

**TIAMAT: UM *FRAMEWORK* PARA APOIAR A INTEGRAÇÃO DE MÉTODOS DE
PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA**

Carlos Eduardo Barbosa

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de
Pós-graduação em Engenharia de Sistemas e
Computação, COPPE, da Universidade Federal
do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos
necessários à obtenção do título de Doutor em
Engenharia de Sistemas e Computação.

Orientador: Jano Moreira de Souza

Rio de Janeiro

Março de 2018

TIAMAT: UM *FRAMEWORK* PARA APOIAR A INTEGRAÇÃO DE MÉTODOS DE
PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA

Carlos Eduardo Barbosa

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE SISTEMAS E COMPUTAÇÃO.

Examinada por:

Prof. Jano Moreira de Souza, Ph.D.

Prof.^a Adelaide Maria Souza Antunes, D.Sc.

Prof. Marcos do Couto Bezerra Cavalcanti, Ph.D.

Prof. Geraldo Bonorino Xexéo, D.Sc.

Prof.^a Jonice de Oliveira Sampaio, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

MARÇO DE 2018

Barbosa, Carlos Eduardo

TIAMAT: um *framework* para apoiar a integração de métodos de Prospecção Tecnológica / Carlos Eduardo Barbosa. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2018.

XV, 159 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Jano Moreira de Souza

Tese (doutorado) – UFRJ / COPPE / Programa de Engenharia de Sistemas e Computação, 2018.

Referências Bibliográficas: p. 143-159.

1. Prospecção Tecnológica. 2. Aplicação Organizacional. 3. Integração de métodos de prospecção tecnológica. I. Souza, Jano Moreira de *et al.* II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Sistemas e Computação. III. Título.

Aos meus filhos Lucas e Matheus

Agradecimentos

A minha esposa Cinthia, meu porto seguro, pelo apoio, amor e principalmente pela compreensão em todos os momentos.

Aos meus pais e irmão, pelo carinho e motivação.

Aos meus tios, que sempre torceram e acreditaram em mim.

A toda a minha família, pelos pensamentos positivos.

Aos professores Geraldo Xexéo e Jonice Oliveira, pela participação na minha banca e pelas valiosas contribuições realizadas durante meu período na UFRJ.

Aos professores Adelaide Antunes e Marcos Cavalcanti, que generosamente cederem o seu tempo e aceitaram fazer parte desta banca.

Aos amigos alunos do PESC, pela convivência e amizade.

A todos aqueles que participaram de *brainstormings* e experimentos do TIAMAT, pelo tempo, empenho e seriedade dedicados. Em especial aos colegas Daniel Schneider, Gilda Esteves, Luiz Felipe Oliveira, Marcio Antelio, Matheus Emerick, Rogério Borba, Vanessa Epelbaum, e Yuri Lima; e a todos os alunos aos quais tive o prazer de supervisionar.

Aos funcionários do PESC, em especial à Cláudia Prata, Solange Santos, Maria Mercedes, Patrícia Leal e Ana Paula Rabello, pelo apoio e pelos serviços prestados ao longo de todo o período.

Ao meu orientador Jano Moreira de Souza, pela disponibilidade, confiança, compreensão e paciência demonstrados nesses anos em que trabalhamos juntos.

E aos demais professores, colegas e funcionários do PESC, e a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a elaboração deste trabalho.

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências (D.Sc.)

TIAMAT: UM *FRAMEWORK* PARA APOIAR A INTEGRAÇÃO DE MÉTODOS DE PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA

Carlos Eduardo Barbosa

Março/2018

Orientador: Jano Moreira de Souza

Programa: Engenharia de Sistemas e Computação

Diversas organizações possuem setores de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) espalhados ao redor do mundo, abrangendo diferentes áreas de pesquisa. Uma série de fatores levaram estas organizações a se difundir em diferentes cidades e países. Impostos mais baixos, redução dos custos de pesquisa, disponibilidade de trabalhadores qualificados e proximidade com a região de interesse são motivos mais comuns para as empresas atuarem fora de sua sede. Além desses fatores, a inovação em diversas etapas do processo produtivo estimulou a criação de centros de P&D especializados, e igualmente distribuídos. Sendo assim, se torna necessário coordenar a colaboração de diversos pesquisadores localizados em centros de P&D distribuídos durante uma Prospecção Tecnológica (*Future-oriented Technology Analysis* - FTA) – um conjunto de métodos voltados para a análise do futuro de tecnologias e seus impactos, utilizado como ferramenta de planejamento estratégico organizacional. Este trabalho propõe um *framework* de FTA para apoiar organizações, chamado TIAMAT, que realiza a gestão estratégica dos centros de P&D distribuídos. A principal contribuição do TIAMAT é gerenciar um processo padronizado de FTA dentro de uma organização. O *framework* proposto foi projetado para ser instanciado em diversos tipos de organizações, sejam públicas ou privadas. O TIAMAT foi implementado e avaliado, proporcionando o apoio ao FTA realizado de forma distribuída de maneira adequada.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Science (D.Sc.)

**TIAMAT: A FRAMEWORK TO SUPPORT THE METHODS INTEGRATION IN
FUTURE-ORIENTED TECHNOLOGY ANALYSIS**

Carlos Eduardo Barbosa

March/2018

Advisor: Jano Moreira de Souza

Department: Systems Engineering and Computing

There are several organizations with Research and Development (R&D) sectors spread around the world, covering several research areas. There are a number of factors which led these organizations to be spread in several cities and countries: lower taxes, reduced research costs, the availability of qualified employees, and proximity to the region of interest are common reasons for companies researching outside their headquarters. Beyond such factors, innovation in different production process stages stimulated the creation of specialized research centers, which are also spread. Therefore, it becomes necessary to coordinate the collaboration of several researchers working in distributed R&D centers performing a Future-oriented Technology Analysis (FTA) – a set of methods focused in analyze the future of technologies and their impacts, used as organizational strategic planning tool. This work proposes an FTA framework for organizations, named TIAMAT, which performs strategic management of distributed R&D centers. TIAMAT's main contribution is the standardized FTA process inside the organization. The proposed framework was designed to be instanced in several types of organizations, public or private. TIAMAT was implemented and evaluated, supporting distributed FTA as designed.

