apoiada pela ANT é melhor do que as baseadas em outras fontes teóricas pois, no mínimo, demandaria a definição de um critério de comparação, cuja escolha é tão dependente do cenário de estudo quanto a própria escolha da teoria. Ao invés, os resultados desta tese contribuem para aumentar o leque de possibilidades da SAC.

O conceito de mediação aparece tanto na ANT quanto na Teoria da Atividade, demonstrando a necessidade de ressaltar que objetivos não são sempre atingidos por meio de ações diretas sobre o objeto que se deseja modificar ou influenciar. A ANT fornece mais possibilidades de análise deste elemento, por ressaltar que sua participação pode ser desde uma mera ferramenta intermediária, que não oferece transformação à ação transmitida, chegando até uma rede de mediadores que acrescentam incertezas, criatividade e proporcionam um novo foco de análise. Por outro lado, a TA discrimina melhor as influências de regras sociais e divisão do trabalho, que a ANT aborda de forma mais abstrata como características anisotrópica e assíncrona da interação (Capítulo 5).

Existem outros trabalhos interessados em abordar o problema do baixo compartilhamento de dados de pesquisa entre cientistas. Por exemplo, Kim & Stanton (2013) e Kim & Kim (2015) aplicaram questionários, usando escalas Likert, que visavam obter dos cientistas respostas sobre as motivações, estímulos e fatores limitantes ao compartilhamento de dados de pesquisa. A pressão das editoras aparece com uma forte correlação positiva em ambos os estudos. Requisições de agências de fomento, por outro lado, não têm correlação estatística significativa. Outros fatores são relatados com intensidades diferentes dependendo

da área de conhecimento pesquisada (Tabela 7.1). Estes resultados mostram que conhecer os caminhos das influências não é suficiente para determinar sua eficácia, mas que estimar sua intensidade pode requerer outros métodos de análise.

Fator	Exatas (2013)	Biológicas (2015)
Benefício na carreira	+	+
Esforço	-	-
Agências de fomento		
Editoras	+	+
Altruísmo	+	(não avaliado)
Expectativa da comunidade	+	
Existência de repositório		+

Tabela 7.1 - correlação entre a atitude favorável ao compartilhamento de dados e diversos fatores, conforme questionário respondido por pesquisadores.

O trabalho de Kim & Stanton (2013) também chama atenção para uma particularidade da ANT: o altruísmo entre membros de um grupo social não é abordado explicitamente. O conceito de translação implica em obtenção de benefícios, ao mesmo tempo em que a manutenção de uma estrutura social é creditada às relações de benefício mútuo, não havendo explicações ou consequências para atos desinteressados. Este “maquiavelismo” é apontado como uma das limitações desta teoria (Engestrom & Escalante, 1996).

No decorrer deste projeto, novas possibilidades de compartilhamento de dados surgiram. Por exemplo, a Mendeley (Figura 7.1) disponibilizou um serviço de armazenamento onde cada conjunto de dados é mantido armazenado em segurança, junto com seus metadados, e recebe um identificador único DOI, de modo que possa ser citado mais facilmente. Esta funcionalidade resolve a limitação de citação discutida por Goodman *et al.* (2014) e se alinha à visão de Wobbrock & Kientz (2016), de que fornecer bases de dados padronizados para reuso deve ser visto como contribuição útil a uma comunidade de pesquisa. A condução por uma empresa especializada em gerenciamento de literatura científica pode ser um fator de sucesso para esta iniciativa.



Figura 7.1 - imagens de divulgação do serviço de armazenamento de dados oferecido pela Mendeley. Recuperadas de <http://www.journals.elsevier.com/international-journal-of-human-computer-studies> e <https://data.mendeley.com/> respectivamente, em 05/12/2016.

Em setembro de 2016, a revista *Nature* publicou seu “Data availability statements and data citations policy: guidance for authors”¹⁵, que requer de todo manuscrito a ela submetido uma declaração de disponibilidade dos dados necessários para corroborar os resultados presentes no artigo. A forma de disponibilização dos dados é flexibilizada, podendo ser desde a indicação do repositório onde os mesmos se encontram, até a requisição direta para o autor correspondente, ou ainda uma justificativa do motivo pelo qual os dados não podem ser publicados. Este item está diretamente relacionado aos resultados da Tabela 7.1, confirmando a pressão percebida pelos cientistas vinda das editoras.

Em outro trabalho interessado em fomentar o compartilhamento de dados entre cientistas, Goodman *et al.* (2014) apresentam “dez regras para cuidar de dados científicos”. Estes autores reconhecem que atualmente, para que um projeto de pesquisa seja considerado completo, o requisito é que um artigo a seu respeito tenha sido escrito e publicado em periódico. Ainda assim, as dez regras publicadas são ações, atitudes ou posturas que os cientistas devem tomar adicionalmente ao seu esforço por publicação. Esta postura contraria os resultados empíricos de Kim & Stanton (2013) e Kim & Kim (2015), que apontam forte correlação entre o esforço em se fornecer dados em formato útil para terceiros e a falta de interesse em tomar esta atitude. Contraria também a visão inspirada na ANT e contida na presente tese, de que só haverá alguma reconfiguração da estrutura social se forem construídos caminhos para circulação de interesses e benefícios.

Avaliando a implementação do software Quid (Capítulo 6), a maior dificuldade encontrada refere-se ao acesso a uma das principais fontes de dados planejadas: o Currículo Lattes. A recuperação diretamente das páginas web, baseada na biblioteca ScriptLattes

¹⁵ <https://www.nature.com/authors/policies/data/data-availability-statements-data-citations.pdf>

(Mena-Chalco *et al.*, 2009), foi bloqueada pela instalação em 27/04/2015 pelo CNPq de um mecanismo de *captcha*, impossibilitando a atualização automatizada de forma frequente. Para contornar esta dificuldade, foi adicionado um elemento na interface de usuário para solicitar que este resolva o *captcha* de alguns dos currículos cujos dados precisam ser atualizados (Figura 7.2). Esta solução esboça possibilidades de design que exercitem o conceito de benefícios mútuos em redes heterogêneas de atores – envolvendo software, dados, usuários e mantenedores do sistema.

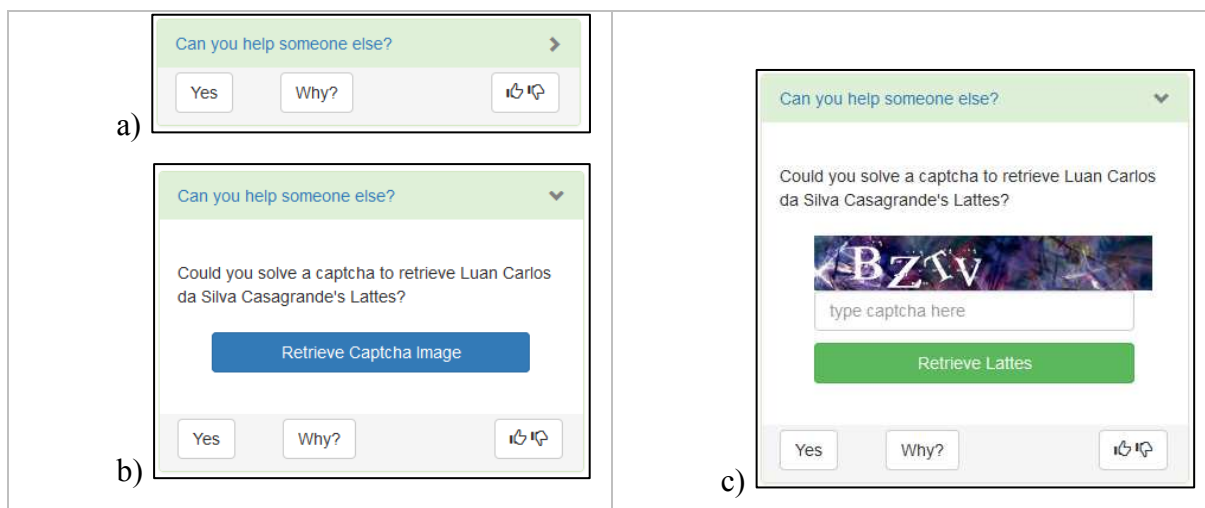


Figura 7.2 - design exploratório de interface de usuário, buscando ajuda do usuário para manter os dados atualizados. a) pedido de ajuda ocupando pouco espaço na tela; b) ao obter resposta positiva, o sistema exibe o pedido; c) se o usuário responder afirmativamente, o *captcha* é exibido para ser resolvido, possibilitando assim atualizar os dados de um pesquisador a partir de seu Lattes.

Outra limitação do mecanismo de visualização proposto no Capítulo 5 e implementado no Quid é a dependência da identificação das referências bibliográficas de artigos. Uma das fontes é o *parse* do texto extraído de arquivos PDF, que necessita ser decomposto em cada uma das obras citadas e, dentro destas, entre suas principais constituintes: título, autores e ano de publicação. Seguindo o mesmo *rationale*, foi concebido um elemento de interface para solicitar ao usuário ajuda na validação da identificação das partes que compõem a referência bibliográfica (Figura 7.3).

Figura 7.3 - solicitação de ajuda ao usuário para confirmar se as partes de uma referência bibliográfica, separadas automaticamente, foram corretamente identificadas.

Além disso, a estrutura de dados subjacente ao Quid permitiu aplicar, com facilidade e bons resultados, um algoritmo social de desambiguação de nomes de autores, similar aos de Levin & Heuser (2009). A proximidade de dois atores na rede pode contribuir para estabelecer a probabilidade de que os textos que os identificam fazem referência à mesma entidade – tanto o nome de autores quanto o título de bibliografias.

7.2 – Trabalhos futuros

Acreditamos que a visão da ANT sobre a construção social de conhecimento científico contribui para uma solução da questão proposta por Stamper *et al.* (2004, p. 20), sobre a relação entre normas e conhecimento. Com a posição do pesquisador como um porta-voz, habilitado a fazer afirmações a respeito de seu objeto de pesquisa apenas porque se aliou a outros atores, humanos e não-humanos, pode-se cogitar um caminho para demonstrar que conhecimento, ou pelo menos sua expressão e aceitação pelos demais membros da organização, depende da ação de outros atores sobre o pesquisador.

Embora o conceito de *affordance* já tenha sido bastante explorado, tanto na área de design quanto de sistemas de informação – levando até a alguma confusão sobre seu significado – este conceito também foi abordado por teóricos da ANT. De acordo com Akrich & Latour (1992), *affordances* ou *allowances* correspondem ao que um dispositivo permite ou proíbe para outros atores. Segundo eles, um ator pode corresponder a um arranjo ao mesmo tempo negativo e positivo, ou seja, pode restringir ou propiciar certos padrões de comportamento. Pelo ponto de vista da presente tese, estas influências corresponderiam a

normas com os operadores deônticos *obliged* e *prohibited* pelo lado restritivo, e *allowed* pelo outro. Este último operador pode vir a ser estudado em maior profundidade, pois a permissão pode ser tanto no sentido de capacitação – tornar a ação possível apenas com a presença do outro ator – quanto de autorização – o outro ator não se opõe àquela ação.

Outra possibilidade de expansão do estudo contempla a caracterização de fontes de poder na rede de atores. Conforme citado anteriormente, as influências não são propagadas ou percebidas com a mesma intensidade. Neste sentido, Kraus (2014) apresenta uma teoria construtivista do poder, defendendo a ideia de que este deve ser categorizado entre poder instrutivo, que direciona os pensamentos e comportamento de uma pessoa mantendo seu livre arbítrio, e o poder destrutivo, que restringe possibilidades de um indivíduo. Em uma análise inicial, este alinhamento com a visão deôntica da SO e da ANT parece promissor.

Embora a ANT reforce a necessidade de manter-se sempre o mais próximo das instâncias particulares correspondente a cada ator, em vários momentos nesta tese necessitamos usar “atores genéricos”, correspondente a categorias de instâncias que compartilham entre si similaridades na capacidade de atuação e/ou responsabilidades. Latour (2005, pág. 205) cita Donald Norman e o “golfo de execução” criado quando se especifica situações com atores genéricos. Este ponto de divergência dos métodos se encontra em aberto.

Como mantivemos a distinção entre humanos e não-humanos por considerar relevante a distinção da SO entre *affordances* e agentes responsáveis, podemos cogitar como trabalho futuro aprofundar a discussão sobre as implicações desta distinção. Um exemplo interessante para a reflexão sobre a possível responsabilidade de sistemas computacionais em organizações pode ser encontrado em George (2011), que narra o fato ocorrido no site de compras Amazon em 2011, quando um livro que valia cerca de US\$100,00 estava sendo vendido por mais de US\$ 23 milhões. Apesar de os algoritmos usados na definição dos preços serem determinísticos e representarem fielmente as estratégias dos *stakeholders* – humanos – das duas livrarias envolvidas, o resultado final nitidamente não foi intencional.

O exemplo anterior contribui também para demonstrar que por mais que software siga algoritmos, sua atuação em uma rede de atores pode ser a de um mediador, quando seus parâmetros e entradas provêm de um contexto social, pois não será possível a nenhum dos seus usuários em particular prever totalmente seu comportamento e propagar fielmente seus interesses. Consider.it (Stiegler & Jong, 2015) é outro exemplo de como software pode ser mediador: este sistema permite discussões online em que cada participante expressa sua

opinião como num fórum, mas as contribuições são reorganizadas por um algoritmo interno que busca o consenso entre as partes, dificultando polarizações e manipulações de resultado.

Uma abordagem alternativa para o estudo de normas foi apresentada por Bicchieri (2006), baseando-se em formalismos matemáticos e estatísticos, economia experimental e teoria dos jogos. Uma possibilidade de continuidade da pesquisa desta tese é aprofundar a análise de normas com esta visão complementar, podendo incorporar elementos de teoria dos jogos na compreensão dos fenômenos de mediação, ajudando tanto na compreensão de mediadores humanos quanto na modelagem de atores não-humanos – software.

A presença de mediadores na rede de atores oferece às análises baseadas em ANT um caráter não preditivo, pois se trata de um sistema com evolução complexa. Mas algumas possibilidades de capturar o aspecto temporal de redes foram vislumbradas no Apêndice A, Seção A.6, correspondente ao artigo “Addressing structural and dynamic features of scientific social networks through the lens of Actor-Network Theory”. Esta vertente da pesquisa está sendo continuada.

Em relação ao Capítulo 6, como não era objetivo do trabalho avaliar qual a tecnologia mais adequada para incorporação de uma ontologia fiel à ANT em um sistema computacional, o sistema Quid foi implementado com tecnologias de uso corrente: modelagem orientada a objeto com persistência dada por uma base de dados relacional. Isso requereu modificações para incorporar características e atributos específicos de tipos específicos de atores. Este modelo foi suficiente para abarcar todos os atributos necessários para capturar o contexto de produção bibliográfica científica (Figura 7.4). Fica, entretanto, a pergunta sobre qual seria o suporte tecnológico mais adequado para uma rede de atores “pura”.

Como continuidade do sistema, planejamos mantê-lo e estendê-lo, avaliando novas possibilidades de implementação e uso. Em relação à sua funcionalidade original de ajudar em revisões bibliográficas, atingindo-se número de usuários espontâneos suficiente para análises estatísticas, novos estudos devem ser realizados. Como exemplo de uma funcionalidade alternativa, atualmente o sistema fornece de forma automatizada a lista de publicações dos membros do grupo de pesquisa InterHAD, publicada em sua página web¹⁶. Também o mecanismo de visualização apresentado no Capítulo 5 não se limita a dados bibliográficos, podendo ser expandido para outros tipos de redes heterogêneas, dentro ou fora

¹⁶ <http://interhad.nied.unicamp.br/publicacoes>

do contexto científico, bastando que se identifiquem os atores, suas associações, e os interesses circulantes.