Sumário

Capítulo 1 – Introdução.....	1
1.1. Objetivos da Pesquisa e sua Relevância.....	3
1.1.1. Questões de Pesquisa.....	4
1.2. Solução Proposta	4
1.3. Metodologia.....	5
1.4. Organização da Tese.....	6
Capítulo 2 – <i>Future-oriented Technology Analysis</i>.....	8
2.1. História	8
2.2. Aplicações	8
2.3. Tipos de FTA.....	9
2.3.1. <i>Technology Forecasting</i>	9
2.3.2. <i>Foresight</i>	10
2.3.3. <i>Technology Assessment</i>	10
2.4. Classificação dos métodos de FTA	10
2.4.1. Pela sua Natureza	11
2.4.2. Por Abordagem.....	11
2.4.3. Pela sua Capacidade	11
2.4.4. Por Famílias de Métodos	12
2.4.4.1. Métodos de Criatividade	12
2.4.4.2. Métodos Descritivos e Matrizes	12
2.4.4.3. Métodos Estatísticos.....	13
2.4.4.4. Métodos de Opinião de Especialistas	13
2.4.4.5. Métodos de Monitoramento e Inteligência.....	13
2.4.4.6. Métodos de Modelagem e Simulação	14
2.4.4.7. Métodos de Cenários	14
2.4.4.8. Métodos de Análise de Tendências	14
2.4.4.9. Métodos de Avaliação e Decisão	14
2.5. Métodos de FTA.....	14
2.5.1. Análise Bibliométrica.....	15
2.5.2. Análise das Ondas Longas	16
2.5.3. Análise de Ação.....	17
2.5.4. Análise de Correlação	18
2.5.5. Análise de Custo-Benefício.....	18
2.5.6. Análise de Decisão	19
2.5.7. Análise de Decisão Multicritério.....	20

2.5.8.	Análise de Ficção Científica.....	21
2.5.9.	Análise de Impacto Cruzado	22
2.5.10.	Análise de Impacto de Tendências	23
2.5.11.	Análise de Mitigação.....	25
2.5.12.	Análise de Opções	26
2.5.13.	Análise de Precursores	28
2.5.14.	Análise de Risco	29
2.5.15.	Análise Demográfica.....	29
2.5.16.	Análise dos <i>Stakeholders</i>	30
2.5.17.	Análise Morfológica.....	31
2.5.18.	Análise Organizacional	32
2.5.19.	Analogias.....	32
2.5.20.	Árvore de Relevância	33
2.5.21.	Avaliação de Múltiplas Perspectivas.....	34
2.5.22.	Avaliação de Tecnologia	35
2.5.23.	Avaliação do Ciclo de Vida.....	36
2.5.24.	Avaliação do Impacto Social.....	37
2.5.25.	<i>Backcasting</i>	38
2.5.26.	<i>Brainstorming</i>	39
2.5.27.	<i>Brainwriting</i>	39
2.5.28.	Cenários.....	40
2.5.29.	<i>Checklists</i> para Identificação de Impactos	40
2.5.30.	<i>Delphi</i>	41
2.5.31.	Entrevistas	42
2.5.32.	Extrapolação de Tendências	43
2.5.33.	<i>Field Anomaly Relaxation</i> (FAR).....	44
2.5.34.	<i>Futures Wheel</i>	45
2.5.35.	Geração de Visão (Futuros Aspiracionais).....	47
2.5.36.	Grupos Focais.....	47
2.5.37.	Índice do Estado do Futuro	48
2.5.38.	Modelagem Baseada em Agentes.....	49
2.5.39.	Modelos Causais.....	50
2.5.40.	Modelos de Base Econômica	51
2.5.41.	Modelos de Difusão.....	51
2.5.42.	Monitoramento do Ambiente Organizacional	52
2.5.43.	PATTERN	53
2.5.44.	Processo Analítico Hierárquico (AHP)	55

2.5.45. <i>Roadmapping</i>	55
2.5.46. Simulação de Cenários (Jogos de Simulação).....	56
2.5.47. Simulação de Sistemas (Dinâmica de Sistemas)	57
2.5.48. Sistemas Adaptativos Complexos (CAS).....	58
2.5.49. Substituição Tecnológica	59
2.5.50. SWOT.....	60
2.5.51. Técnica de Grupo Nominal	61
2.5.52. Técnicas Participativas	62
2.5.53. TRIZ	62
2.5.54. <i>Workshop</i> de Criatividade	64
2.5.55. <i>Workshop</i> de Futuro	64
Capítulo 3 – Estudo exploratório sobre plataformas de FTA	67
3.1. Análise das Plataformas de FTA	67
3.1.1. Autobox	68
3.1.2. Forecast Pro	68
3.1.3. LexisNexis PatentStrategies	69
3.1.4. SAS Forecast Server.....	70
3.1.5. STN AnaVist	70
3.1.6. Thomson Innovation.....	71
3.1.7. VantagePoint	72
3.2. Categorização das Plataformas de FTA	72
3.3. Plataformas de FTA nas Publicações Científicas	73
Capítulo 4 – O Modelo TIAMAT	77
4.1. Estrutura Organizacional Interna.....	78
4.2. Interfaces com o Ambiente Externo	80
4.3. Instância: Empresa Farmacêutica Fictícia P	84
Capítulo 5 – O Processo TIAMAT	88
5.1. Abordagens para Seleção de Métodos de FTA	92
5.1.1. Foresight Diamond	92
5.1.2. Abordagem de LEVARY e HAN.....	93
5.2. O impacto da ordem dos métodos de FTA	95
5.3. Responsabilidades na Execução de um <i>Workflow</i>	98
5.4. Instância: Empresa Farmacêutica Fictícia P	99
Capítulo 6 – A Implementação do TIAMAT	102
6.1. A Arquitetura do TIAMAT	103
6.2. A Modelagem do TIAMAT.....	109
6.2.1. Diagrama de Casos de Uso do TIAMAT	109

6.2.2.	Diagrama de Classes do TIAMAT	110
6.2.3.	Diagramas de Atividades do TIAMAT	111
6.2.4.	Diagrama de Máquina de Estados do <i>Workflow</i> do TIAMAT	113
6.3.	Diagrama do Banco de Dados do TIAMAT.....	114
Capítulo 7 – Avaliação do TIAMAT.....		115
7.1.	Metodologia.....	115
7.2.	Avaliação dos Conceitos	117
7.3.	Avaliação do Modelo	118
7.3.1.	Marinha do Brasil (Cenário Ilustrativo)	118
7.3.2.	Laboratório do Futuro (Estudo de Caso).....	119
7.4.	Avaliação do Processo.....	120
7.4.1.	Marinha do Brasil (Cenário Ilustrativo)	121
7.4.2.	Laboratório do Futuro (Estudo de Caso).....	123
7.5.	Avaliação da Implementação	125
7.5.1.	CAPGov	126
7.5.1.1.	<i>Descobertas Principais</i>	127
7.5.2.	Marinha do Brasil.....	128
7.5.2.1.	<i>Descobertas Principais</i>	130
7.5.3.	Laboratório do Futuro	130
7.5.3.1.	<i>Descobertas Principais</i>	132
7.5.4.	Problemas Ocorridos nos Estudos de Caso	134
Capítulo 8 – Considerações Finais		136
8.1.	Epílogo	136
8.2.	Revisitando as Questões de Pesquisa	137
8.3.	Contribuições.....	138
8.4.	Limitações	140
8.5.	Trabalhos Futuros.....	142
Referências Bibliográficas		143

Lista de Figuras

Figura 1. Exemplo de representação de um método de FTA por sua capacidade.....	12
Figura 2. Composição de duas variáveis usando soma dos ciclos acrescidos de erro aleatório (variância de 0,25), adaptado de DE GROOT e FRANSES (2008).....	16
Figura 3. Diagrama funcional do processo básico de ação, adaptado de SEAMANS JR. (1969).	17
Figura 4. Diagrama de Influência para uma decisão de investimento, adaptado de CLEMEN e REILLY (2001).....	19
Figura 5. Árvore de decisão para uma decisão de investimento, adaptado de CLEMEN e REILLY (2001).	20
Figura 6. Matrizes de impacto cruzado: com indicadores de relacionamento (à esquerda), e com probabilidades estimadas (direita), adaptado de GORDON e HAYWARD (1968).....	23
Figura 7. Parâmetros típicos de impacto de eventos. Adaptado de GORDON (2003a).	24
Figura 8. Um <i>morphological box</i> de 3 parâmetros (100 configurações), baseado em RITCHEY (1998).	31
Figura 9. Árvore de Relevância aplicada à criação de carros elétricos. Adaptada de MARTINO (1993).	34
Figura 10. Avaliação de Múltiplas Perspectivas, adaptado de LINSTONE et al. (1981).	35
Figura 11. <i>Framework</i> de Avaliação do Ciclo de Vida, adaptado de ISO 14040 (2006).	37
Figura 12. O Processo <i>Delphi</i> , adaptado de MCCOY, THABET e BADINELLI (2009).	42
Figura 13. Exemplo de Extrapolação de Tendências, adaptado de NUTT et al. (1976).	44
Figura 14. O ciclo FAR, adaptado de RHYNE (1995).....	45
Figura 15. A notação tradicional da Futures Wheel, os anéis pontilhados são opcionais.	46
Figura 16. A notação alternativa do Futures Wheel.	46
Figura 17. Exemplo de índice para um gráfico SOFI global. Adaptado de GLENN e GORDON (2006).	49
Figura 18. O número acumulado de adeptos (cima) e a taxa de adoção (baixo) de uma nova tecnologia ao longo do tempo.....	52
Figura 19. A hierarquia AHP, adaptada de RAZMI, RAHNEJAT e KHAN (2000)....	55
Figura 20. Substituição Tecnológica simples de múltiplas gerações.	60
Figura 21. Matriz TOWS. Adaptado de DYSON (2004).	61
Figura 22. Estrutura de um <i>Workshop</i> de Criatividade, adaptado de GESCHKA (1986).	64
Figura 23. Análise temporal dos artigos publicados até 2016.....	76
Figura 24. Hierarquia genérica de uma organização de P&D distribuída.....	79
Figura 25. Granularidade pessoal com dois níveis de hierarquia.	80
Figura 26. O Modelo TIAMAT.....	83
Figura 27. Modelo TIAMAT instanciado para a empresa fictícia P.	84
Figura 28. Ecossistema de P&D da Pfizer, extraído de PFIZER INC. (2015b).....	86
Figura 29. O processo FTA derivado do <i>framework</i> TIAMAT.	89
Figura 30. O subprocesso de definição do FTA do <i>framework</i> TIAMAT.	89
Figura 31. O subprocesso de execução de método de FTA do <i>framework</i> TIAMAT....	90
Figura 32. <i>Foresight Diamond</i> , adaptado de POPPER (2008).....	92
Figura 33. Exemplo de <i>workflow</i> de FTA.	96

Figura 34. Exemplo de melhoria do <i>workflow</i> de FTA	98
Figura 35. Instância do processo TIAMAT aplicado à empresa farmacêutica fictícia P.	100
Figura 36. Tela inicial do TIAMAT	102
Figura 37. Camadas da arquitetura do TIAMAT	103
Figura 38. A Arquitetura do TIAMAT	104
Figura 39. Edição de perfil do usuário	104
Figura 40. Edição administrativa de perfis de usuários.....	105
Figura 41. <i>Workflow</i> de FTA no TIAMAT	106
Figura 42. Método Análise de Opções no TIAMAT.....	107
Figura 43. Método <i>Roadmapping</i> no TIAMAT	107
Figura 44. Diagrama de Casos de Uso do TIAMAT	109
Figura 45. Diagrama de Classes do TIAMAT.....	111
Figura 46. Diagrama de atividades do TIAMAT	112
Figura 47. Diagrama de máquina de estados do <i>workflow</i> do TIAMAT	113
Figura 48. Diagrama de máquina de estados dos métodos de um <i>workflow</i> do TIAMAT.	113
Figura 49. Diagrama Entidade Relacionamento do banco de dados do TIAMAT.....	114
Figura 50. Metodologia de Avaliação da Pesquisa do TIAMAT	115
Figura 51. Metodologia de Avaliação do TIAMAT.....	116
Figura 52. Modelo TIAMAT instanciado para a Marinha do Brasil.....	119
Figura 53. Modelo TIAMAT instanciado para o Laboratório do Futuro da UFRJ	120
Figura 54. Processo TIAMAT instanciado para a Marinha do Brasil	122
Figura 55. Processo TIAMAT instanciado para o Laboratório do Futuro da UFRJ ...	124
Figura 56. <i>Workflow</i> utilizado no TIAMAT em LIMA et al. (2017).....	126
Figura 57. <i>Workflow</i> utilizado no TIAMAT em OLIVEIRA et al. (2017)	129
Figura 58. <i>Workflow</i> utilizado no TIAMAT em BARBOSA et al. (2017b)	131

Lista de Tabelas

Tabela 1. Exemplo alternativo de TIA. Adaptado de GORDON (2003a)	24
Tabela 2. Exemplo de critérios de avaliação em uma Análise de Opções, adaptado de REFORMKOMPASS (2014)	27
Tabela 3. Categorias de plataformas de FTA.....	73
Tabela 4. Menções às plataformas nos <i>journals Technological Forecasting and Social Change</i> (TFSC) e <i>Futures</i>	74
Tabela 5. Análise das menções realizadas.	75
Tabela 6. Compatibilização das terminologias entre o modelo TIAMAT e o Ecossistema de P&D da Pfizer	87
Tabela 7. Pré-requisitos para o uso de métodos de FTA específicos, adaptado de LEVARY e HAN (1995).....	94
Tabela 8. Resumo dos métodos mais apropriados para combinações de fatores que afetam um método de FTA, adaptado de LEVARY e HAN (1995).	95
Tabela 9. Descrição dos Casos de Uso do TIAMAT.	110
Tabela 10. Descrição das Classes do TIAMAT.	111
Tabela 11. Descrição das Atividades do TIAMAT.....	112
Tabela 12. Resumo dos problemas identificados no TIAMAT.....	134
Tabela 13. Resumo dos problemas relatados nos métodos do TIAMAT.....	135
Tabela 14. Publicações realizadas durante a pesquisa do doutorado.....	140