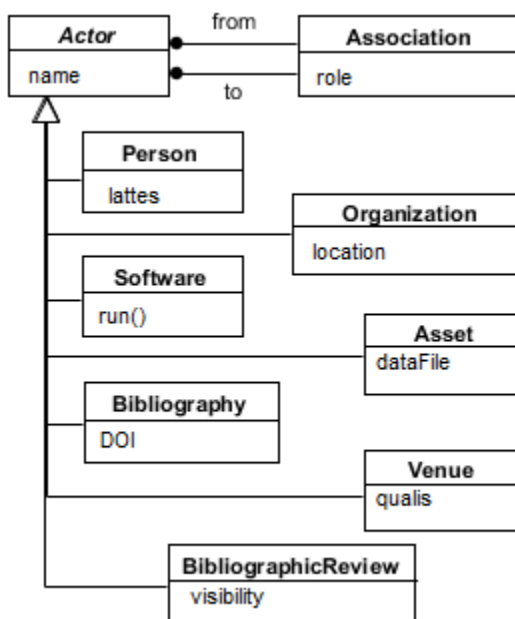


Figura 7.4 – Diagrama de classes das entidades contidas no sistema Quid, listando apenas o principal atributo de cada uma delas.

Finalmente, parece importante tentar integrar ANT e design participativo, para que se aproxime ainda mais da SAC. Neste sentido, estão em andamento estudos para viabilizar uma ferramenta online para apoiar o processo de identificação das cadeias de associações entre *stakeholders*, apoiando-se no diagrama de partes interessadas, como feito manualmente no Capítulo 4. Também parece promissor usar o quadro de avaliação para registrar os interesses dessas partes, incitando a discussão sobre possíveis caminhos de atuação, antes da sua representação formal.

7.3 – Considerações finais

Em um mundo onde artefatos digitais guiam nossos movimentos (Propen, 2014) e vigiam nossas ações – às vezes sem serem percebidos (Lingel, 2016) – a falta de familiaridade dos profissionais de tecnologia em lidar com questões sociais também é um fator de dificuldade adicional no projeto de sistemas computacionais (Pereira, 2012). Nas palavras de Santaella & Cardoso (2015, p. 182) o agenciamento de não-humanos, como proposto pela Actor-Network Theory, “parece estar em concordância com as reflexões no campo da cibercultura”.

Nesta tese, mostramos que esta teoria pode ser aplicada a Sistemas de Informação, para visualizar suas comunidades de potenciais usuários e clarificar os interesses dos diversos

envolvidos em seu desenvolvimento. Ao mesmo tempo em que a visão microsociológica da ANT favorece abordagens de fenômenos sociais com ferramentas computacionais, a eliminação de uma fronteira rígida entre humanos e não-humanos abre espaço para outras teorias, como a de *embodied mind* e sistemas enativos (Varella *et al.*, 1991), e tecnologias como a Internet das Coisas.

Esta tese, sendo também um ator, carrega em si interesses e expectativas: estabelecer novos caminhos e fortalecer associações entre áreas do conhecimento – IHC, Sociologia e *e-science*. Os resultados apresentados capacitam outros atores, de cada uma das redes sociotécnicas que se estendem a partir destes três termos, a encontrar novas oportunidades de atuação envolvendo as demais e tendo em mente o benefício de todos.

Referências

- Akrich, M. & Latour, B. (1992). A Summary of a Convenient Vocabulary for the Semiotics of Human and Nonhuman Assemblies. In Bijker & Law - Shaping Technology / Building Society: Studies in Sociotechnical Change.
- Al-Rajhi, M., Liu, K., & Nakata, K. (2010). A Conceptual Model for Acceptance of Information Systems: an Organizational Semiotic Perspective. Proceedings of the Sixteenth Americas Conference on Information Systems, Lima, Peru.
- Allen, J. (2004), "Redefining the network: enrollment strategies in the PDA industry", Information Technology & People, Vol. 17 Iss 2 pp. 171 – 185. DOI: 10.1108/09593840410542493
- Alves, A.D., Yanasse, H.H. & Soma, N.Y. (2011). "Sucupira: a system for information extraction of the lattes platform to identify academic social networks". Proceedings of the 6th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI).
- Andrade, A. D. (2012). From Intermediary to Mediator and Vice Versa: On Agency and Intentionality of a Mundane Sociotechnical System. In A. Tatnall (Ed.), Social Influences on Information and Communication Technology Innovations (pp. 195-204). Hershey, PA: Information Science Reference. DOI:10.4018/978-1-4666-1559-5.ch014
- Andrade, A.D. & Urquhart, C. (2010). "The affordances of actor network theory in ICT for development research". Information Technology & People Vol. 23 No. 4, Emerald Insight.
- Appelbe, B. & Bannon, D. (2007). eResearch – Paradigm shift or propaganda? Journal of Research and Practice in Information Technology, Vol. 39, No.2, May 2007.
- Bae, J. & Kim, S. (2009). A Global Social Graph as a Hybrid Hipergraph. Fifth IEEE International Joint Conference on INC, IMS and IDC.
- Balbino, F.C. & Anacleto, J.C. (2011). Contagious: um Framework para suporte à difusão de inovações em Sites de Redes Sociais. Workshop sobre Aspectos da Interação Humano-Computador para a Web Social.
- Baranauskas, M. C. C. (2007). E-Cidadania: systems and methods for the constitution of a culture mediated by information and communication technology. Campinas: FAPESP.
- Baranauskas, M.C.C. (2009). Socially Aware Computing. In: Proceedings of the VI International Conference on Engineering and Computer Education (ICECE 2009). Buenos Aires, 2009, pp. 1-5.
- Baranauskas, M. C. C., Martins, M. C. & Valente, J. A. (2013). Codesign de Redes Digitais: tecnologia e educação a serviço da inclusão social. Penso Editora.
- Barcinsky, M. (2007). Protagonismo e vitimização na trajetória de mulheres envolvidas na rede do tráfico de drogas no Rio de Janeiro. Ciênc. saúde coletiva, vol.14, n.2, pp. 577-586. ISSN 1413-8123.
- Barkan S. (2011). Sociology: Understanding and Changing the Social World. Flat World Knowledge, Inc.
- Bauch, A., Adamczyk, I., Buczek, P., Elmer, F. J., Enimanev, K., Glyzowski, P, et al. (2011). openBIS: a flexible framework for managing and analyzing complex data in biology research. BMC bioinformatics, 12(1), 468.

- Bicchieri, Cristina (2006). *The Grammar of Society – the nature and dynamics of social norms*. Cambridge University Press.
- Bittencourt, I., Baranauskas, M.C.C., Dermeval, D., Braga, J. & Pereira, R. (2013). “Designing for Different Users and Multiple Devices: A Roadmap towards Inclusive Environments”. *Human-Computer Interaction – INTERACT 2013. Lecture Notes in Computer Science Volume 8117*, 2013, pp 605-622.
- Bloor, D. (1976). *Knowledge and social imagery*. London, Routledge & Kegan Paul.
- Bonacin, R., Reis, J.C., Hornung, H. & Baranauskas, M.C.C. (2012). An Ontological Model for Representing Pragmatic Aspects of Collaborative Problem Solving. *IEEE 21st International WETICE*. DOI 10.1109.
- Bondy, J. & Murty, U. (1976). “*Graph Theory with Applications*”. Elsevier Science Publishing Company.
- Borgman, C. (2012). The conundrum of sharing research data. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 63(6): 1059- 1078.
- Bouamrane M., Macdonald C, Ounis I. & Mair F. (2011). “Protocol-driven searches for medical and health-sciences systematic reviews”. *Proceedings of the Third international conference on Advances in information retrieval theory (ICTIR'11)*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 188-200.
- Bourdieu, P. (1972). *Outline of a Theory of Practice*. Cambridge University Press.
- Bødker, S. (2006). When second wave HCI meets third wave challenges. In: *Proceedings of Fourth Nordic Conference on Human–Computer Interaction: Changing Roles*, Oslo, Norway, ACM Press, pp. 1-8.
- Bødker, S. & Grønbaek, K. (1991). Cooperative prototyping: users and designers in mutual activity. *International Journal of Man-Machine Studies*. Volume 34, Issue 3, March 1991, Pages 453-478. Computer-supported Cooperative Work and Groupware. Part 2. doi:10.1016/0020-7373(91)90030-B.
- Brandes, U. (2001). “A Faster Algorithm for Betweenness Centrality”, *Journal of Mathematical Sociology* 25:2.
- Bródka, P., Saganowski, S., & Kazienko, P. (2013). “GED: the method for group evolution discovery in social networks”. *Social Network Analysis and Mining*, 3:1–14 DOI 10.1007/s13278-012-0058-8.
- Callon, M. (1986). Some Elements of a Sociology of Translation: Domestication of the Scallops and the Fishermen of St Briec Bay. In John Law (ed.), *Power, Action and Belief: A New Sociology of Knowledge*.
- Callon M. (1991). “Réseaux technico-économiques et irréversibilités”. *Les figures de l'irréversibilité en économie*. Sous la direction de Robert Boyer, Bernard Chavance, Olivier Godard. Paris: EHESS.
- Carroll, N., Richardson, I. & Whelan, E. (2012). Service Science: An Actor-Network Theory Approach. *International Journal of Actor-Network Theory and Technological Innovation*, v.4, n.3.
- Carlson, S. & Anderson, B. (2007). What are data? The many kinds of data and their implications for reuse. *Journal of Computer-Mediated Communication* 12.

- Conway, D. (2011). “Modeling Network Evolution Using Graph Motifs”. CoRR – The Computing Research Repository. Available online at <http://arxiv.org/abs/1105.0902>. Retrieved 02/20/2012.
- Cruz-Filipe, L., Geuvers, H., Wiedijk, F., Asperti, A., Bancerek, G. & Trybulec, A. (2004). The constructive coq repository at Nijmegen, Lecture Notes in Computer Science, 3119: 88–103, Springer, Berlin.
- Curry, R. G. (2015). Beyond Data Thrifting: An Investigation of Factors Influencing Research Data Reuse In Social Sciences. MSc Dissertation. Syracuse University.
- Dagnino, R. (2008). Neutralidade da Ciência e Determinismo Tecnológico. Editora da Unicamp.
- DeRoure, D. (2010). E-Science and the Web. IEEE Computer 43 (5).
- DeRoure, D., Jennings, N., & Shadbolt, N. (2001). Research agenda for the Semantic Grid: a future e-science infrastructure. Report commissioned for EPSRC/DTI.
- Digiampietri L A. & Silva E. E. (2011). “A framework for a social network of researchers analysis.” Iberoamerican Journal of Applied Computing V. 1, No. 1, August/2011.
- Durkheim, E. (1895). As regras do método sociológico. Ed. Martins Fontes, edição de 2007.
- Eades, P. (1984). “A heuristic for graph drawing”. Congressus Numerantium, 42:149–160.
- Engestrom, Y. & Escalante, V. (1996). Mundane tool or object of affection – the rise and fall of the Postal Buddy. In Nardi, B., Context and Consciousness: Activity Theory and Human-computer Interaction, Capítulo 13. MIT Press.
- Eze, S., Duan, Y., & Chen, H. (2012). Factors affecting emerging ICT adoption in SMEs: an Actor-Network Theory analysis. In Contemporary Research on E-business Technology and Strategy.
- Eze, S. & Duan, Y. (2016). The Role of Actors in the Adoption of Emerging ICT in SMEs: an Actor Network Theory Analysis. ICISO.
- Faniel, I. M. & Jacobsen, T. E. (2010). Reusing Scientific Data: How Earthquake Engineering Researchers Assess the Reusability of Colleagues’ Data. Journal of Computer-Supported Cooperative Work.
- Faniel, I. M. & Zimmerman, A. (2011). Beyond the Data Deluge: A Research Agenda for Large-Scale Data Sharing and Reuse. The International Journal of Digital Curation.
- Faraj, S., Kwon, D., & Watts, S. (2004). Contested artifact: technology sensemaking, actor networks, and the shaping of the Web browser. Information Technology & People, 17(2), 186-209.
- Farias, L. R., Vargas, A. P. & Borges, E. N. (2012). “Um sistema para análise de redes de pesquisa baseado na Plataforma Lattes”. Anais da VIII Escola Regional de Banco de Dados, Curitiba, PR, Brasil.
- Filipe, J., & Liu, K. (2000). The EDA model: An organizational semiotics perspective to norm-based agent design. In Workshop on Norms and Institutions in Multi-agent systems at Normative agent. DOI: 10.1007/978-1-4615-1555-5_7.
- Fioravanti, C. & Velho, L. (2010). Let’s follow the actors! Does Actor-Network Theory have anything to contribute to science journalism? Journal of Science Communication, JCOM 9(4). International School for Advanced Studies. ISSN 1824-2049.

- Floyd, R.W. (1962). "Algorithm 97: Shortest Path". *Communications of the ACM* 5 (6): 345.
- Fogg, Brian J. "A behavior model for persuasive design." *Proceedings of the 4th international Conference on Persuasive Technology*. ACM, 2009.
- Foster, I. & Kesselman, C. (eds) (1998). "The Grid: Blueprint for a New Computing Infrastructure" (1st edition). San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers.
- Fox, G. C., Pierce, M. E., Mustacoglu, A. F. & Topcu, A. E. (2007). *Web 2.0 for E-Science Environments*. Third International Conference on Semantics, Knowledge and Grid.
- Freeman, L. (1977). "A set of measures of centrality based upon betweenness". *Sociometry* 40: 35–41.
- French, W.L. & Bell, C. (1973). *Organization development: behavioral science interventions for organization improvement*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.
- Garwood, K., McLaughlin, T., Garwood, C., Joens, S., Morrison, N., Taylor, C. F. & Paton, N. W. (2004) PEDRo: a database for storing, searching and disseminating experimental proteomics data. *BMC Genomics*.
- Gazendam, H. W. M., Jorna, R. J. & Cijssouw, R. S. (2003). *Dynamics and change in organizations: Studies in organizational semiotics*. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- George, Alison (2011). Watch out, algorithms are running your life (Interview). *New Scientist* - Volume 211, Issue 2826, 20 August 2011, Pages 28–29.
- Gibson, J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. Boston, Houghton Mifflin Company.
- Giddens, A. (1984). *The Constitution of Society, Polity*, Cambridge.
- Godoi, T. A., Torres, R. D. S., Carvalho, A. M., Gonçalves, M. A., Ferreira, A. A., Fan, W., & Fox, E. A. (2013). "A relevance feedback approach for the author name disambiguation problem". *Proceedings of the 13th ACM/IEEE-CS joint conference on Digital libraries* (pp. 209-218).
- Gong N.Z., Xu W., Huang L., Mittal P., Stefanov E., Sekar V. & Song D. (2012). Evolution of Social-Attribute Networks: Measurements, Modeling, and Implications using Google+. *Proceedings of the 2012 ACM conference on Internet measurement conference*, pp. 131-144.
- Goodman, A., Pepe, A., Blocker, A., Borgman, C., Cranmer, K., Crosas, M., Stefano, R., Gil, Y., Groth, P., Hedstrom, M. (2014). Ten Simple Rules for the Care and Feeding of Scientific Data. *PLoS Computational Biology*. DOI: 10.1371/journal.pcbi.1003542
- Gray, J. (2007). *eScience: a transformed scientific method*. Prefácio do livro *The Fourth Paradigm*. Microsoft Research.
- Grawin, S. (2011). *Exploring Social Phenomena with Complex Systems Tools - The Journey of a Physicist in an Interdisciplinary Playground*. Ph. D. Thesis. Ecole Normale Supérieure de Lyon.
- Greenhalgh, T., Potts, H., Wong, G., Bark, P. & Swinglehurst, D. (2009). Tensions and paradoxes in electronic patient record research: a systematic literature review using the meta-narrative method. *The Milbank Quarterly Journal*, Vol. 87, No. 4, 2009 (pp. 729–788).