Lista de Acrônimos e Siglas

- AHP - *Analytical Hierarchy Process* (Processo Analítico Hierárquico)
- ARIMA - *Autoregressive Integrated Moving Average*
- BPMN - *Business Process Model and Notation*
- CAPGov - Centro de Apoio a Políticas de Governo
- CAS - *Complex Adaptive System* (Sistema Adaptativo Complexo)
- CASNAV - Centro de Análises de Sistemas Navais
- CIA - *Cross-Impact Analysis* (Análise de Impacto Cruzado)
- CTMRJ - Centro Tecnológico da Marinha no Rio de Janeiro
- DEA - *Data Envelopment Analysis*
- DGDNTM - Diretoria-Geral de Desenvolvimento Nuclear e Tecnológico da Marinha
- DWPI - *Derwent World Patents Index*
- EIA - *Environmental Impact Assessment* (Avaliação de Impacto Ambiental)
- FAR - *Field Anomaly Relaxation*
- FDA - *Food and Drug Administration*
- FTA - *Future-oriented Technology Analysis*
- IAF - *Institute for Alternative Futures*
- IC - Inteligência Competitiva
- ICT - Instituições Científicas e Tecnológicas
- IFR - *Ideal Final Result* (Resultado Final Ideal)
- IPqM - Instituto de Pesquisas da Marinha
- ISO - *International Organization for Standardization*
- MDA - *Multicriteria Decision Analysis* (Análise de Decisão Multicritério)
- NCATS - *National Center for Advancing Translational Sciences*
- NGT - *Nominal Group Technique* (Técnica de Grupo Nominal)
- OM - Organizações Militares
- OTA - *US Office of Technology Assessment*
- P&D - Pesquisa e Desenvolvimento
- PATTERN - *Planning Assistance Through Technical Evaluation of Relevance Numbers*
- PI - Propriedade Intelectual
- PRIME - *Preference Ratios In Multiattribute Evaluation*
- QP - *Questão de Pesquisa*
- SCI - *Science Citation Index*
- SADD - Sistema de Apoio à Decisão Distribuída
- SFP - *Science Fiction Prototyping*
- SIA - *Social Impact Assessment* (Avaliação do Impacto Social)
- SMART - *Simple Multi-Attribute Rating Technique*
- SOFI - *State of the Future Index*
- STN - *Scientific and Technical information Network*
- SWOT - *Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats*
- TA - *Technology Assessment*
- TECH OASIS - *Technology Opportunities Analysis of Scientific Information System*
- TFSC - *Technological Forecasting and Social Change*
- TI - Tecnologia da Informação
- TIA - *Trend Impact Analysis* (Análise de Impacto de Tendências)
- TOA - *Technology Opportunities Analysis*
- TRIZ - *Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch* (Teoria da Resolução Inventiva de Problemas)
- UML - *Unified Modeling Language* (Linguagem de Modelagem Unificada)

Capítulo 1 – Introdução

Organizações com setores de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) distribuído são cada vez mais comuns (MONCADA-PATERNO-CASTELLO; VIVARELLI; VOIGT, 2011) (GALINA; MOURA, 2013) (HUI; KIGGUNDU, 2011). Nas organizações multinacionais, os setores de P&D internacionais deixaram de realizar um papel periférico e começaram a realizar um papel central nos seus processos de inovação (HUI; KIGGUNDU, 2011). Vários fatores têm levado à propagação dos setores de P&D, contudo os principais são: busca por pesquisadores altamente especializados, atender as demandas de mercados em rápida expansão, e redução dos custos de pesquisa (BORZO; LOFTHOUSE, 2004). Segundo FLORIDA (1997), os fatores que levam as organizações a internacionalizar seus setores de P&D podem ser classificados como fatores de mercado e fatores de tecnologia. Já GAMMELTOFT (2006) oferece uma classificação mais detalhada desses fatores de internacionalização, que são: fatores de mercado (motivado pelo tamanho e proximidade do mercado, melhorando seu tempo de resposta e relevância), fatores de produção (apoiando as operações de fabricação locais), fatores de tecnologia (entender e aproveitar de recursos de ciência e tecnologia estrangeiros, monitorar competidores, e adquirir *expertise*, conhecimento e tecnologias locais), fatores de inovação (agilizar o fluxo de ideias, processos e produtos, aproveitando as vantagens específicas do local na divisão internacional de trabalho entre os setores de P&D), fatores de custo (aproveitar as diferenças de custo), e fatores de política (aproveitar incentivos governamentais e diferenças em impostos).

Com o passar do tempo, essas organizações de P&D tendem a crescer, o que pode gerar tanto um aprofundamento – ou especialização em detalhes específicos – das áreas de pesquisa, quanto o desbravamento de novas áreas, não necessariamente relacionadas com as áreas de pesquisa atuais. Ambos os processos podem levar a um aumento da hierarquização das organizações. Esse aumento de complexidade da organização aumenta a dificuldade para coordenar pesquisadores e criar iniciativas multidisciplinares, tornando mais difícil para a organização encontrar sinergias internas e aproveitar oportunidades externas.

Uma organização distribuída em vários locais pode responder mais rapidamente às necessidades do mercado. Por outro lado, a organização perde eficiência na comunicação entre a hierarquia superior da organização (que fica localizada na sua

sede) e os centros de P&D, dificultando o seu controle e coordenação. As iniciativas de *downsizing* organizacional (LITTLER; INNES, 2004) (TYLER; WILKINSON, 2007) incluem o achatamento das hierarquias, contudo, este achatamento não necessariamente é capaz de resolver este tipo de problema de comunicação. Em organizações distribuídas, o processo de tomada de decisão sobre os setores de P&D com relação às prioridades de pesquisa, novas oportunidades tecnológicas e *joint ventures* – entre setores ou organizações – deveria ser afetado pela opinião proveniente dos setores de P&D relevantes. Contudo, à medida que a empresa cresce, os tomadores de decisão ficam mais distantes dos setores de P&D, o que pode levar à miopia organizacional (CATINO, 2013). Para enfrentar esse problema, é desejável estimular a participação de todos os níveis hierárquicos relevantes para uma decisão em relação à P&D organizacional. Desta forma, é necessário criar um arcabouço que permita à organização incluir os pesquisadores durante o processo de tomada de decisão.

A colaboração dos pesquisadores no processo decisório pode aumentar a qualidade das decisões realizadas por dois motivos: por levar em consideração dados técnicos que podem estar inacessíveis aos decisores, e por, considerar muitas opiniões, o processo decisório pode ser beneficiado pelo conceito de *sabedoria das multidões* (SUROWIECKI, 2005) em organizações com grande número de membros. Alguns exemplos de decisões típicas que podem ser auxiliadas pelos pesquisadores são: definir quais tecnologias emergentes que tem potencial de afetar profundamente a organização, definir priorização de investimento entre um grupo seletivo de tecnologias, definir ações futuras da organização que são altamente dependentes das ações de P&D dos concorrentes, definir quais são os potenciais produtos inovadores a partir de tendências de mercado e monitoramento da concorrência. A relevância deste problema está relacionada à perda de competitividade da organização devido à dificuldade em disponibilizar indícios técnicos ao tomador de decisão – ocasionando uma dificuldade em gerar inovações e o consequente prejuízo financeiro em longo prazo, que pode inclusive ameaçar a sobrevivência do negócio.