- Grewe L. (2012). The Interest Graph Architecture – Social Modeling and Information Fusion. Proceedings of SPIE - Signal Processing, Sensor Fusion, and Target Recognition XXI. Volume 8392, pp. 46- 48.
- Haraway, D. (1991). *A Cyborg Manifesto: Science, Technology, and Socialist-Feminism in the Late Twentieth-Century. Simians, Cyborgs, and Women: The Reinvention of Nature*. New York: Routledge.
- Hendler, J., Shadbolt, N., Hall, W., Berners-Lee, T., Weitzner, D. (2008). Web Science: An Interdisciplinary Approach to Understanding the Web. *Communications of ACM*, v. 51, n. 7.
- Hendler, J. & Berners-Lee, T. (2009). “From the Semantic Web to social machines: A research challenge for AI on the World Wide Web”. *Artificial Intelligence* 174. Elsevier.
- Hewege, C. R. (2010). Resolving structure-agency dichotomy in management research: Case for adaptive theory research methodology. 24th Annual Australian and New Zealand Academy of Management Conference.
- Hey, A. & Trefethen, A. (2002). The UK e-Science Core Programme and the Grid. *Future Generation Computer Systems*, 18 (8). pp. 1017-1031.
- Holanda, O., Elias, E., Costa, E., Fonseca, B. & Bittencourt, I.I. (2013). “Towards an Agent-Based Approach for Automatic Generation of Researcher Profiles Using Multiple Data Sources,” *Web Intelligence (WI) and Intelligent Agent Technologies (IAT)*, 2013 IEEE/WIC/ACM International Joint Conferences on, vol.3.
- Hollan, J., Hutchins, E. & Kirsh, D. (2000). Distributed Cognition: Toward a New Foundation for Human-Computer Interaction Research. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, Vol. 7, No. 2.
- Holt, D.T., Armenakis, A.A., Field, H.S. & Harris, S.G. (2007). Readiness for Organizational Change: The Systematic Development of a Scale. *Journal of Applied Behavioral Science*, vol. 43, no. 2.
- Hornung, H. (2013). “Design da Interação na Web Pragmática – Reduzindo Barreiras Semióticas na Colaboração Mediada pela Web”. Tese de Doutorado, Instituto de Computação, Universidade Estadual de Campinas.
- Hornung, H. & Baranauskas, M.C.C. (2012). Timelines as Mediators of Lifelong Learning Processes. *IHC 2012: Proceedings of the 11th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*. Brazilian Computer Society.
- Hornung, H., Pereira, R., Baranauskas, M.C.C., & Liu, K. (2015). Challenges for Human-Data Interaction - A Semiotic Perspective. *HCI*, Springer.
- Huang W., Hong S. & Eades P. (2005). Layout Effects on Sociogram Perception. *Lecture Notes in Computer Sciences*, no. 3843, P. Healy and N.S. Nikolov (Eds.), pp. 262–273. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Jacobides, M. G. & Winter, S.G. (2012). Capabilities: Structure, Agency, and Evolution. *Organization Science*. Vol 23, no. 5, pp. 1365–1381, INFORMS. ISSN 1047-7039.
- Jacobs, A. & Nakata, K. (2012). Organisational Semiotics Methods to Assess Organisational Readiness for Internal Use of Social Media. *Proceedings of the Eighteenth Americas Conference on Information Systems*. Seattle, Washington, August, 2012.

- Jensen, C. J., Dos Reis, J.C. & Bonacin, R. (2015). "An Interaction Design Method to Support the Expression of User Intentions in Collaborative Systems." Human-Computer Interaction: Design and Evaluation. Springer International Publishing.
- Johnson, J. (1988). Mixing Humans and Nonhumans Together: The Sociology of a Door-Closer. *Social problems*, Vol. 35, No. 3.
- Kim, Y. & Stanton, J.M. (2013). Institutional and Individual Influences on Scientists' Data Sharing Behaviors: A Multilevel Analysis. *ASIST*.
- Kim, Y. & Kim, S. (2015). Institutional, Motivational and Resource Factors Influencing Health Scientists' Data-sharing Behaviours. *Journal of Scholarly Publishing*, V. 46, N. 4.
- King, I., Li, J. & Chan, K.T. (2009). A Brief Survey of Computational Approaches in Social Computing. *Proceedings of the International Joint Conference on Neural Networks – IEEE*.
- Kitchenham B. A., Dyba T. & Jorgensen, M. (2004). "Evidence-based software engineering". *Proceedings of 26th IEEE International Conference on Software Engineering - ICSE 2004* (pp. 273-281).
- Kolkman, M. (1993). Problem Articulation Methodology. Ph.D. Thesis. University of Twente, Enschede.
- Kourtellis N., Alahakoon T., Simha R., Iamnitchi A. & Tripathi R, (2012). "Identifying high betweenness centrality nodes in large social networks". *Social Network Analysis and Mining* (online first article), Springer-Verlag. DOI 10.1007/s13278-012-0076-6.
- Kraus, B. (2014). Introducing a Model for Analyzing the Possibilities of Power, Help and Control. *Social Work & Society*, Volume 12, Issue 1. ISSN 1613-8953.
- Kroes, P. (2012). The moral significance of technical artefacts. *Technical Artefacts: Creations of Mind and Matter: A Philosophy 163 of Engineering Design, Philosophy of Engineering and Technology*, Chapter 6, Springer Science+Business Media B.V.
- Kuhn, T. (1970). *A estrutura das revoluções científicas*. Ed. Perspectiva.
- Laender, A. H., Moro, M. M., Gonçalves, M. A., Davis Jr, C. A., da Silva, A. S., Silva, A. J., & Salles, T. (2011). "Building a research social network from an individual perspective". *Proceedings of the 11th annual international ACM/IEEE joint conference on Digital libraries* (pp. 427-428). ACM.
- Lancichinetti, A, Fortunato, S. & Radicchi, F. (2008). "Benchmark graphs for testing community detection algorithms". *Physical Review E (Statistical, Nonlinear and Soft Matter Physics)*, 78(4).
- Latapy M., Magnien C. & Del Vecchio N. (2008). "Basic Notions for the Analysis of Large Two-mode Networks". *Social Networks- An International Journal of Structural Analysis*, 30 (1), p. 31-48. Elsevier.
- Latour, B. (1987). *Science in action: How to Follow Scientists and Engineers through Society*.
- Latour, B. (2000). *Ciência em ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora*. Editora da UNESP.
- Latour, B. (2005). *Reassembling the Social: An Introduction to Actor-Network-Theory*. Oxford University Press.

- Latour, B., Jensen, P., Venturini, T., Grauwin, S. & Boullier, D. (2012). "The whole is always smaller than its parts - a digital test of Gabriel Tarde's monads". *Br. J. Sociology*. 2012 Dec; 63(4):590-615. DOI: 10.1111/j.1468-4446.2012.01428.x
- Latour, B., Jensen, P., Venturini, T., Grauwin, S. & Boullier, D. (2015). "O todo é sempre menor que as partes: um teste digital acerca das mônadas de Gabriel Tarde". Tradução: Flávia Gonsales e Beatriz Redko. *Dossiê Comunicação, Tecnologia e Sociedade II. PARÁGRAFO*. Jul. /Dez. 2015 V. 2, N. 3 ISSN: 2317- 4919
- Latour, B. & Woolgar, S. (1979). *Vida de laboratório – a produção dos fatos científicos*. Relume Dumara Editores, São Paulo.
- Law, J. (1992). Notes on the Theory of the Actor-Network: Ordering, Strategy and Heterogeneity. *Systems Practice*, v. 5, pp. 379-93.
- Law, J. (2009). *Actor-Network Theory and Material Semiotics. The New Blackwell Companion to Social Theory*. Blackwell Publishing Ltd.
- Law, J. & Hassard, J. (1999). *Actor Network and After*, Oxford: Blackwell.
- Lee, Heejin & Oh, Sangjo (2006). A standards war waged by a developing country: Understanding international standard setting from the actor-network perspective. *The Journal of Strategic Information Systems* 15(3):177-195 · September 2006. DOI: 10.1016/j.jsis.2005.10.002
- Levin, Felipe & Heuser, Carlos (2009). Evaluating the use of social networks in author name disambiguation in digital libraries. *XXIV Simpósio Brasileiro de Banco de Dados*.
- Ley, M. (2002). "The DPLP computer science bibliography: Evolution, research issues, perspectives". In *Proceedings of the 9th International Symposium of String Processing and Information Retrieval*, pp. 1–10.
- Liben-Nowell, D. & Kleinberg, J. (2007). "The link-prediction problem for social networks". *Journal of the American society for information science and technology*, 58(7), 1019-1031.
- Liberati A., Altman D.G., Tetzlaff J., Mulrow C., Gotzsche P.C. & Ioannidis J.P.A. (2009). The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate healthcare interventions: explanation and elaboration. *British Medical Journal*; DOI: 10.1136/bmj.b2700.
- Lingel, J. (2016). *The Poetics of Socio-Technical Space: Using Craft to Reflect on the Internet of Things*. ACM CHI. DOI: 10.1145/2858036.2858399
- Liu, K. (2000). *Semiotics in information systems engineering*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Liu, K. (2005). "Requirements Reengineering from Legacy Information Systems Using Semiotic Techniques". *Systems, Signs & Actions*, Vol. 1 (2005), No. 1, pp. 38–61.
- Liu, K. & Benfell, A. (2011). *Pragmatic Web Services: A Semiotic Viewpoint*. ICSoft 2009, CCIS 50. J. Cordeiro, A. Ranchordas, and B. Shishkov (Eds.). pp. 18–32. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Liu, Kecheng; Sun, Lily; Dix, Allan & Narasipuram, Mohan (2001). Norm-based agency for designing collaborative information systems. *Information Systems Journal* 11, pp. 229-247.

- Liu, Kecheng & Li, Weizi (2014). *Organisational Semiotics for Business Informatics*. Routledge Books.
- Lubashevsky, I. (2010). Towards a Description of Social Systems as a Novel Class of Physical Problems. Proceedings of the 13th International Conference on Humans and Computers, Fukushima-ken, Japan.
- Mace, R. L., Hardie, G. J. & Place, J. P. (1990). *Accessible environments: Toward universal design*. Center for Accessible Housing, North Carolina State University.
- Madhusudhan, M. (2012). Use of social networking sites by research scholars of the University of Delhi: A study. *The International Information & Library Review* (2012) 44, 100 – 113. Elsevier.
- Medeiros, C. & Katz, D. (2016). eScience today and tomorrow—Part 2. Future Generation Computer Systems, Volume 59, June 2016, Pages 93–94. DOI: 10.1016/j.future.2015.12.010.
- Mena-Chalco, J. P., Junior, C. & Marcondes, R. (2009). ScriptLattes: an open-source knowledge extraction system from the Lattes platform. *Journal of the Brazilian Computer Society*, 15(4), 31-39.
- Merton, R. (1973). *The Sociology of Science. Theoretical and empirical investigations*. The University of Chicago Press.
- Meyer, E.T. & Schroeder, R. (2009). “Untangling the web of e-Research: Towards a sociology of online knowledge”. *Journal of Infometrics* 3, 246-260. Elsevier.
- Moran, S., Nakata, K. & Inoue, S. (2012). Bridging the analytical gap between distributed cognition and actor network theory using a tool for information trajectory analysis. Proceedings of the 30th European Conference on Cognitive Ergonomics - ECCE '12. DOI: 10.1145/2448136.2448151.
- Morris, C.W. (1938). *Foundations of the theory of signs*. Chicago University Press.
- Mumford, E. (1983). *Designing Human Systems for New Technology: the ETHICS method*. Manchester Business School, Manchester.
- Murata T. & Saito K. (2007). Extracting Users Interests of Web-watching Behaviors Based on Site-Keyword Graph. *Studies in Computational Intelligence (SCI)* 56, 139–146. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Newman M. E. (2001a). “Who is the best connected scientist? A study of scientific coauthorship networks”.. *Phys.Rev.* E64 (2001) 016131;
- Newman, M. E. (2001b). “The structure of scientific collaboration networks”. Proceedings of the National Academy of Sciences, 98(2), 404-409.
- Orlikowski, Wanda & Baroudi, Jack (1991). Studying Information Technology in Organizations: Research Approaches and Assumptions. *Information System Research*, Volume 2, Issue 1, March 1991.
- Pai, M., McCulloch, M. & Colford, J. (2002) *Systematic Review: A Road Map Version 2.2*. Systematic Reviews Group, UC Berkeley.
- Palla, G., Barabasi, A. & Vicsek, T. (2007). “Quantifying social group evolution”. *Nature*, Vol. 446, April 2007.
- Pearce, N. (2010). A study of technology adoption by researchers. *Information, communication & society* Vol. 13, no. 8.

- Peirce, C. S. (1960) Collected Papers of C. S. Peirce 1931-58, In Hartshorne, C. and Weiss, P. (eds.), Harvard University Press Cambridge, Mass.
- Pepe, A., Matthew M., Borgman, C. L., Van de Sompel, H. (2010). From Artifacts to Aggregations: Modeling Scientific Life Cycles on the Semantic Web. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*.
- Pereira, Roberto (2012). Rede de Autoridades e Apoio às Interações Sociais na Web: uma Abordagem Culturalmente Informada. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas.
- Pereira, R., Baranauskas, M. C. C. & Silva, S.R.P. (2010a). Softwares Sociais: Uma Visão Orientada a Valores. IHC 2010 – IX Simpósio de Fatores Humanos em Sistemas Computacionais., Belo Horizonte, MG, Brazil.
- Pereira, R., Baranauskas, M. C. C. & Silva, S. R. P. (2010b). A Framework-Informed Discussion on Social Software: Why some social software fail and others do not?. In: 11th International Conference on Enterprise Information Systems - ICEIS.
- Pereira, R., Miranda, L.C., Baranauskas, M.C.C., Piccolo, L.S.G., Almeida, L.D.A. & Reis, J.C. (2011). Interaction Design of Social Software - Clarifying requirements through a culturally aware artifact. *IEEE International Conference on Information Society*.
- Pereira, R. & Baranauskas, M.C.C. (2015). A value-oriented and culturally informed approach to the design of interactive systems. *Int. J. Hum.-Comput. Stud.* 80, 66-82. DOI: 10.1016/j.ijhcs.2015.04.001
- Pessoa Jr, O. (1993). Filosofia e Sociologia da Ciência. Notas de aula da disciplina HG-022, Epistemologia das Ciências Sociais, do curso de Ciências Sociais da Unicamp, ministrada em 29/11/1993 no Centro de Lógica e Epistemologia da Unicamp. Disponível online em <http://www.fflch.usp.br/df/opessoa/Soc1.pdf>. Acessado em 02/05/2012
- Peters, G. (2011). Admirável senso comum? Agência e estrutura na sociologia fenomenológica. *Periódico Ciências Sociais Unisinos*, janeiro/abril 2011, n. 47, v. 1, págs. 85-97.
- Pfaltz, J.L. (2013). “A mathematical model of dynamic social networks”. *Social Network Analysis and Mining* (online first article), Springer-Verlag. DOI 10.1007/s13278-013-0109-9.
- Pietilainen, A.K. & Diot, C. (2012). Dissemination in opportunistic social networks: the role of temporal communities. In *Proceedings of the thirteenth ACM international symposium on Mobile Ad Hoc Networking and Computing* (MobiHoc '12)
- Pigné, Y., Dutot, A., Guinard, F. & Olivier, D. (2007). “GraphStream: A Tool for bridging the gap between Complex Systems and Dynamic Graphs”. 4th European Conference on Complex Systems (ECCS'2007).
- Ponterotto, J. (2005). Qualitative research in counseling psychology: a primer on research paradigm and philosophy of science. *Journal of Counseling Psychology*. DOI: 10.1037/0022-0167.52.2.126
- Pothineni D. & Mishra P. (2011). Living Internet - Social Objects Powering New Age Cybernetic Networks. First International Conference on Informatics and Computational Intelligence. DOI 10.1109/ICI.2011.61. IEEE Computer Society.