O *Future-oriented Technology Analysis* (FTA) é a coleção de diversos métodos e práticas sistemáticas para analisar tecnologias emergentes, caminhos de desenvolvimento, e impactos potenciais de uma tecnologia no futuro (PORTER et al., 2004). O FTA oferece ferramentas que permitem uma compreensão mais profunda dos rumos das pesquisas nas organizações e de encontrar novas oportunidades no mercado (JOHNSTON, 2008), fornecendo meios para que o conhecimento sobre os impactos

futuros – mercadológicos, sociais, ambientais – de uma tecnologia esteja acessível durante o processo de tomada de decisão, atuando principalmente na priorização de investimentos de organizações. Analisar o futuro é importante devido a sua incerteza e pelas consequências de sua disruptão. Governos também usam FTA para a definição de Políticas Públicas – isto é, a criação de novas leis ou regulamentações, geralmente relacionadas à algum impacto ambiental de uma tecnologia específica ou de alguma nova obra. O FTA é uma ferramenta importante na Inteligência Competitiva (IC) de uma organização por ser capaz de identificar tendências de mercado, prover análises estratégicas, encontrar oportunidades e mapear riscos potenciais através de suas metodologias – desta forma, permitindo um maior entendimento por parte da organização sobre o que ocorre no seu ambiente externo.

O FTA pode ser visto como um paradigma que utiliza métodos pré-definidos para analisar um problema ou situação, com base em dois componentes: tecnologia e futuro. O FTA pode indicar as mudanças ambientais externas à organização com antecedência, permitindo que a mesma se adapte com rapidez. Essa característica do FTA também pode ser utilizada para facilitar a inovação. Desta forma, podemos observar que a utilização de FTA nas organizações com centros de P&D distribuídos tem o potencial de trazer benefícios à organização. Contudo, o FTA não é facilmente coordenável quando executado de maneira distribuída, principalmente nas etapas que envolvem a análise de uma grande quantidade de informações. Este problema se agrava com o aumento significativo da quantidade de dados gerados, armazenados e utilizados nas pesquisas científicas atuais – quantidade massiva de informação que, inclusive, originou o conceito de Big Data (GEORGE; HAAS; PENTLAND, 2014). Assim, o objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de um modelo decisório, denominado TIAMAT, onde o FTA é aplicado em organizações (em especial as que realizam P&D) de forma a permitir que grupos de pesquisadores distribuídos geograficamente produzam colaborativamente subsídios aos tomadores de decisão sobre impactos futuros de tecnologias.

1.1. Objetivos da Pesquisa e sua Relevância

O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de um arcabouço metodológico de FTA distribuído, aplicado à organizações que possuem centros de P&D, permitindo assim que os pesquisadores geograficamente distribuídos participem na estratégia da

organização. Para atingir esse objetivo, se torna necessário atingir os seguintes objetivos específicos:

- Analisar os mecanismos do funcionamento do FTA.
- Analisar os métodos de FTA existentes.
- Analisar como o FTA é apoiado atualmente.
- Propor um modelo para descrever o FTA em organizações com centros de P&D distribuídos.
- Propor um processo de realização de FTA de forma distribuída, que seja compatível com o modelo proposto.
- Validar as propostas de modelo e de processo através da sua instanciação.

A relevância da pesquisa está relacionada ao fato dos seus produtos finais possuírem utilidade prática para organizações, e pelo ineditismo de sua abordagem. A solução proposta neste trabalho é focada na execução colaborativa de *workflows* de métodos de FTA – as abordagens da literatura se limitam a combinar poucos métodos de FTA, sem uma preocupação maior com o seu encadeamento ou distribuição das atividades.

1.1.1.Questões de Pesquisa

Visando clarificar o objetivo descrito acima, é proposto nesta pesquisa abordar as seguintes Questões de Pesquisa (QP):

QP1: Como o FTA está fundamentado em suas bases teóricas, quais são seus métodos e como eles funcionam?

QP2: Qual o estado da arte das plataformas e aplicações de FTA?

QP3: Qual o estado da arte da pesquisa acadêmica sobre as plataformas de FTA?

QP4: Como a tecnologia pode ser projetada para apoiar a construção de FTA complexos que apoiem a participação distribuída?

QP5: Como a tecnologia pode ser usada para integrar o FTA executado distribuidamente?

1.2.Solução Proposta

Para cumprir o objetivo da pesquisa, neste trabalho é proposto um *framework* de FTA, intitulado ***framework TIAMAT***. O *framework* é composto pelo **modelo**

TIAMAT e pelo **processo TIAMAT**. O método TIAMAT é capaz de representar a estrutura organizacional envolvida no FTA e suas interfaces com aspectos de *Pesquisa, Mercado, e Governo e Sociedade*. O processo TIAMAT é um processo capaz gerar um *workflow* de FTA que pode ser executado de maneira distribuída e integrada, sendo compatível com o modelo associado. Um sistema computacional que implementa o *framework*, intitulado apenas **TIAMAT**, foi desenvolvido para avaliar a capacidade do *framework* em apoiar um FTA real.

O *framework* TIAMAT apoia à execução do FTA no formato de um *workflow* de métodos de FTA, o que o diferencia das abordagens tradicionais da área, que combinam poucos métodos de FTA de forma adaptada e específica para uma aplicação. O TIAMAT, por outro lado, traz uma flexibilidade metodológica, uma vez que foi projetado para facilitar a combinação seletiva de métodos de FTA, onde os resultados de um método podem ser utilizados como dados de entrada dos métodos subsequentes.

1.3. Metodologia

Este trabalho está fundamentado na premissa de apresentar uma solução ao problema da realização de FTA em organizações com centros de P&D distribuídos de maneira integrada. Para atingir esse objetivo, serão apresentados um modelo e um processo. Esses artefatos são então incorporados (ou implementados) para produzir um sistema de Tecnologia da Informação (TI), denominado TIAMAT, que será avaliado através de estudos de caso. Esse tipo de processo de trabalho é compatível com a utilização do paradigma de pesquisa *Design Science*. Dentro deste paradigma existem diferentes *frameworks* de trabalho. Nesta pesquisa utilizamos o *framework* de MARCH e SMITH (1995) devido a sua compatibilidade com os artefatos propostos deste trabalho.

Segundo MARCH e SMITH (1995), o *Design Science* representa melhor o conceito de “computação aplicada”, enquanto as ciências naturais representam melhor os fundamentos da computação. O *Design Science* é melhor aplicável pelo fato da computação aplicada estudar fenômenos artificiais, que somente possuem sentido por causa de criações humanas como, por exemplo, as organizações. As ciências naturais estão focadas em explicar como as coisas são e os seus porquês; o *Design Science* está focado em construir artefatos para atingir objetivos (MARCH; SMITH, 1995).

As ciências naturais, no seu ápice, produzem teorias consistentes com fatos observados, permitindo predição de observações futuras. Novas teorias podem substituir teorias anteriores, caso sejam mais abrangentes ou mais precisas. As ciências naturais possuem duas atividades: descoberta e justificativa. A descoberta é o processo de propor teorias científicas, e a justificativa é o processo de checar a sua validade (MARCH; SMITH, 1995). O avanço ocorre nas ciências naturais quando uma teoria é substituída por uma mais abrangente ou precisa.