- Potts, L. (2008). "Diagramming with Actor Network Theory: A Method for Modeling Holistic Experience". IEEE .
- Pouloudi, A., Gandeche, R., Atkinson, C., & Papazafeiropoulou, A. (2004). How stakeholder analysis can be mobilized with Actor-Network Theory to identify actors. In *Information Systems Research*, pp. 705-711.
- Prado, A.B. & Baranauskas, M.C.C. (2012). "Representing scientific associations through the lens of Actor-Network Theory". *Fourth International Conference on Computational Aspects of Social Networks (CASoN)*.
- Prado, A. B. & Baranauskas, M. C. C. (2013a). Panorama do suporte computacional às atividades de pesquisa em universidades brasileiras: um estudo de caso. *Liinc em revista*, v. 9, n.1, 2013, p.307-325. IBICT.
- Prado, A. B. & Baranauskas, M.C.C. (2013b). Perspectives on using Actor-Network Theory and Organizational Semiotics to Address Organizational Evolution. In: *15th International Conference on Enterprise Information Systems - ICEIS*.
- Prado, A. B. & Baranauskas, M.C.C. (2013c). "Addressing structural and dynamic features of scientific social networks through the lens of Actor-Network Theory". *Social Network Analysis and Mining* 3 (4), p.1263-1276
- Prado, A. B. & Baranauskas, M.C.C. (2014). Capturing Semiotic and Social Factors of Organizational Evolution. *Lecture Notes in Business Information Process – LNBIP*.
- Prado, A. B. & Baranauskas, M.C.C. (2016). An X-Ray of ICISO portrayed through the lens of Actor-Network Theory. *Anais da 17th International Conference on Informatics and Semiotics in Organisations (ICISO), IFIP WG8.1 Working Conference, Campinas, SP, 2016*.
- Proppen, A. (2014). The rhetorical work of the GPS: geographic knowledge-making and the technological mediated body. In *Design, Mediation, and the Posthuman*. Lexington Books.
- Ralha, C. G., Guerra, G. N., Valentim, G. H., Sousa, M. S., Persegona, M. F., Godinho, M. L., Persegonha, A.L., Blumenschein, R.N, Tomé, M.V. & Carvalho, D. B. (2012). "ObserveUNB - um portal web de rede social científica". *Anais do XXXIX SEMISH*.
- Rambo, K. & Liu, K. (2011). An Organisational Semiotics Approach to Multicultural Requirements Engineering: Stakeholder's Analysis of Online Shopping for Saudi Arabian Female Consumers. *International Journal for Infonomics (IJI)*, Vol. 4, Issue 1/2.
- Randall, D., Harper, R. & Rouncefield, M. (2007). Fieldwork for Design. *Computer Supported Cooperative Work*. DOI: 10.1007/978-1-84628-768-8.
- Ribeiro P. & Silva F. (2010). "G-Tries: an efficient data structure for discovering network motifs". *ACM Symposium on Applied Computing – SAC'10*, p. 1559-1566.
- Rivadeneira, A. W., Gruen D. M., Muller, M. J. & Millen D. R. (2007). "Getting our head in the clouds: toward evaluation studies of tagclouds", *Proceeding of the ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, California, USA.
- Rosa M. G., Fadigas I. S., Andrade M. T. T. & Pereira H.B.B. (2012). "Abordagem de redes por cliques: aplicação a redes de coautoria". *I Brazilian Workshop on Social Network Analysis and Mining*.

- Rose, J., Jones, M. & Truex, D. (2005). "Socio-Theoretic Accounts of IS: The Problem of Agency", *Scandinavian Journal of Information Systems*, 17(1):133–152.
- Runpeng, L., Jun, H. & Xiaofan, W. (2012). VCD: A network visualization tool based on community detection. In *Control, Automation and Systems (ICCAS)*, 2012 12th International Conference on (pp. 1221-1226). IEEE.
- Sani, N. K., Ketabchi, S. & Liu, K. (2012). *The Co-design of Business and IT Systems: A Case in Supply Chain Management*. ICISTM 2012, CCIS 285, pp. 13–27, 2012. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Santaella, L. & Cardoso, T. (2015). O desconcertante conceito de mediação técnica em Bruno Latour. *Revista Matrizes*, V. 9 - Nº 1 jan./jun. 2015 São Paulo – Brasil.
- Sayes, E. M. (2013). Actor-Network theory and methodology: just what does it mean to say that nonhumans have agency? *Social Studies of Science*. DOI: 10.1177/0306312713511867
- Schuler, D. & Namioka, A. (1993). *Participatory Design: Principles and Practices*. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale.
- Siegal S. (1975). *Estatística não-paramétrica para as ciências do comportamento*. São Paulo: Mc Graw Hill.
- Simmel, G. (1978). *The philosophy of money*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Singh L., Beard M., Getoor L. & Blake M. (2007). "Visual Mining of Multi-Modal Social Networks at Different Abstraction Levels". 11th IEEE International Conference on Information Visualization (2007).
- Singh, M., Dwivedi, Y., Hachney, R. & Pesynski, K. (2012). Innovation in Communication: An Actor-Network Analysis of Social Websites. *International Journal of Actor-Network Theory and Technological Innovation*, 4(1)
- Soares, A.L. & Sousa, J. P. (2004). Modeling social aspects of collaborative networks. *Collaborative Networked Organizations. A research agenda for emerging business models*. Camarinha-Matos, Luis M.; Afsarmanesh, Hamideh (Eds.). Springer-Verlag.
- Souza, Clarisse Sieckenius (1993). The semiotic engineering of user interface languages. *International Journal of Man-Machine Studies* 39 (5), 753-773.
- Spiess, M. (2010). *Abrindo o código: a rede tecno-econômica do BrOffice.org*. Dissertação de Mestrado. Orientadora: Profa. Dra. Maria Conceição da Costa. Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas.
- Stamper, R.K. (1996). Signs, Information, Norms and Systems, in Holmqvist, P., Andersen, P.B., Klein, H. and Posner, R. (Eds.), *Signs of Work: Semiotics and Information Processing in Organisations*.
- Stamper, R., Liu, K., Hafkamp, M. & Ades, Y. (2000). Understanding the Roles of Signs and Norms in Organisations. *Journal of Behaviour and Information Technology*, vol. 19 (1).
- Stamper, R., Liu, K., Sun, L., Tan, S., Shah, H., Sharp, B., & Dong, D. (2004). Semiotic methods for enterprise design and IT applications. In *Proceedings of the 7th International Workshop on Organisational Semiotics* (pp. 190-213).

- Sun, L., Chong, S. & Liu, K. (2001). Articulation of Information Requirements in e-Business Systems. Proceedings of the Seventh Americas Conference on Information Systems – AMCIS.
- Stiegler, H. & Jong, M. (2015). Facilitating personal deliberation online: Immediate effects of two ConsiderIt variations. *Computers in Human Behavior*, Volume 51, Part A, October 2015, Pages 461–469. DOI: 10.1016/j.chb.2015.05.018.
- Ströele V., Zimbrão G. & Souza J. M. (2012). “Análise de Redes Sociais Científicas: Modelagem Multi-relacional”. I Brazilian Workshop on Social Network Analysis and Mining.
- Szell M., Lambiotte R. & Thurner S. (2010). “Multirelational organization of large-scale social networks in an online world”. *Proceedings of the National Academy of Science of USA - PNAS* vol, 107, n. 31.
- Tang, J., Zhang, J., Yao, L., Li, J., Zhang, L., & Su, Z. (2008). “Arnetminer: extraction and mining of academic social networks”. *Proceedings of the 14th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining* (pp. 990-998).
- Tchuente, D., Canut, M. F., Jessel, N., Peninou, A. & Sedes, F. (2013). “A community-based algorithm for deriving users’ profiles from egocentric networks: experiment on Facebook and DBLP.” *Social Network Analysis and Mining* (online first article), Springer-Verlag. DOI 10.1007/s13278-013-0113-0.
- Thomas, R. (1973). A resource sharing executive for the Arpanet. *Proceedings of the national computer conference and exposition, AFIPS’73*, pp. 155-163. ACM.
- Underwood, J. (1999). Not Another Methodology - What Ant Tells Us About Systems Development. In Wood-Harper, A.T; Jayaratna, N; Wood, J.R.G (eds) *Methodologies for Developing and Managing Emerging Technology Based Information Systems*. Springer, London.
- Underwood, J. (2001). Translation, Betrayal and Ambiguity in IS Development. *Proceedings of IFIP WG8.1 Working Conference on Organizational Semiotics*, Montreal, Canada.
- Vandenberghe, F. (2008). Review of Margaret Archer’s “Structure, Agency and the Internal Conversation”. *Journal du MAUSS*. Available online at www.journaldumauss.net.
- Varela, F., Thompson, E., Rosch, E. (1991). *The Embodied Mind - Cognitive Science and Human Experience*.
- Warshall, S. (1962). “A theorem on Boolean matrices”. *Journal of the ACM* 9 (1): 11–12.
- Weiss, D., Proppen, A. & Reid, C. (2014). *Design, Mediation, and the Posthuman* (eds.). Lexington Books.
- Wenger, E. (2000). Communities of practice and social learning systems. *Organization* 7(2), 225–246
- Wobbrock, Jacob O. & Kientz, Julie A. (2016). Research contributions in human-computer interaction. *ACM interactions* 23, 3 (April 2016), 38-44. DOI: 10.1145/2907069
- Wolstencroft K., Owen S., du Preez F., Krebs O., Mueller W., Goble C.A. & Snoep J.L. (2011). The SEEK: A Platform for Sharing Data and Models in Systems Biology. *Methods in Enzymology*, Volume 500: 629-655. PUBMED: 21943917.
- Wright, G.H. (1958). *Norm and Action*. Available online at www.giffordlectures.org

- Wu, F., Li, X. & Huang, L. (2011). "Research on Knowledge Diffusion in Disciplines Based on Actor Network Theory". IEEE.
- Yang, Z., Fu, D., Tang, Y., Zhang, Y., Hao, Y., Gui, C., & Yue, X. (2012). Link Prediction Based on Weighted Networks. In *AsiaSim - Communications in Computer and Information Science 2012* (pp. 119-126). Springer Berlin Heidelberg.
- Yonge, C. M. (1880). *Young Folks' History of Rome*. Project Gutenberg.
- Zamboni, A. B., Thommazo, A. D., Hernandez, E. C. M. & Fabbri, S. C. P. F. (2010) "StArt Uma Ferramenta Computacional de Apoio à Revisão Sistemática". Brazilian Conference on Software: Theory and Practice - Tools session. UFBA.

Apêndice A – Addressing structural and dynamic features of scientific social networks through the lens of Actor-Network Theory

Abstract: Knowledge on the social web presupposes to gather information about its current and potential users and document their relationships, interests and needs. A recent branch of sociology, the Actor-Network Theory or ANT, states that relations among human and nonhuman actors are equally important to understand social phenomena. Since scientists are potential users of huge computational support, their communities provide relevant cases for domain characterization and software design. This paper investigates the possibilities of using ANT to characterize a real instance of those social networks. The active role of nonhuman actors allows us to trace the relations based on material clues left behind by the actors, and also to bring forth features to be explored by social software. Results of a structural study offer a graphical representation that allows quantitative and qualitative analysis of the social network, while the temporal evolution case study suggests that cyclic associations are more likely to persist. These outcomes may inform a better design of Web 2.0 systems for those communities.

A.1 – Introduction

To understand social phenomena in general, the Sociology traditionally begins with the definition of social fact: a human manifestation that is not part of the physical, biological or psychological domains. A social fact is recognized by the "power of external coercion which it exercises or is able to exercise over individuals" (Durkheim, 1895, page 10) giving rise to a structure that is beyond people but directs their behavior. This vision leads to distinct treatment for people and objects by placing them in separate plans.

Social networking systems have been increasingly adopted as a new mechanism for communication and integration among people (Singh *et al.*, 2012). Based on Web 2.0 technology, they feature rich and interactive interfaces that allow a wide variety of people to share ideas and information, giving rise to the so called social web. Different forms of interaction between people on that web can be found, as for example: social networking, social media and games, sharing news and information, and collectively constructing scientific knowledge (Meyer & Schroeder, 2009). Within this last domain, several authors have studied the way scientists are associated to their peers, by constructing graphical representations of their associations.

Newman (2001b) studied social networks of scientists, using as data source their papers published between 1995 and 1999, and building a graph in which the nodes stand for the authors and the edges represent ties of co-authorship. Shortest paths (Floyd, 1962) and centrality (Brandes, 2001) were calculated, among other outcomes, to provide a ranking algorithm for the more connected of the studied scientists.

Digiampietri and Silva (2011) modelled the network using authors for vertices and two distinct sets of edges: shared authorship and areas of interest. They used the Brazilian nationwide curricula database called Lattes Platform, from the National Council for Scientific

and Technology Development (CNPq) as data source. This structure is used to calculate a set of metrics using software developed by the researchers.

Ströele *et al.* (2012) selected professors from five Brazilian universities and gathered information about four kinds of relationships: work in the same project, co-authorship, participation in thesis examination committees, or technical production. These data were weighted and combined to generate the edges of the graph, encoding the strength of the relationships, which serves, in turn, to cluster the authors.

Computational modeling of social behavior relies upon graph theory, mathematical models, and data mining (Lubashevsky, 2010), but also involves multidisciplinary information sources coming from statistics, psychology, and sociology. This latter theoretical source leads current definitions of the social web to be mainly based on aggregation of people, represented by their public or semi-public profiles, connected by relations of friendship, communication or interest (Bae & Kim, 2009; Balbino & Anacleto, 2011; Pietilainen & Diot, 2012). The Web is studied as a set of pages and other digital content intertwined (Hendler *et al.*, 2008) which act only as the medium through which social phenomena, performed by humans, take place (King *et al.*, 2009).

On the other hand, an alternative sociological branch, the Actor-Network Theory – ANT – proposes that relations with the nonhuman elements have the same importance in understanding social phenomena (Latour, 2005). This is aligned to more recent proposals of multimodal social networks (Latapy *et al.*, 2008; Singh *et al.*, 2007), in which nodes in the same graph structure are allowed to have a broader range of natures.

This paper extends a prior study (Prado & Baranauskas, 2012), which investigates the possibilities of using the Actor-Network Theory as a theoretical support in the characterization of actual instances of social networks, by considering not only people, but the artifacts that mediate their associations as well. ANT concepts are applied to highlight the possible relationships between humans through their associations with digital artifacts, orienting the modeling of a multimodal network comprising people and nonhuman entities. Regarding our previous work, the unique contributions of this paper are related to extending the procedures to distinct and larger datasets than the used in the previous paper, and mainly presenting an analysis of the dynamics of communities.