O *Design Science* é utilizado para produzir artefatos tecnológicos, que podem ser separados em quatro tipos: conceitos, modelos, métodos e implementações. Os **conceitos** são a linguagem básica para caracterizar o fenômeno estudado. Um **modelo** é a combinação dos conceitos, arranjados de forma a descrever artefatos ou atividades. **Métodos** são maneiras de organizar atividades de forma a atingir o objetivo esperado. **Implementação** é a materialização dos artefatos anteriores em produtos específicos, fisicamente acessíveis e potencialmente utilizáveis na prática – uma instância. O *Design Science* possui duas atividades: construir e avaliar. A construção é o processo de criar um artefato para um propósito específico, e a avaliação é o processo de verificação do desempenho do artefato criado (MARCH; SMITH, 1995). A avaliação do artefato é realizada pela análise de sua completeza, simplicidade, elegância, inteligibilidade e facilidade de uso. A relevância da contribuição de uma pesquisa de *Design Science* é relacionada com a novidade do artefato e da maneira com o qual atinge seus objetivos. O avanço ocorre no *Design Science* quando uma tecnologia é substituída por uma mais eficiente.

1.4.Organização da Tese

Este trabalho está estruturado em oito partes:

O Capítulo 1 apresenta as motivações desta pesquisa, a metodologia adotada, e os objetivos a serem alcançados.

O Capítulo 2 apresenta as origens e os conceitos do *Future-oriented Technology Analysis*. Além disso, classifica e descreve em profundidade uma extensa lista dos seus métodos de previsão.

O Capítulo 3 apresenta um estudo exploratório sobre plataformas de FTA existentes no mercado e na academia.

O Capítulo 4 apresenta o *framework* TIAMAT, desde a caracterização dos seus **conceitos** até a proposta de um **modelo** que descreve o relacionamento desses conceitos, com o objetivo de apoiar a colaboração entre pesquisadores em um FTA realizado em uma organização com centros de P&D distribuídos.

O Capítulo 5 continua a apresentação do *framework* TIAMAT, sendo focado no processo de FTA compatível com o modelo apresentado anteriormente, cobrindo a definição de **método** em termos de *Design Science*.

O Capítulo 6 apresenta a **implementação** do *framework* TIAMAT como um Sistema de Apoio à Decisão Distribuída (SSDD) (SWANSON, 1990).

O Capítulo 7 apresenta a avaliação dos artefatos desenvolvidos durante este trabalho – conceitos, modelo, método e implementação.

O Capítulo 8 apresenta as considerações finais sobre esta pesquisa, incluindo as limitações, as contribuições e os trabalhos futuros.

Capítulo 2 – Future-oriented Technology Analysis

QP1: Como o FTA está fundamentado em suas bases teóricas, quais são seus métodos e como eles funcionam?

Future-Oriented Technology Analysis (FTA) é um conceito amplo, que inclui qualquer metodologia sistemática para prever e apoiar as decisões sobre tecnologias emergentes, incluindo o seu desenvolvimento e impactos futuros (PORTER et al., 2004). O termo FTA é uma evolução do termo *Technology Futures Analysis* (TFA), que foi abandonado porque não passava a ideia de que era orientado a futuro, mas orientado a tecnologia (JOHNSTON, 2008). O conceito FTA está relacionado com vários termos que descrevem suas facetas: *Technology Foresight*, *Technology Forecasting*, *Technology Assessment*, entre outros. Neste trabalho, por questões de simplicidade, consideraremos o termo **Prospecção Tecnológica** como o termo que engloba todas essas facetas do FTA.

2.1.História

Os militares contribuem para o FTA desde os avanços em diversas áreas do conhecimento realizados em esforços de guerra ou não, na área Nuclear, Informática (incluindo a Internet), e Espacial (RUTTAN, 2006). Nas décadas de 50 e 60, o FTA foi utilizado pelos militares estadunidenses na Guerra Fria como uma ferramenta de planejamento e priorização na pesquisa de tecnologias militares, que têm períodos de desenvolvimento longos. Hoje, a competição tecnológica comercial utiliza FTA como uma ferramenta de Inteligência Competitiva. Nesta forma de inteligência tecnológica, o objetivo é prever o desenvolvimento de tecnologias nas organizações concorrentes e usar esse conhecimento nos processos decisórios relativos à P&D da organização. O FTA apoia principalmente a previsão do *timing* (MAHAJAN; MULLER, 1996), da difusão (MARINAKIS, 2012), e do ciclo de vida (MICHALAKELIS; VAROUTAS; SPHICOPoulos, 2010) de uma tecnologia.

2.2.Aplicações

Governos realizam estudos de FTA em nível nacional ou por indústria, com foco nos impactos ambientais, econômicos e sociais das novas tecnologias, muitas vezes

utilizando essas informações na definição de novas legislações ou políticas públicas (PORTER, 1999). De acordo com GRUPP e LINSTONE (1999), vários países utilizam FTA (em especial o *Foresight* e o *Technology Assessment*) na definição de políticas públicas. Podemos citar como exemplo EUA, Alemanha, França, Reino Unido, Espanha, Áustria, Coréia, Hungria, África do Sul, Tailândia, Indonésia e Japão (SHIN, 1998) (KAMEOKA; YOKOO; KUWAHARA, 2004). Além desses países, Canadá (MILES, 2010), Índia (MISHRA; DESHMUKH; VRAT, 2002), e Brasil (ZACKIEWICZ; JANNUZZI; MACEDO, 2004) realizam suas próprias iniciativas de FTA.

Sobre os processos de execução de um FTA, é consenso entre os pesquisadores que melhores resultados são alcançados com a combinação de métodos de FTA distintos e complementares (ARMSTRONG, 1986) (CLEMEN, 1989) (MAKRIDAKIS; WINKLER, 1983) (DAIM et al., 2006). O número de métodos combinados recomendados varia entre 3 e 5 (ARMSTRONG, 2001), contudo, os maiores fatores limitantes à aplicação de mais métodos de FTA são prazo e orçamento, que geralmente limitam o número de métodos utilizados para 3 ou menos.

2.3. Tipos de FTA

O termo *Future-Oriented Technology Analysis* é um conceito amplo, que inclui qualquer metodologia sistemática para medir os impactos e apoiar as decisões sobre a tecnologia. As três principais facetas do FTA são: o *Technology Forecasting*, o *Foresight*, e o *Technology Assessment*.

2.3.1. *Technology Forecasting*

Technology Forecasting é a previsão relativa ao futuro de uma tecnologia, de forma mais precisa possível, considerando toda informação disponível, incluindo dados históricos e o conhecimento de eventos futuros que podem causar impactos na tecnologia (HYNDMAN; ATHANASOPOULOS, 2014). No *Technology Forecasting*, a parte de planejamento é uma resposta a um *forecast*, que é contrastada com as metas da organização. O planejamento correto da organização faz com que os *forecasts* subsequentes se aproximem cada vez mais das metas definidas. O *Technology Forecast* deve ser integrado ao processo decisório.

Cada organização sistematiza seu *Technology Forecasting* para prever eventos incertos. Para isso, é necessário identificar os problemas ou desafios que podem utilizar o *Technology Forecasting*, selecionar e aplicar os métodos apropriados para cada problema, e então avaliar e refinar o processo com o passar do tempo (HYNDMAN; ATHANASOPOULOS, 2014).