The text is organized as follows: in the next sections we will present the theoretical framework of Actor-Network Theory used in this work and a proposal of representation for the network, of which structure and kinds of allowed participants are results of an ANT-based

analysis. Results of a case study representing a snapshot of a local community of scientists, instantiated as the proceedings of a conference are presented and compared to an international conference in the same knowledge domain. An insight about how ANT can help to grasp the evolution of communities over time is shown. Finally, we discuss the results obtained and present the final considerations and further work.

A.2 – Actorn-Network Theory overview

The Actor-Network Theory (Latour, 2005) is a theoretic-methodological framework that diverges from the structuralist trend of sociology. It aims to provide a new approach to study social phenomena, equipping the interested observer with a “sensitivity” to better capture how these phenomena evolve (Andrade & Urquhart, 2010). It proposes to see the human interactions as chains of associations distributed in time and space that depend upon the continuous agency of participants on each other and whose structure is dynamic, as a result of this joint action.

An actor is defined as any entity capable to act changing a certain state of affairs. With this broad definition, both human and nonhuman can be treated jointly and simultaneously. Human actors encompass all the people involved and interested in a certain social phenomenon, with their embodied knowledge and know-how.

Concerning nonhuman actors, it is not intended to assign intentionality to them; just one should not discard their potential of mediation and interaction, either by physical or cognitive means (Law, 2009). Not every object is seen as an actor. ANT defines that the objects’ capacity of action can be more easily perceived in specific moments: when innovation occurs, when its use is unknown or questioned or unexpected behaviors and accidents occur. In an earlier study, Callon (1991) proposed that nonhuman actors could be:

- Devices: concerning from simple tools to more complex technical artifacts;
- Texts: considering both their semiotic nature and their material support;
- Money: in a broad sense of an instrument for exchange and reservoir of values.

Although it is not controversial to claim that technology is some kind of reflex of the human agency, and is able to carry human intentions, it may be controversial that these artifacts can contribute to some state of affairs by themselves. Kroes (2012) defends the agency of objects, in particular, technological devices, arguing that they can change the way people think and act, sometimes in ways different of the ones they were designed for, sometimes unexpectedly.

An actor is an intermediary in a chain of associations when he or she or it forwards the actions received without transformation. The behavior of an intermediary is predictable and the outputs are determined by the inputs. On the other hand, a mediator inserts some new behavior to the system. Mediators modify, distort, enhance or translate the inputs received. They are creative and show some variability and unpredictability when acting upon the others. While faithful intermediaries often fade out in the studied scenarios, mediators appear resolving asymmetries and conflicts between the other actors.

The focus of the ANT is on associations formed among the actors, resulting in a network. The concept of interaction is expanded and shall encompass interference, delegations and joints between all kinds of actors. According to ANT, the interactions between actors have the following characteristics:

- Anisotropic: what is acting at a given time and location comes from various places;
- Asynchronous: the actions that lead the actors to interact have their origin at different times;
- Oligoptic: a few of the participants of a particular action are visible simultaneously;
- Heterogeneous: the involved actors have different natures;
- Anisobaric: participants who are interacting have different influence intensities.

The process of building each of these associations among actors is called translation (Callon, 1986) and depends on the success of steps in which an actor, in the desire to change a certain state of affairs, looks for other actors whose acting skills are beneficial, stimulate their interests to join, defines roles and ensures compliance with the responsibilities assumed. A successful translation must follow these four well-defined steps:

- Problematisation: the problem that may be collaboratively solved must be defined;
- Interestment: potential allies have to be convinced to act conjointly;
- Enrollment: the role of each actor in the group is defined;
- Mobilization: the allies must be put to act associatively and control structures must be specified to keep them acting as agreed before.

The force with which these movements unfold, their stability and mechanisms to ensure their preservation define the success of the network as a whole. When actors become connected, the consequences of success or failure spread through the network, so that there is mutual interest in everyone's success. When the translation is effective, the various actors are driven to act as one and, through the mechanisms of mutual control, their complexity is

abstracted. A whole sub-network happens to be seen as a single actor, in a process called black-boxing (Latour, 2000).

From the methodological viewpoint, ANT advises to follow the actors closely, to investigate circulating entities that put people to act, understand how each actor is recruiting others, and to look myopically to the phenomena in order to capture details covering the whole scenario (Fioravanti & Velho, 2010). When asked about what makes them act, it is expected from the human actors the capabilities of reflection and theorizing: their explanations should be fully respected, including the language used and the figurations given to the causes of action.

It is also advised to abandon some a priori distinctions in the analysis: the local and global contexts are not hierarchically separated but flattened and differentiated only by the extent and durability of their connections; truth and error are only values applied by actors with different views and different intensities at each frame of reference; and human and non-human actors should be monitored symmetrically, being allowed to express themselves and being assigned power or ability to act (Underwood, 1999).

There is a list of occasions on which objects become visible as actors and their role as mediators is enhanced enough to be studied: defects, accidents, unexpected behaviors, innovations and novelties. When it is not possible to observe objects in situ, it is allowed to recover the history of objects and the state of uncertainty or crisis in which they were generated.

A.3 – ANT and Scientific Communities

Studying the social aspects of scientists with ANT, Latour (2000) identified that an important part of mediation is done through relationships with nonhuman actors, being one of them the technical and scientific literature. They provide some relations of mutual benefit and expectation, driven by network associations. Going on from this analysis one can find the kinds of actors that should be put together in a scientific social network.

When an article R (nonhuman/text) is referenced by another paper P, it creates a chain of associations between their authors (humans). The authors of P depend on the good acceptance of the results of R, while the cited R will benefit from the visibility made through P. Humans produce texts that carry the results of their work but also the intentions of being accepted as truthful. When the authors of P argue based on R, the translation occurs: they are not only interested on P's acceptance anymore, but also on R's.

Similarly, authors make use of the infrastructure of institutions, produce articles whose amount is reflected in indicators that put the institution in the most favorable position for receiving funds, which improve their infrastructure. Researchers' needs for equipment (nonhuman/devices) and grants (nonhuman/money) are translated to an interest in the Institution's welfare. In this case the translation is more complex, as it depends on the rules of the institution.

In this way, the ANT presents itself as a theory potentially well aligned to the goals of who wants a better understanding of social communities and their digital artifacts (Hendler *et al.*, 2009; Pereira *et al.*, 2011), particularly scientific communities. To investigate this potential the following sections present a representational mechanism informed by ANT and results of a study based on data from scientific publication of researchers who attended a particular conference.

A.4 – A representational mechanism informed by ANT concepts

A scientific conference serves as a starting point to gather information about a community of scientists and to understand its inner social ties at a specific moment. To build the network of actors, the papers of the conference must be linked to their authors and these to the institutions where are affiliated. The articles are also linked to their bibliographic references, which in turn relate to their respective authors.

In Figure A.1 we present the elements studied in this paper and how they will be depicted: humans as circles, texts as squares and institutions as triangles. Conference authors and papers are filled with a different color (dark red) because they are considered focal-actors (Carroll *et al.*, 2012), being responsible for the here-and-now social interaction of the conference. The other actors (filled light blue) respond for the anisotropic and asynchronous interactions, that ANT considers equally important for the understanding of the network.

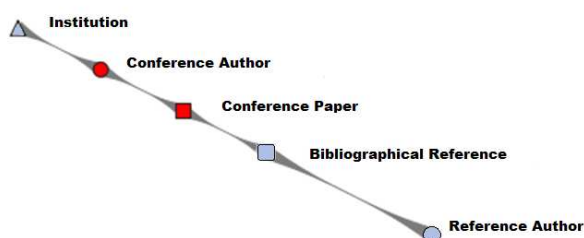


Figure A.1: Graphical representation proposed for the actors being studied

The layout and arrangement of vertices was generated using an algorithm of spring forces (Eades, 1984), which simulates a physical condition in which the nodes of the graph

repel each other as if they were electrically charged, and edges pull the connected nodes together as if they were springs. The final position is established when a stabilization threshold is achieved. This is well aligned with ANT's view of a social group as a balance between the forces generated by actors through associations, in a process that have no privileged frame of reference. Metaphorically, every actor tries to "bring the others together" by means of translations, while keeps some distance from the others who diverge from his own interests and goals. For an extensive study regarding how people perceive visual representation of social network, please refer to the work of Huang *et al.* (2005).

We applied the All Pair Shortest Path algorithm (Floyd, 1962; Warshall, 1962), identifying the length of the shortest path between each pair of vertices. To obtain a dimension of the extension of the network, also called its diameter, we used the maximum value of this measure (maxAPSP).

The size of the vertexes is proportional to their betweenness centrality (Bondy & Murty, 1976; Freeman, 1977; Kourtellis *et al.*, 2012), which indicates the likelihood of each vertex to be part of the shortest path between any two others, representing the importance that each vertex has on the network and its influence on aggregation of others. Although ANT's concept of hierarchy is also related to the quality of the associations an actor has, quantity and range can indicate how well connected a certain actor is, and these properties are related to the betweenness centrality.

The final visual representation of the networks was obtained using the Graphstream library (Pigné *et al.*, 2007). In the generated figures, we tried to keep the automatic layout produced by the algorithm, and made few manual shifts in some vertices to increase readability. Some vertices have been labelled to facilitate analysis and discussion to follow.

For comparison purposes, representations of the same conference considering only the human actors were also generated, in accordance with the traditional vision of sociology, that we named presumed sociogram. The actors were connected when are co-authors of the same paper or affiliated to the same institution. The nodes for authors of the papers presented at the conferences are filled red (darker) and the ones of bibliographical references are colored blue (lighter).

For instance, suppose that a paper P, whose authors are A1, A2 and A3, have among its references the paper R1, written by A1 and A4, and reference R2, whose author is A5. The authors A1 to A4 are affiliated to an institute I1, while A5 is related to I2. The traditional

sociogram presumed from this data and the multimodal actor-network are depicted respectively in Figures A.2 and A.3.



Figure A.2: Example of a sociogram depicting only the human actors

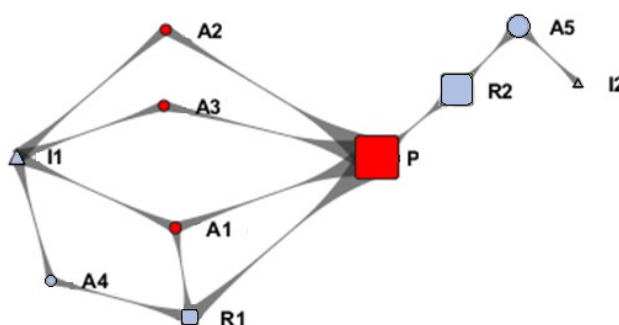


Figure A.3: Example of an Actor-Network associating the human previously shown in Figure A.2 and adding the nonhuman actors to the same structure

In the first representation, the actors A1..4 are all linked together among themselves, because they are affiliated to the same institution, despite the way they cooperated writing papers. In turn A5 has no explicit relationship with others and therefore is left unlinked.

The second representation shows that there is an association path between A5 and the other authors, even whether s/he does not know it, because there exists some interest from A5 that R2 be cited and known by other authors and this is obtained through P. Node R1 is smaller than R2, because R2 is the only way the network of interests to reach the vertexes A5 and I2, while R1 is less important to A1 and A4, since they can keep attached to the network through I1.

A.5 – Case study

In order to check how to unfold the relations described by Latour (2000) in a concrete scenario and analyse how ANT may reveal relevant structural elements of the social phenomenon, we chose communities of scientists, represented by their publications in the same conference for an exploratory case study. In order to increase the readability of the outcomes, a workshop of an emergent community was selected: the Fourth e-science Workshop of the Brazilian Computer Society occurred in 2010. From the list of six full papers, their 28 authors with respective eight affiliations, and their bibliographical references

(64 papers and 174 authors), we were able to reconstitute a snapshot of the community of scientists attending the conference.

Figure A.4 shows the graph generated using the traditional sociological approach. It is composed of several disconnected components, each of them constituted by groups of authors that correspond to the graph theory concept of cliques (Rosa *et al.*, 2012). All connected components have small diameter, being the $\text{maxAPSP} = 4$.

Many of the subgraphs are composed only by authors of references; one is composed only by participants of the conference. Three of the subgraphs are heterogeneous, mixing together authors of the conference and of the references. From these, two nodes are highlighted: “Murta L” and “Mattoso M” have the highest betweenness, meaning they are the most important to the structure of the group they belong and a path for the flows of information, interests and prestige.

In the Figure A.5 we can see how the Actor-Network Theory, instantiated in the proposed graphical representation, captures the internal structure of the relations of interest between participants of the conference. All actors are somehow connected, which suggests the unity of the nature of the social phenomenon. As a natural consequence of this agglutination, the diameter of the graph increases ($\text{maxAPSP} = 15$).

There are more vertices with higher betweenness, many of them are not authors. Putting aside the conference papers, some references are very important, as for instance “Altintas 2004” and “Jones 2010”. Other authors, although acting only as writers of bibliographical references, are put forward in importance: “Berkley C” and “Jones M”. The role of the “UFF” university is also emphasized.

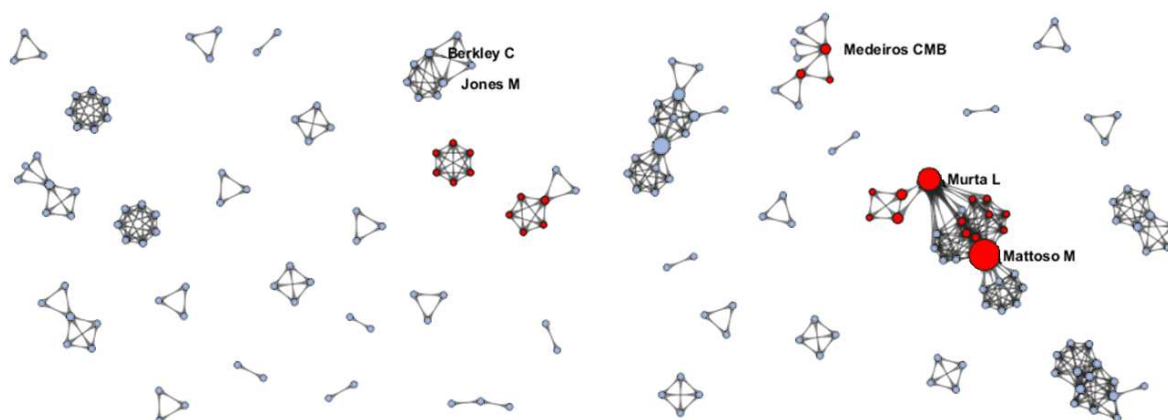


Figure A.4: Presumed sociogram for the network of scientists related to the e-science Workshop of the Brazilian Computer Society 2010, featuring only humans and their relations.

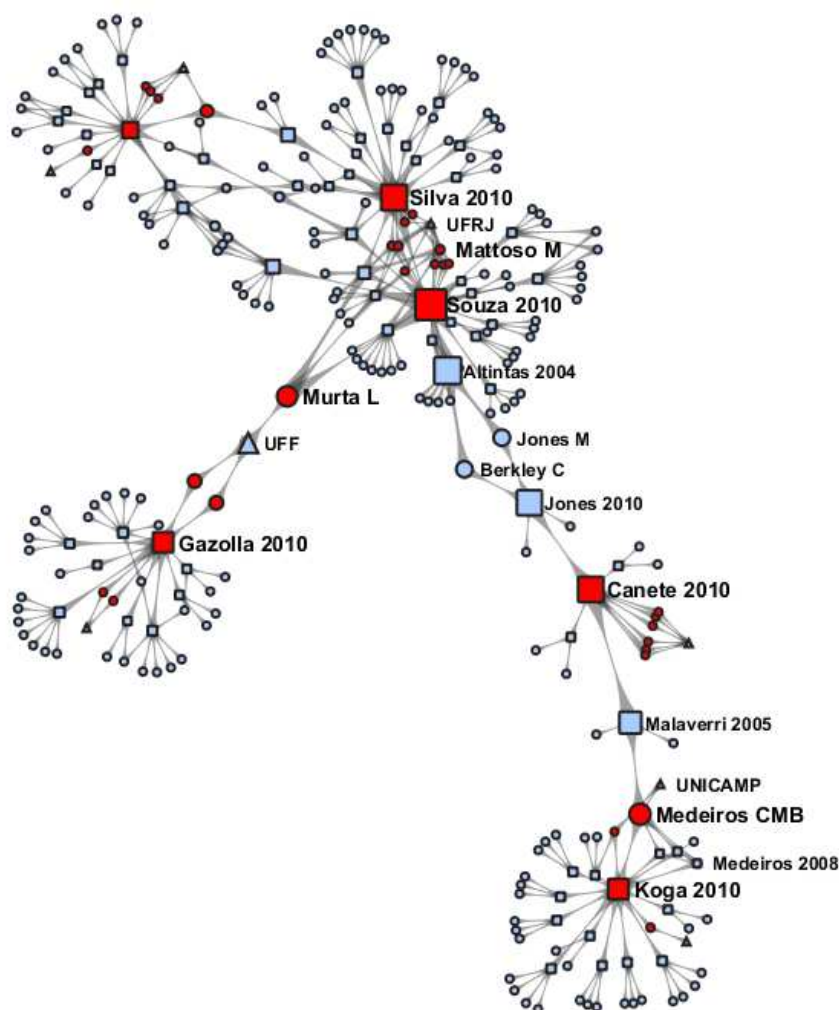


Figure A.5: Actor-network snapshot for e-science Workshop of the Brazilian Computer Society 2010, encompassing all relevant actors that operate together and can benefit from each others' success.

For comparison purposes, we took an international conference in the same domain and with almost the same number of editions: the Fifth IEEE International Conference on e-Science 2009, selecting the trail “Research tools, workflows and systems”, to have a similar amount of presented papers, and applied the same procedures described before. From the list of seven full papers, their 31 authors with respective nine affiliations, and their bibliographical references (130 papers and 376 authors); we then generated the presumed sociogram and the actor-network, presented respectively in Figures A.6 and A.7.

It is visually noticeable in both representations that the social structure differs from the first conference studied. Despite of the similar amount of presented papers, the total number of vertices increased from 280 in the Brazilian conference to 553 in the international, meaning a growth of 97.5%. The number of edges also increased from 340 to 693, a growth of 103.8%.

Conversely, the diameter of this graph is smaller ($\text{maxAPSP} = 10$) than in the previous actor-network (Figure A.5). This indicates a different social structure, more densely connected.

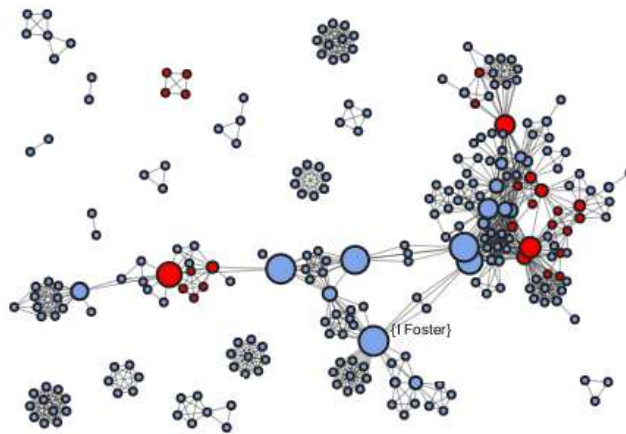


Figure A.6: Presumed sociogram for the IEEE International Conference on e-science.

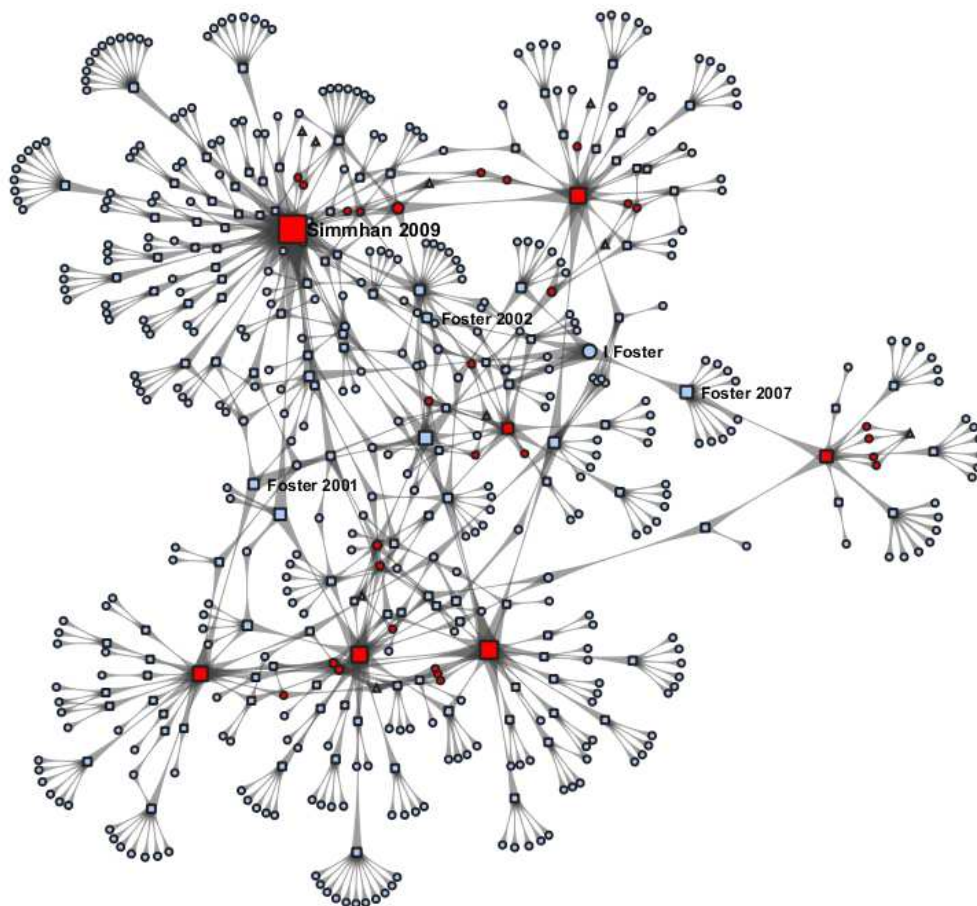


Figure A.7: Actor-network snapshot for the IEEE International Conference on e-science 2009.

This distinct arrangement leads to a balance in the influences of the nodes. The only paper with higher betweenness is “Simmhan 2009”; the others have almost the same importance in the network. It is also noticeable that the bibliographical references act as aggregators among several presented papers. For instance, “Foster I” (Foster & Kesselman, 1998) is an author that provided several references spread across the network, contributing to the reduction of its diameter and providing a shared conceptual background to the whole community (Kuhn, 1970).

A.6 – Community Evolution

Another important feature of social phenomena that must be understood is the dynamics of the groups. According to Bródka *et al.* (2013), “having appropriate knowledge and methods for dynamic analysis, one may attempt to predict the future of the group, and then manage it properly in order to achieve or change this predicted future according to specific needs”.

Beginning from a snapshot of the community that captures its social structure at a specific moment in time, several events can occur that modify this structure: shrinking, growing, splitting, merging, dissolving or forming a new one. They are performed by adding or removing edges and/or vertices, and the outcome is another snapshot, which can be compared to the first in order to extract some features that may characterize the behavior of such community.

Regarding edges, we can analyze the events that trigger their creation, removal or maintenance. Link prediction (Liben-Nowell & Kleinberg, 2007; Yang *et al.*, 2012) is a prominent approach, that permit to know, given a pair of unconnected people, if it is probable that an association will be created connecting them in that network within a certain interval of time. Complementary, the link persistence can also be studied, providing some anticipation about, given a pair of connected vertexes, the conditions and events that may keep them connected within a certain interval of time.

Extending our previous work (Prado & Baranauskas, 2012) to explore how ANT may support the understanding of the dynamics of social groups (Palla *et al.*, 2007), we proceeded with the data gathering and analysis of the next year’s edition of same conference used in the case study, the e-science Workshop of the Brazilian Computer Society 2011. Eight papers were presented, providing 398 nodes and 469 edges to build the network, that have a diameter similar to the previous year ($\text{maxAPSP} = 14$). The actor-network is displayed in Figure A.8, in which the similarity with the structure in Figure A.5 is perceivable. This network has three distinct connected components, two of them composed by a single paper and its associations.

To verify practical consequences of the “mobilization of allies” phase of translation, particularly the advice that control structures must be built in order to render the associations more durable, we propose to understand such structures as alternative paths between the nodes, through which influences and benefits will circulate, tightening the ties between the actors. In graph theory concepts, that means to build cycles (Bondy & Murty, 1976). Analyzing the evolution of the Brazilian Workshop from 2010 to 2011 years, associations that are part of cycles in the first year should be more probable to be found in the following year than the edges without alternative paths.

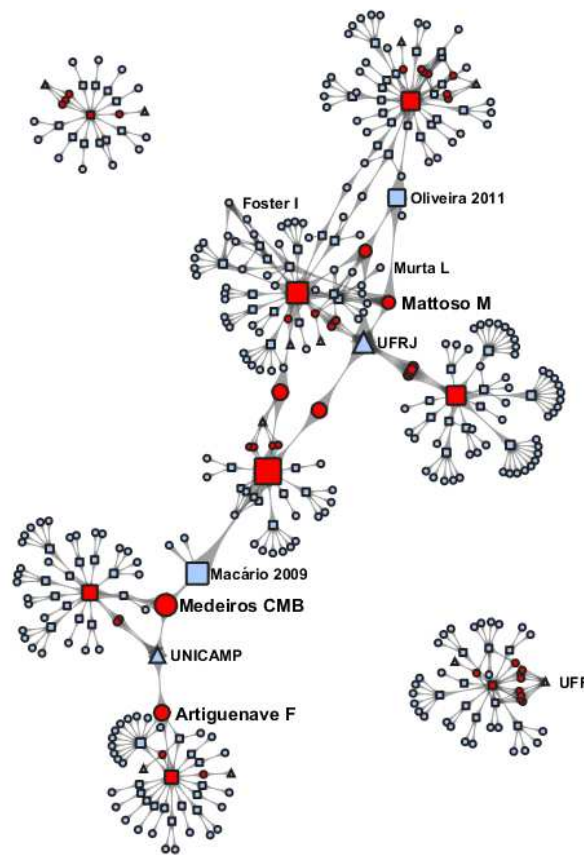


Figure A.8: Actor-network snapshot for e-science Workshop of the Brazilian Computer Society relative to the 2011 edition.

We proceeded the verification of this hypothesis by classifying the associations present in the 2010 workshop according to two situations: if they are part of a cycle and if they can be also found in 2011 – regardless of being part of a cycle. Table A.1 contains the number of vertices for each possible combination.

		also occurred in 2011?	
		yes	No
part of a cycle in 2010?	Yes	16	132
	No	9	183

Table A.1: Distribution of vertices according to the participation in cycles and the occurrence in the following year.

Table A.2 contains the percentages relative to the total number of edges. Associations have an overall probability of 7.4% to be found in the next year. Regarding only the associations in cyclic structures, the probability of the same pair of actors to keep connected in the next edition of the conference is 10.8%, meaning an increase ratio of 146%. Applying the exact Fisher test to quantify the correlation of the bimodal variables (Siegal, 1975) a result of $p=0.037$ was obtained; values below 0.050 can be considered significant.

		also occurred in 2011?	
		yes	no
part of a cycle in 2010?	Yes	4.7%	38.8%
	No	2.7%	53.8%

Table A.2: Percentages of each category of vertices relative to the total amount.

For the sake of comparison, we generated the traditional sociogram using the same datasets, creating associations based on co-authorship and institution affiliation, as described in Section A.4 and shown in Figure A.2. We applied the same procedures described before in this section in order to find repetitions and cycles. The results, shown in absolute numbers in Table A.3 and as percentages in Table A.4, reveal an overall probability of an edge to be found in the next year of 12.6%, since all persistent associations occurred in edges that are part of cycles; however, 97.0% of the edges in this graph are part of cycles, since co-authorship networks are composed of several cliques (Bondy & Murty, 1976; Rosa *et al.*, 2012), as seen on figures A.4 and A.6. Fisher's exact test p-value is 0.387, meaning a lower probability of correlation between variables.

		also occurred in 2011?	
		yes	no
part of a cycle in 2010?	Yes	54	361
	No	0	13

Table A.3: comparative results using a traditional sociogram involving only people-to-people associations.

		also occurred in 2011?	
		yes	no
part of a cycle in 2010?	Yes	12.6 %	84,3 %
	No	0	3.0 %

Table A.4: Percentages of each category of vertices relative to the total amount of 428 authors, regarding the human-only sociogram.

Back to the ANT approach, to prevent it to be biased by the “borders” of the represented network, that have several 1-degree nodes and fewer possibilities of cyclic constructions, we refined the analysis considering only associations outgoing from focal actors, given their central position in the structure and active role in building alliances. Tables A.5 and A.6 contain the results, which can be summarized by a Fisher correlation of 0.020, even below the first result.

		also occurred in 2011?	
		yes	no
part of a cycle in 2010?	Yes	12	89
	No	0	40

Table A.5: Distribution of focal actors according to the participation in cycles and the occurrence in the following year.

		also occurred in 2011?	
		yes	no
part of a cycle in 2010?	Yes	8.5 %	63.1 %
	No	0	28.4 %

Table A.6: Percentages of focal actors according to the participation in cycles and the occurrence in the following year.

Figure A.9 shows the comparison of the two networks. Blue edges represent associations that were on cycles in the first year but did not repeat in the next. Green edges represent associations found in both years but were not on cycles. Red edges are part of cycles and represent associations persisted in the following year.

To build the representation for this analysis, the layout algorithm was changed to enhance the presence of cycles by augmenting the repulsion force of the respective nodes, resulting in longer edges and more space to the subgraphs that are not of interest. Node sizes are all the same, given the interest only in the associations and their durability. Cyclic structures cover 43.5% of the graph and all except one of these subgraphs (blue) have associations that are repeated in the following year. Even the associations that are not part of cycles but are recurring between the years (green) have one of its nodes as part of a cycle.