2.3.2. *Foresight*

Foresight é um instrumento que estrutura e facilita a definição de estratégias através da antecipação dos problemas, considerando as alternativas futuras (AMANATIDOU, 2014). O *Foresight* requer dos seus praticantes um pensamento criativo e perspectivas multidisciplinares. Ao contrário do *Technology Forecast*, o *Foresight* dá ênfase ao processo, e não ao conjunto de métodos; se preocupa com o entendimento das forças que moldam o futuro, e não apenas no processamento frio das informações disponíveis; seu objetivo é construir sistematicamente os caminhos de desenvolvimento tecnológico do ponto presente ao ponto futuro baseado nas ações passíveis de serem tomadas, e não analisar tendências de futuro para apontar o mais provável (MARTIN, 2010).

2.3.3. *Technology Assessment*

O *Technology Assessment* (Avaliação de Tecnologia) tem com objetivo medir o potencial e as implicações de tecnologias emergentes e futuras (JOHNSTON, 2008), sendo aplicado nos Estados Unidos a partir da década de 1970 pelo *Office of Technology Assessment* (OTA). O OTA conduziu uma série de estudos públicos de *Technology Assessment* no período de 1974 a 1995, com o principal objetivo de apoiar o congresso dos EUA na escolha de opções de políticas em relação à novas tecnologias e seus impactos. Hoje, apenas poucos países europeus realizam *Technology Assessment*, sendo o termo muitas vezes associado com atividades parlamentares (JOHNSTON, 2008) – mais detalhes são discutidos na seção 2.5.22.

2.4. Classificação dos métodos de FTA

Devido ao grande número de métodos de FTA, é possível realizarmos diversos tipos de agrupamento dos mesmos. Algumas das classificações de métodos de FTA comuns são por: Natureza, Abordagem, Capacidade, e Famílias de Métodos. Contudo,

outras classificações podem ser realizadas, dependendo do motivo da análise dos métodos.

2.4.1.Pela sua Natureza

Os métodos de FTA podem ser classificados como: qualitativos, quantitativos, ou semiquantitativos (POPPER, 2008). Os métodos qualitativos se baseiam na percepção subjetiva e criativa de eventos e seus significados. Os métodos quantitativos aplicam análises estatísticas em variáveis provenientes de conjuntos de dados, muitas vezes de fontes diversas, como indicadores econômicos. Os métodos semiquantitativos aplicam modelos matemáticos para quantificar a subjetividade, pesando as opiniões de leigos ou especialistas.

2.4.2.Por Abordagem

Os métodos de FTA podem ser classificados dependendo da sua abordagem com relação ao futuro como sendo *normativos* ou *exploratórios* (PORTER et al., 2004). Nos métodos normativos de FTA, o processo é iniciado com uma percepção de necessidade futura. Nos métodos exploratórios de FTA, o processo é iniciado com a extração das tecnologias do presente.

2.4.3.Pela sua Capacidade

Segundo POPPER (2008), outra forma de classificação dos métodos de FTA é pela habilidade dos métodos em coletar ou processar informação baseada em evidência, experiência, interação, ou criatividade. Esses atributos não são mutualmente exclusivos, devendo ser vistos como dimensões nos quais os métodos se apoiam. Um método, por exemplo, pode conter 10% evidência, 20% experiência, 40% interação, e 30% criatividade – conforme apresentado na Figura 1. Essa classificação forma a base do *Foresight Diamond*, que é um critério de seleção de métodos de FTA discutido na seção 5.1.

Os métodos baseados em evidências são aquelas que elaboram visões e definem prioridades com base em conhecimentos que normalmente já são públicos, como estatísticas ou análises das inovações prováveis. Os métodos baseados em criatividade são fortemente influenciados pela imaginação, tais como Análise de Ficção Científica e Jogos de Simulação. Os métodos baseados em experiência procuram obter pareceres

informados e os dados subjacentes a esses pareceres. Por fim, as técnicas baseadas em interação envolvem a troca de conhecimento e discussões.

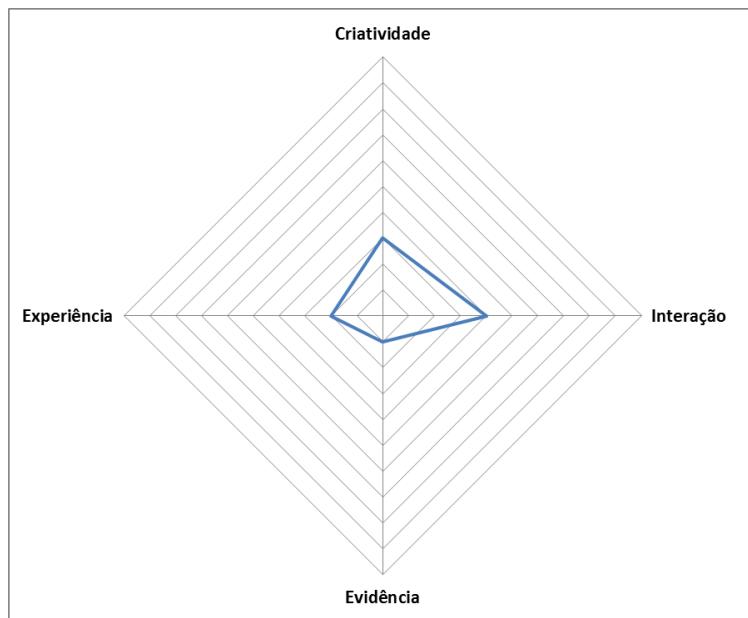


Figura 1. Exemplo de representação de um método de FTA por sua capacidade.

2.4.4. Por Famílias de Métodos

O *Technology Futures Analysis Methods Working Group* (PORTER et al., 2004) classificou os métodos de FTA em nove famílias: Criatividade, Descritivos e Matrizes, Estatísticos, Opinião de Especialistas, Monitoramento e Inteligência, Modelagem e Simulação, Cenários, Análise de tendências, e Valor/Econômicos. Um método pode pertencer a mais de uma família. Esta seção descreve em detalhe cada uma dessas famílias de métodos.

2.4.4.1. Métodos de Criatividade

Os métodos de Criatividade evitam visões pré-concebidas de problemas e situações e encorajam um novo padrão de percepção, ampliando a habilidade dos pesquisadores de visualizar futuros alternativos.

2.4.4.2. Métodos Descritivos e Matrizes

Os métodos Descritivos e Matrizes podem ser usados para ampliar a criatividade, para possibilitar a identificação de futuros alternativos. Dependem da existência de especialistas, de séries de dados, de boas estruturas e da compreensão da modelagem e das tecnologias da informação e da comunicação.

2.4.4.3. Métodos Estatísticos

Os modelos Estatísticos procuram medir o efeito de uma ou mais variáveis independentes sobre o comportamento futuro de uma variável dependente. O procedimento padrão é testar modelos de ajuste (linear, exponencial, quadrado ou cúbico) para a variável dependente, procurando definir os parâmetros do modelo para minimizar o erro. Modelos econométricos e modelos não lineares lançam mão de equações mais complexas, fundamentadas em relações de causalidade previstas em modelos teóricos.