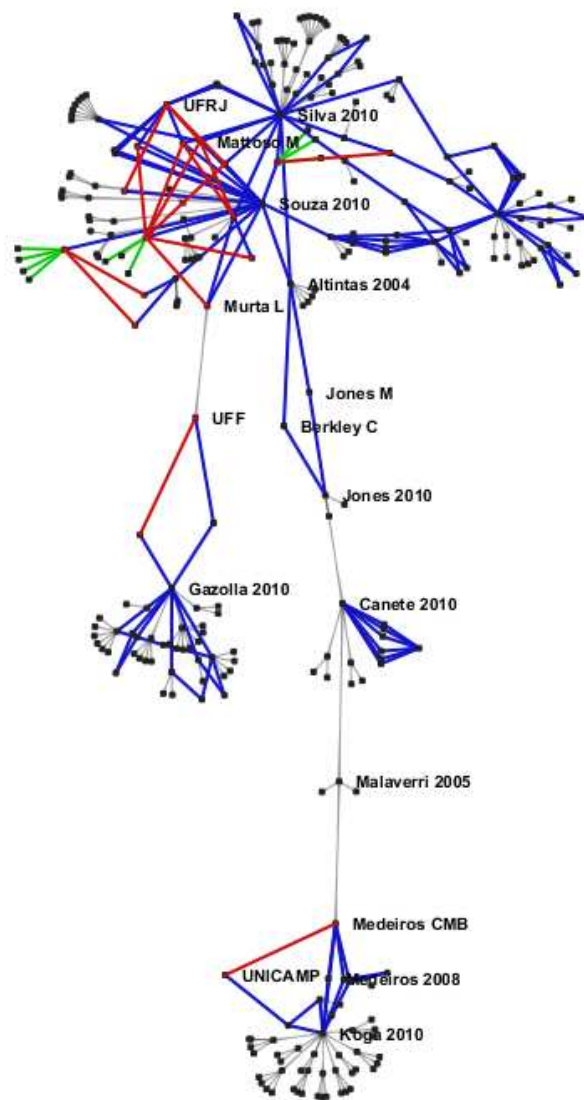


Figure A.9: Actor-network of Brazilian Workshop 2010 compared to 2011 edition, distorted to enhance the cycles and identify the associations that persist from one year to the other. Blue: edges in cycles; green: edges that persisted from one year to the next but are not in cycles; red: edges that persisted from one year to the next and are part of a cycle.

Preliminary results using data from the 2010 edition of the IEEE International Conference on e-Science, restricted to the trail “Research Tools & Novel Infrastructure”, give a similar result. Tables A.7 and A.8 show the numbers of edges according to their occurrence in both years and the participation in cycles. Fisher’s p-value for the sociogram is 0.114 and for the ANT network is 0.0322. Again, co-author cliques make the sociogram full of cycles, preventing the same analysis to be carried out. From the ANT viewpoint, the probability of an edge to last until the next year is 2.7% if it is not in a cycle, versus 6.4% if it is in a cycle.

		also occurred in 2010?	
		yes	no
part of a cycle in 2009?	Yes	186	1125
	No	1	31

Table A.7: results using a traditional sociogram involving only people-to-people associations comparing 2009 and 2010 editions of the IEEE Conference on e-science.

		also occurred in 2010?	
		yes	no
part of a cycle in 2009?	Yes	18	265
	No	11	399

Table A.8: actor-network analysis according to the participation in cycles and the occurrence in the following year, for the 2009 and 2010 editions of the IEEE Conference on e-science.

A.7 – Discussion

The present work outlines possibilities of the Actor Network Theory in understanding and guiding the representation of social phenomena. Even at the current stage, the proposed approach for a representation informed by ANT shows promising, because it highlights the following features:

- **Unity of the social phenomenon:** if we use only the human-centric view, as traditionally done, the size of the phenomenon being studied shall be constrained and it becomes fragmented, as seen in Figure A.4. By adopting the perspective of ANT and following the material traces produced by the community of scientists in the form of the papers published in a conference, we enhance the consistency of networks that are seemingly unconnected. The addition of nonhumans shows the conference as a unique social aggregate, with connections that reach all of its members and which can be studied as a whole.
- **Redistribution of local influence:** the placement of all involved in the same structure allows a better scaling of the relevance of each participant. For example, “Mattoso M” is a lead author for the subgroup to which she belongs, when considered in relation to the direct contacts with others humans (Figure A.4). However, when we consider the network by ANT's proposal, we can analyze the entire community of scientists in a single frame, and then the social importance of that author is relativized, because there are alternate paths that guarantee the connection between its constituents (Figure A.5). The author does not need to keep acting herself: even if she leaves the community, her publications remain influencing other researchers and shaping the network.
- **Discovery of unsuspected stakeholders:** when using ANT, other authors that are not directly participating in the conference start to show their importance. For instance, “Berkley C” and “Jones M” are disjoint from conference authors in the sociogram, but become

connectors that keep the graph unite (Figure A.5). Similarly, depicting the institutions together as nodes highlights the importance of the “UFF” university as an actor within this community.

- Theoretical convergence: the sociological explanations of group behavior provided by Actor-Network Theory are well represented by the mathematical tools used by Computer Science. Even with simple, well known (Runpeng *et al.*, 2012) tools such as spring forces layout and betweenness centrality, the results obtained show a good match between the approaches. The preliminary results of the analysis of sequential instances of the networks on Section A.6 also point towards positive outcomes of using the theory of translation to guide the shaping of social groups, suggesting the settlement of stronger associations by means of creating cyclic structures. This particular outcome of ANT analysis was not verified in networks formed by discarding the non-human intermediaries and mediators.

Gong *et al.* (2012) affirm that, for some data mining tasks such as link prediction, attribute inference, and community detection, there are situations in which heterogeneous networks perform better than homogeneous networks. Therefore, there is a trend shared among our proposal and others, such as the focus on social objects (Pothineni & Mishra, 2011) and networks of interests (Murata & Saito, 2007), which consider webpages and other digital artifacts when building the social network. The social objects approach acknowledges the role of blog posts, pictures and videos as aggregators of people around them in social phenomena. However, it focuses on the human involved considering the nonhuman only as a support. Networks of interest are graphs that connect, for instance, visited sites and the in-between transitions and create probabilistic models about a set of users. Conversely, the focus is only on the nonhuman players of the collective phenomenon and the inclusion of demographic data is subject to discussion (Grewe, 2012) among researchers. What ANT can contribute beyond those approaches is the statement that both human and nonhuman actors must be equally addressed, leading to situations in which the types of actors are equally probable to be central to the group, helping to find who or what is relevant to a community with no a priori assumption.

Szell *et al.* (2010) analyzed data of social interaction among 300000 players of an online multiplayer game and found very distinct network structures whether considering or not the nature of relations, i.e., adding edges to the sociogram without attention to what they represent – as made in Figure A.4. They clearly states that “neglecting the nature of social ties and mixing different interactions (even within the same dataset) results in gross

misrepresentation of the system” (Szell *et al.*, 2010, p. 13638). Such result indicates the need for care about whom or what is mediating those associations. ANT can help in this improvement, since the actor that provides the link is explicitly put in the network. Instead of creating multirelational or multimodal networks based on ad hoc criteria, the choice of classes of nonhuman actors must be subject to a prior analysis of how they interfere in the course of actions in the social phenomena, as shown in Section A.3.

The ANT analysis that precedes the building of the network may point towards some other relevant actors, for example, the funding agencies that support the researchers, the institutions to which the authors of the bibliographical references are affiliated, physical devices used during the researches, the audience of the conference and so on. However, as this information was not fully available in the dataset used in our case study, the respective actors were not added to the network.

Although previous works used ANT to capture heterogeneous networks of people and technological devices, the theoretical background of ANT was not completely explored. For instance, Potts (2008) propose to create diagrams that extend UML approach to social software engineering by putting together multiple users and the multiple systems to which they interact, providing a larger palette of shapes for representing persons, objects, places, events and so on. However, these diagrams are intended to purely document the existence of actors and their associations. Our study improves the representation by adding the social network analysis automated techniques such as the betweenness centrality and layout generator that are meaningful according to ANT point of view. Wu *et al.* (2011) studied the spread of Magnetic Resonance Imaging technology and used ANT to drive a qualitative analysis that highlighted the involved actors, building distinct networks composed of actors related and unrelated to medical and nonmedical, and discussing their different behavior. However, the visual representations they created encompassed only the human actors as in a traditional sociogram of coauthorship, discarding the possibility to analyze symmetrically both humans and nonhumans in the same landscape, as ANT advocates.

The major drawback of the presented approach is related to scale issues, since ANT inherits most of its methods from ethnographic studies, adopting a microsociological perspective, that is, the focus on families, colleagues and other small groups’ interactions (Barkan, 2011). Although inspections on larger datasets with the proposed visual representation are difficult, in the same way the construction of the graphs makes use of a traditional tool from mathematical social network analysis – betweenness centrality – it can

borrow some existing clustering techniques to reduce visual complexity (Pfaltz, 2013). Once again, ANT provides some hints that may be useful, namely, the concept of black-boxing that collapses all actors involved in a successful translation into a single one. Moreover, large networks can be decomposed in egocentric (Tchunte *et al.*, 2013) social subnetworks that allow the use of the representational mechanism proposed herein to a distinct type of social analysis.

Some possibilities to extend the current work involve the use of actor-networks with other research topics such as graph motifs (Ribeiro & Silva, 2010) and social ties (Tang *et al.*, 2012). Motifs are recurring subnetworks with a certain small size that can be found with high frequency in the graph and to which some meaning can be attributed. This concept has already been used for community detection (Lancichinetti *et al.*, 2008) in networks whose nodes represent people only. Graph Motifs are also suited to grasp social evolution, as proposed by Conway (2011). Together with ANT, it may be possible to attribute a color for each actor type and search for substructures common to each community, revealing trends of associations according to the type of the actors. Social ties are information added to the edges of the sociogram that stamp the nature of relation, such as “colleague”, “family”, “advisor-advisee”, “trust”, “distrust” in order to have a better comprehension of the communities. Since our proposal does not employ the edges of the graph in the analysis, their usefulness remain unexplored. However, Actor-Network Theory does not provide prescriptions about this label, requiring the expansion of the theoretical landscape.

A.8 – Conclusion

Given the social nature of knowledge production by scientists, these are potential candidates for the use of social software and, therefore, their social relations must be mapped and documented. However, studying social groups just from the links between people may be insufficient in a scenario where the relationships unfold through material and digital artifacts such as Web 2.0 systems.

The use of the Actor-Network Theory showed to be promising as an alternative way through which social relations can be traced, between human and non-human actors, opening space for computational elements as natural and relevant mediators in collaborative phenomena. As the proposed representational mechanism informed by ANT produces graphs, it allows both quantitative analyses, based on many other available algorithms, as well as qualitative studies from their visual representations.

The work presented here will continue in two correlated fronts: validating ANT to support analysis of larger communities, their evolution over time and their forms of interaction and, on the other hand, characterizing networks as subsidy for a process of design for systems whose potential users are the participants of these networks.

Apêndice B – lista de produções diretamente relacionadas a esta tese

B.1 – Artigos publicados

IADIS/CIAWI

1. Relações sociais em comunidades de cientistas através da lente da Actor-Network Theory: um estudo preliminar. Conferência IADIS ibero-americana WWW/Internet 2012. Madrid-Espanha. ISBN: 978-989-8533-11-1

CASON – Qualis B4

2. Representing Scientific Associations Through the Lens of Actor-Network Theory. Fourth International Conference on Computational Aspects of Social Networks (CASoN) 2012. IEEE. DOI: 10.1109/CASoN.2012.6412383

LIINC – Qualis C

3. Panorama do suporte computacional às atividades de pesquisa em universidades brasileiras: um estudo de caso. Liinc em revista, v. 9, n.1, 2013, p.307-325. IBICT. ISSN 1808-3536.

SNAM – Qualis B5

4. Addressing structural and dynamic features of scientific social networks through the lens of Actor-Network Theory. Social Network Analysis and Mining, 2013. ISSN 1869-5450. Springer. DOI 10.1007/s13278-013-0139-3

Este artigo corresponde à versão expandida do que foi publicado no CASON, tendo sido convidado para uma *special issue* desta revista.

ICEIS – Qualis B1

5. Perspectives on Using Actor-Network Theory and Organizational Semiotics to Address Organizational Evolution. 15th International Conference on Enterprise Information Systems, ICEIS 2013. DOI 10.5220/0004437701730181

LNBIP – Qualis C

6. Capturing semiotic and social factors of organizational evolution. Lecture Notes in Business Information Processing, v. 190, pp, 264-279, 2014. ISSN 1865-1356. DOI 10.1007/978-3-319-09492-2_16

Este artigo corresponde à versão expandida do que foi publicado no ICEIS, tendo sido convidado para uma *special issue* desta revista.

SEMISH – Qualis B4

7. Expandindo revisões bibliográficas sistemáticas pela análise de redes sócio-técnicas científicas. XLI Seminário Integrado de Software e Hardware (SEMISH), Vol. 1, pp.1-10, Brasília, DF, Brasil, 2014. CSBC.

ICISO – Qualis B5

8. An X-Ray of ICISO portrayed through the lens of Actor-Network Theory. Anais da 17th International Conference on Informatics and Semiotics in Organisations (ICISO), IFIP WG8.1 Working Conference, Campinas, SP, 2016.
9. Using stakeholder and pragmatic analyses to clarify the scenario of data sharing in scientific software. Anais da 17th International Conference on Informatics and Semiotics in Organisations (ICISO), IFIP WG8.1 Working Conference, Campinas, SP, 2016.

B.2 – Pôster apresentado

10. Quid.net.br - Uma Ferramenta para Visualização e Expansão de Revisões Bibliográficas. XI Workshop de Teses, Dissertações e Trabalhos de Iniciação Científica. 3 e 4 de Agosto de 2016, Instituto de Computação, Unicamp.

B.3 – Artigos sob avaliação

11. Associations in Cycles are More Durable: what Actor-Network Theory can show us about Community Dynamics. Artigo a ser submetido para revista internacional.

Este artigo corresponde a uma extensão dos estudos sobre a durabilidade de associações, cujos primeiros passos foram apresentados na Seção A.6.

12. Merging Actor-Network Theory and Socially Aware Computing: Expanding the toolset to understand the social role of technology in organizations. Artigo submetido para conferência internacional.

O conteúdo deste artigo cobre parcialmente o apresentado no Capítulo 2 desta tese.

Apêndice C – autorizações para reprodução de artigos publicados

Capítulo 3: Perspectives on Using Actor-Network Theory and Organizational Semiotics to Address Organizational Evolution. 15th International Conference on Enterprise Information Systems, ICEIS 2013. DOI 10.5220/0004437701730181

Assunto: RE: **SPAM?** Request to use published paper in my PhD thesis
De: "ICEIS Secretariat" <iceis.secretariat@insticc.org>
Data: Qui, Novembro 24, 2016 12:51 pm
Para: aprado@ic.unicamp.br
Prioridade: Normal
Create Filter: [Automatically](#) | [From](#) | [To](#) | [Subject](#)
Opções: [Ver cabeçalho completo](#) | [Ver Versão para Impressão](#) | [Baixar como um arquivo](#) | [Imprimir](#)

Dear Alysson Bolognesi Prado,

Thank you for your email.

Yes, you have the permission to use part (or the complete paper) in your PhD thesis as long as all the credits to the original publication is added too.

Best regards,
Vitor Pedrosa

-----Original Message-----
From: aprado@ic.unicamp.br [<mailto:aprado@ic.unicamp.br>]
Sent: terça-feira, 22 de novembro de 2016 16:37
To: iceis.secretariat@insticc.org
Subject: **SPAM?** Request to use published paper in my PhD thesis

Dear Sirs,

I am an author of the paper "Perspectives on Using Actor-Network Theory and Organizational Semiotics to Address Organizational Evolution", DOI 10.5220/0004437701730181 presented on the 15h International Conference on Enterprise Information Systems, ICEIS 2013.

I would like to ask permission to use it as part of my PhD thesis.

The paper would be included as a chapter, complete, with no alterations in content, and providing the full reference to the original publication site. Only typesetting and minor changings in format may be necessary.

Thanks in advance.

Best regards,

Alysson Bolognesi Prado
PhD student
Unicamp - Brazil.

Capítulo 4: Using stakeholder and pragmatic analyses to clarify the scenario of data sharing in scientific software. Anais da 17th International Conference on Informatics and Semiotics in Organisations (ICISO), IFIP WG8.1 Working Conference, Campinas, SP, 2016. DOI: 10.1007/978-3-319-42102-5_19



Title: Using Stakeholder and Pragmatic Analyses to Clarify the Scenario of Data Sharing in Scientific Software
Author: Alysson Bolognesi Prado
Publication: Springer eBook
Publisher: Springer
Date: Jan 1, 2016
 Copyright © 2016, IFIP International Federation for Information Processing

Logged in as:

Alysson Prado

Account #:

3001086338

LOGOUT

Order Completed

Thank you for your order.

This Agreement between Alysson Prado ("You") and Springer ("Springer") consists of your license details and the terms and conditions provided by Springer and Copyright Clearance Center.

Your confirmation email will contain your order number for future reference.

[Printable details.](#)

License Number	4020750480944
License date	Jan 02, 2017
Licensed Content Publisher	Springer
Licensed Content Publication	Springer eBook
Licensed Content Title	Using Stakeholder and Pragmatic Analyses to Clarify the Scenario of Data Sharing in Scientific Software
Licensed Content Author	Alysson Bolognesi Prado
Licensed Content Date	Jan 1, 2016
Type of Use	Thesis/Dissertation
Portion	Full text
Number of copies	10
Author of this Springer article	Yes and you are the sole author of the new work
Order reference number	
Title of your thesis / dissertation	UMA ANÁLISE DO PAPEL DE SISTEMAS COMPUTACIONAIS COMO MEDIADORES EM REDES SOCIOTÉCNICAS CIENTÍFICAS SOB A ÓTICA DA ACTOR-NETWORK THEORY
Expected completion date	Mar 2017
Estimated size(pages)	150
Requestor Location	Alysson Prado Rua da Reitoria, 191 Campinas, Sao Paulo 13083 -872 Brazil Attn: Alysson Prado

Capítulo 5: Representing Scientific Associations Through the Lens of Actor-Network Theory.
Fourth International Conference on Computational Aspects of Social Networks (CASoN)
2012. IEEE. DOI: 10.1109/CASoN.2012.6412383



The screenshot shows a web browser window titled "Rightslink® by Copyright Clearance Center - Mozilla Firefox". The address bar shows the URL: <https://s100.copyright.com/AppDispatchServlet#formTop>. The page features the Copyright Clearance Center logo and the RightsLink® logo. Navigation links include Home, Create Account, and Help. A chat bubble is also visible.

On the left, there is a blue box with the IEEE logo and the text: "Requesting permission to reuse content from an IEEE publication".

The main content area displays the following information:

- Title:** Representing scientific associations through the lens of Actor-Network Theory
- Conference Proceedings:** Computational Aspects of Social Networks (CASoN), 2012 Fourth International Conference on
- Author:** A. B. Prado
- Publisher:** IEEE
- Date:** Nov. 2012

Below this information, it says "Copyright © 2012, IEEE".

On the right, there is a "LOGIN" button and a text box that says: "If you're a copyright.com user, you can login to RightsLink using your copyright.com credentials. Already a RightsLink user or want to [learn more?](#)".

Thesis / Dissertation Reuse

The IEEE does not require individuals working on a thesis to obtain a formal reuse license, however, you may print out this statement to be used as a permission grant:

Requirements to be followed when using any portion (e.g., figure, graph, table, or textual material) of an IEEE copyrighted paper in a thesis:

- 1) In the case of textual material (e.g., using short quotes or referring to the work within these papers) users must give full credit to the original source (author, paper, publication) followed by the IEEE copyright line © 2011 IEEE.
- 2) In the case of illustrations or tabular material, we require that the copyright line © [Year of original publication] IEEE appear prominently with each reprinted figure and/or table.
- 3) If a substantial portion of the original paper is to be used, and if you are not the senior author, also obtain the senior author's approval.

Requirements to be followed when using an entire IEEE copyrighted paper in a thesis:

- 1) The following IEEE copyright/ credit notice should be placed prominently in the references: © [year of original publication] IEEE. Reprinted, with permission, from [author names, paper title, IEEE publication title, and month/year of publication]
- 2) Only the accepted version of an IEEE copyrighted paper can be used when posting the paper or your thesis on-line.
- 3) In placing the thesis on the author's university website, please display the following message in a prominent place on the website: In reference to IEEE copyrighted material which is used with permission in this thesis, the IEEE does not endorse any of [university/educational entity's name goes here]'s products or services. Internal or personal use of this material is permitted. If interested in reprinting/republishing IEEE copyrighted material for advertising or promotional purposes or for creating new collective works for resale or redistribution, please go to http://www.ieee.org/publications_standards/publications/rights/rights_link.html to learn how to obtain a License from RightsLink.

If applicable, University Microfilms and/or ProQuest Library, or the Archives of Canada may supply single copies of the dissertation.

At the bottom, there are two buttons: "BACK" and "CLOSE WINDOW".

Copyright © 2016 Copyright Clearance Center, Inc. All Rights Reserved. [Privacy statement](#). [Terms and Conditions](#).
Comments? We would like to hear from you. E-mail us at customercare@copyright.com

Capítulo 6: Expandindo revisões bibliográficas sistemáticas pela análise de redes sócio-técnicas científicas. XLI Seminário Integrado de Software e Hardware (SEMISH), Vol. 1, pp.1-10, Brasília, DF, Brasil, 2014. CSBC.

CONTRATO DE CESSÃO DE DIREITOS AUTORAIS

DAS PARTES

CESSIONÁRIO: **Sociedade Brasileira de Computação**, doravante denominada SBC, inscrita no CNPJ sob o no. 29.532.264/0001-78, Inscrição Estadual isenta e CCM sob o nº 18115128, com sede à Av. Bento Gonçalves, 9500 – Setor 4 – Sala 116 – Prédio 43424 – Agronomia – CEP 91501-970 – Porto Alegre – RS, neste ato representada por Maria da Graça Campos Pimentel e Marcus Vinícius Lamar, Coordenador do comitê de programa do evento **CSBC 2014 - SEMISH - XLI Seminário Integrado de Software e Hardware**. **CEDENTE(S):** **Alysson Bolognesi Prado, Maria Cecília Calani Baranauskas, Ig Ibert Bittencourt e Fabrício Matheus Gonçalves**, doravante denominado(s) autor(es).

DO OBJETO

TÍTULO DO ARTIGO (doravante denominado “a obra”): **Expandindo revisões bibliográficas sistemáticas pela análise de redes sócio-técnicas científicas**

NOME DA PUBLICAÇÃO: **CSBC 2014 - SEMISH - XLI Seminário Integrado de Software e Hardware**

O(s) autor(es) da obra transfere(m) os direitos autorais para a Sociedade Brasileira de Computação (SBC). O(s) autor(es) representa(m) e garante(m) que a obra é original e de sua (vossa) autoria, com a exceção de algumas passagens de texto, figuras e dados cuja a fonte esteja claramente referenciada, e acompanhadas da permissão de reprodução do material emitida pelos detentores dos direitos autorais quando necessário. O(s) autor(es) afirma(m) que ele(s) ou ela(s) têm o poder e autoridade para executar esta tarefas.

A SBC reconhece e retém os direitos descritos nos itens 1 e 2 e permite ao(s) autor(es) a utilização do material segundo os itens 3 e 4.

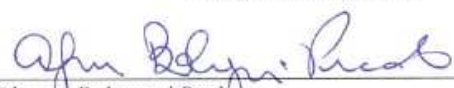
1. O(s) autor(es) retém todos os direitos proprietários sobre qualquer processo, procedimento ou artigo descrito na obra.
2. Em todos os casos não cobertos pelos itens 3 e 4, o(s) autor(es) devem solicitar permissão para reprodução da obra, incluindo figuras e tabelas, diretamente a SBC.
3. O(s) autor(es) podem reproduzir ou autorizar terceiros a reprodução de parte do material extraído desta obra, material extraído de forma *verbatim* ou derivados para o uso do(s) autor(es), uma vez que a fonte e os direitos da SBC sejam devidamente referenciados. As cópias não devem ser utilizadas de nenhum modo que implique o endosso da SBC. Cópias da obra não podem ser colocadas à venda sem a autorização expressa da SBC.
4. O(s) autor(es) podem distribuir de forma limitada todo ou partes da obra antes de sua publicação, desde de que informem a SBC da natureza da utilização, extensão e propósito da distribuição.

DO FORO

Para as questões resultantes deste contrato, será competente o Foro da Cidade de Porto Alegre - RS, renunciando as partes contratantes, desde logo, a qualquer outro, seja qual for a sua sede.

Campinas, 11/06/2014.

Assinatura Autorizada
Sociedade Brasileira de Computação


Alysson Bolognesi Prado

Apêndice A: Addressing structural and dynamic features of scientific social networks through the lens of Actor-Network Theory. Social Network Analysis and Mining, 2013. ISSN 1869-5450. Springer. DOI 10.1007/s13278-013-0139-3



Title: Addressing structural and dynamic features of scientific social networks through the lens of Actor-Network Theory
Author: Alysson Bolognesi Prado
Publication: Social Network Analysis and Mining
Publisher: Springer
Date: Jan 1, 2013
 Copyright © 2013, Springer-Verlag Wien

Logged in as:

Alysson Prado

Account #:
3001086338

LOGOUT

Order Completed

Thank you for your order.

This Agreement between Alysson Prado ("You") and Springer ("Springer") consists of your license details and the terms and conditions provided by Springer and Copyright Clearance Center.

Your confirmation email will contain your order number for future reference.

[Printable details.](#)

License Number	4020760405014
License date	Jan 02, 2017
Licensed Content Publisher	Springer
Licensed Content Publication	Social Network Analysis and Mining
Licensed Content Title	Addressing structural and dynamic features of scientific social networks through the lens of Actor-Network Theory
Licensed Content Author	Alysson Bolognesi Prado
Licensed Content Date	Jan 1, 2013
Licensed Content Volume	3
Licensed Content Issue	4
Type of Use	Thesis/Dissertation
Portion	Full text
Number of copies	10
Author of this Springer article	Yes and you are the sole author of the new work
Order reference number	
Title of your thesis / dissertation	UMA ANÁLISE DO PAPEL DE SISTEMAS COMPUTACIONAIS COMO MEDIADORES EM REDES SOCIOTÉCNICAS CIENTÍFICAS SOB A ÓTICA DA ACTO-NETWORK THEORY
Expected completion date	Mar 2017
Estimated size(pages)	150
Requestor Location	Alysson Prado Rua da Reitoria, 191 Campinas, Sao Paulo 13083 -872 Brazil Attn: Alysson Prado

Apêndice D – Apoio financeiro para os artigos incluídos na tese

Capítulo 4

We thank the Brazilian Research Foundation CNPq (Grant # 308618/2014-9). The opinions expressed in this work do not necessarily reflect those of the funding agencies.

Capítulo 5

This work is part of the Eco-Web project, funded by CNPq through the process 560044/2010-0, being also partially supported by IC/Proap and PRP/Faepex.

Capítulo 6

Este trabalho recebeu apoio financeiro parcial da AFPU/Unicamp e IC/Unicamp.

Apêndice A

This work is part of the Eco-Web project, funded by CNPq through the process 560044/2010-0, being also partially supported by IC/Proap and PRP/Faepex.

Apêndice E – Definição formal de interesses em uma rede de atores

Um fenômeno sociotécnico F é caracterizado a partir de um conjunto de atores: $A = \{a_1, \dots, a_n\}$. Atores podem ser humanos (AH) ou não-humanos (AN), $A = AH \cup AN$, $AH \cap AN = \emptyset$.

Dois atores a_i e a_j apresentam uma associação e_{ij} quando há alguma forma de interação entre a_i e a_j , de tal modo que a_i influencia no comportamento de a_j . Seja $E = \{e_1, \dots, e_m\}$ o conjunto destas associações. Uma influência pode ser representada por uma norma (Capítulo 3) de modo que seu identificador id é um rótulo para e_{ij} .

Uma rede de atores ANT é um grafo orientado onde os vértices são atores e as arestas são associações: $ANT = (A, E)$.

Um diagrama de *stakeholders* é uma representação gráfica de F , composta por camadas que correspondem a sub-conjuntos:

- $CT \subset A$ – camada de tecnologia;
- $CO \subset A$ – camada de operação;
- $CC \subset A$ – camada de contribuição;
- $CF \subset A$ – camada de fornecedores;
- $CM \subset A$ – camada de mercado;
- $CS \subset A$ – camada da sociedade.

O interesse de um ator a_1 em influenciar o comportamento de outro ator a_n é expresso pelo caminho $P = (a_1, a_2, \dots, a_k, \dots, a_{n-1}, a_n)$ em que existem influências e_k relacionando cada ator a_{k-1} ao seu subsequente a_k , de modo que id é um rótulo de e_k . A origem dos interesses a_1 deve ser um ator humano: $a_1 \in AH$.

Índice Remissivo

- Actor-Network Theory, 26, **32**, 59, 70, 81, 92
affordance, 27, 43, 52, 110
 agência (sociologia), 31, 57
 Akrich, 34
 Appelbe & Bannon, 69
 associações, **33**
 cadeia, 34
 características, 81
 com benefício mútuo, 33, 104
 durabilidade, 138
 ator, **33**, 60
 axiologia, 44
betweenness centrality, 83, 95
 Bloor, 45
 Borgman, 21, 22, 69, 71, 75, 78, 102
 Bourdieu, 32
 BrOffice, 36
 caixa-preta, 40
 Cognição Distribuída, 105
 compartilhamento de dados científicos, 21, 71
 comportamento, 26, **63**
 Design Participativo, 105
 Durkheim, 57
 Engenharia Semiótica, 55
 epistemologia, 46
 proposta, 52
 eResearch. *Consulte* Appelbe & Bannon
 escada semiótica, 54, 59
e-science, 21, 74, 102
 Escola de Edinburgo, 45
 estrutura (sociologia), 31, 57
 estruturacionismo, 32
 fato científico, 24, 92, 102
 fatores humanos, 33
 Gibson, 27, 43
 Giddens. *Consulte* estruturacionismo
Grounded Theory, 105
 inscrição, 42
 interesses, 26, 63
 intermediário, **42**, 60
 Jano, 62
 Kuhn, 45
 Lavoisier, 93
 mediador, **42**, 60
 desenvolvedor como, 68
 software como, 54, 110
 Merton, 21
 método Prisma, 93
 metodologia, 49
 proposta, 63
 Netscape, 38
 norma, 58
 sintaxe estendida, 63
 ontologia, 43
 Palm Pilot, 34
 planificação ontológica, 40
 Programa Forte, 45
 Quid (software), **91**, 104, 111
 arquitetura, 97
 diagrama de classes, 111
 interface de usuário, 98, 108
 rede, **36**, 96
 Seek (software), 69
 Semiótica Organizacional, 26, **31**, 58
 Socially-Aware Computing, **31**, 103
 sociograma, 85
spring forces, 83, 97
stakeholder, 53
 como ator, 53
 diagrama, 50, 73
 START (software), 94
 Teoria da Atividade, 105
 teoria do *habitus*, 32
 teoria dos jogos, 110
 translação, **35**, 60
 fases, 35
 modos, 36
 Web 2.0, 21, 79
 Wi-Fi, 39