2.4.4.4. Métodos de Opinião de Especialistas

Os métodos de opinião de especialistas têm seus limites estabelecidos naquilo que as pessoas percebem como factível, de acordo com sua imaginação e crenças, e deve ser usada sempre que a informação não puder ser quantificada ou quando os dados históricos não estão disponíveis ou não são aplicáveis.

Mesmo quando há dados históricos, a opinião de especialistas pode e deve ser usada como uma forma de complementar as informações obtidas e de captação de conhecimentos tácitos, sinais fracos e *insights*. Por isso, tais métodos são considerados qualitativos.

2.4.4.5. Métodos de Monitoramento e Inteligência

Os métodos de Monitoramento fornecem fontes básicas de informação relevante e por isso são comumente utilizados em estudos prospectivos. Monitorar significa observar, checar e atualizar-se em relação aos desenvolvimentos numa área de interesse, definida para uma finalidade bem específica.

Alguns objetivos possíveis do monitoramento: identificar eventos científicos, técnicos ou socioeconômicos importantes; definir ameaças potenciais que são implícitas nesses eventos; identificar oportunidades envolvidas nas mudanças no ambiente; e alertar tomadores de decisão sobre tendências que estão convergindo, divergindo, ampliando, diminuindo ou interagindo.

Segundo PORTER et al. (2011), no seu sentido estrito, o monitoramento não é uma técnica de prospecção. Contudo, é amplamente utilizada porque provê os conjuntos de dados nos quais a prospecção se baseia.

2.4.4.6. Métodos de Modelagem e Simulação

Os métodos de Modelagens e Simulação representam tentativas de identificar certas variáveis e criar modelos computacionais, jogos ou sistemas nos quais se pode visualizar a interação entre as variáveis ao longo do tempo.

2.4.4.7. Métodos de Cenários

Os métodos de construção de Cenários buscam construir representações do futuro, assim como rotas que levam até essas representações. Essas representações procuram destacar as tendências dominantes e as possibilidades de eventos disruptivos no ambiente em que estão localizadas as organizações. Cenários constituem uma forma de integração com outras informações úteis e são excelentes para comunicar resultados aos usuários em geral.

2.4.4.8. Métodos de Análise de Tendências

Os métodos de Análise de Tendências se baseiam na hipótese de que os padrões do passado serão mantidos no futuro. A análise de tendências, em geral, utiliza técnicas matemáticas e estatísticas para extrapolar séries temporais para o futuro.

2.4.4.9. Métodos de Avaliação e Decisão

Métodos de Avaliação e Decisão incluem o tratamento de múltiplos pontos de vista. Esses métodos permitem priorizar ou reduzir os vários fatores que devem ser levados em consideração na análise, reduzindo a incerteza sobre as alternativas disponíveis.

Diferentes abordagens vêm sendo adaptadas e utilizadas, tais como o Processo Analítico Hierárquico (AHP) e Árvores de Relevância, de tal forma que os tomadores de decisão possam expressar preferências com intervalos de julgamento e estabelecer prioridades.

2.5. Métodos de FTA

Nesta seção, os métodos de FTA listados pelo *Technology Futures Analysis Methods Working Group* (PORTER et al., 2004) são descritos em maior detalhe para o maior entendimento das ferramentas disponíveis para um FTA. Esta seção do texto

resume parte de uma revisão da literatura sobre métodos de FTA (BARBOSA et al., 2017a), que os descreve em detalhe.

Além dos métodos de FTA mencionados neste trabalho, diferentes metodologias sistemáticas podem ser aplicadas em um FTA. Na verdade, qualquer metodologia utilizada para fornecer alguma análise útil para um estudo de FTA pode ser aplicada irrestritamente. Assim, não existem limitações em relação aos métodos de FTA – somente fatores como prazo, custo e recursos disponíveis. Por exemplo, uma organização pode usar pré-processamento ou pós-processamento dados em conjunto aos diferentes métodos de FTA. Métodos de processamento de dados podem ser ferramentas fundamentais para os métodos de FTA, como a mineração de dados (MARTINO, 2003). Assim, um método de processamento de dados independente dos métodos de FTA pode ser considerado como se fosse um método de FTA neste contexto.

2.5.1. Análise Bibliométrica

A Análise Bibliométrica (*Bibliometrics*) é a análise de um grande número de documentos científicos para fins de predição de futuro. Para atingir sua finalidade, a Análise Bibliométrica resume características dos documentos em tabelas para análise estatística, que podem ser utilizadas para encontrar ligações indiretas entre conceitos (MORRIS et al., 2002), sendo geralmente realizada a partir de bases de dados de patentes ou publicações científicas (BENGISU; NEKHILI, 2006), e devendo ser combinada com outras medições ou com a opinião de especialistas (WATTS; PORTER, 1997).

A Análise Bibliométrica pode ser vista como um caso especial de mineração de dados. De acordo com (PORTER; CUNNINGHAM, 2005), a Análise Bibliométrica é a aplicação de ferramentas de mineração de texto para a formação de ciência e tecnologia, apoiada pelo entendimento dos processos de inovação tecnológica. Como um problema de mineração de dados, a Análise Bibliométrica tem dois desafios: definir a força do relacionamento entre os documentos; e classificar, definindo grupos de documentos e as ligações entre os grupos. Técnicas de mineração de dados podem ser utilizadas para determinar a similaridade (força do relacionamento) e *clusters* (grupos) de documentos (MORRIS et al., 2002).

O principal objetivo da Análise Bibliométrica é inferir relacionamento entre os documentos. Para isso, existem algumas abordagens: análise de cocitação, análise de

copalavra, e mapeamento. A análise de cocitação mapeia os artigos que são citados juntos, para inferir alguma estrutura cognitiva, que podem ser analisados usando uma linha do tempo, ou se focar em algum assunto ou autor. A análise de copalavra é focada nas palavras que aparecem juntas em um texto. A análise de copalavra pode ser utilizada com porções do texto de tamanhos variados: desde algumas palavras-chave assim como o texto completo. O mapeamento é uma técnica para mostrar os dados bibliométricos e suas descobertas, com o objetivo de facilitar a sua interpretação por seres humanos.

2.5.2. Análise das Ondas Longas

A Análise das Ondas Longas (*Long Wave Analysis*) é um método econômico empírico de FTA que decompõe as variações complexas do mercado em vários ciclos econômicos, cada um com o seu próprio comprimento, propostas pelo economista Nikolai Kondratieff. Para ilustrar a ideia de que a soma de ciclos pode produzir resultados complexos, na Figura 2 são apresentados dois exemplos de soma de ciclos simples, acrescidos de uma taxa aleatória de erro com variância de 0,25. Cada ciclo possui duas fases: períodos inflacionários (*upwaves*) e períodos deflacionários (*downwaves*) (BERRY; KIM; KIM, 1993). COCCIA (2010) afirma que as ondas são assimétricas, com as *upwaves* durando mais que as *downwaves*.

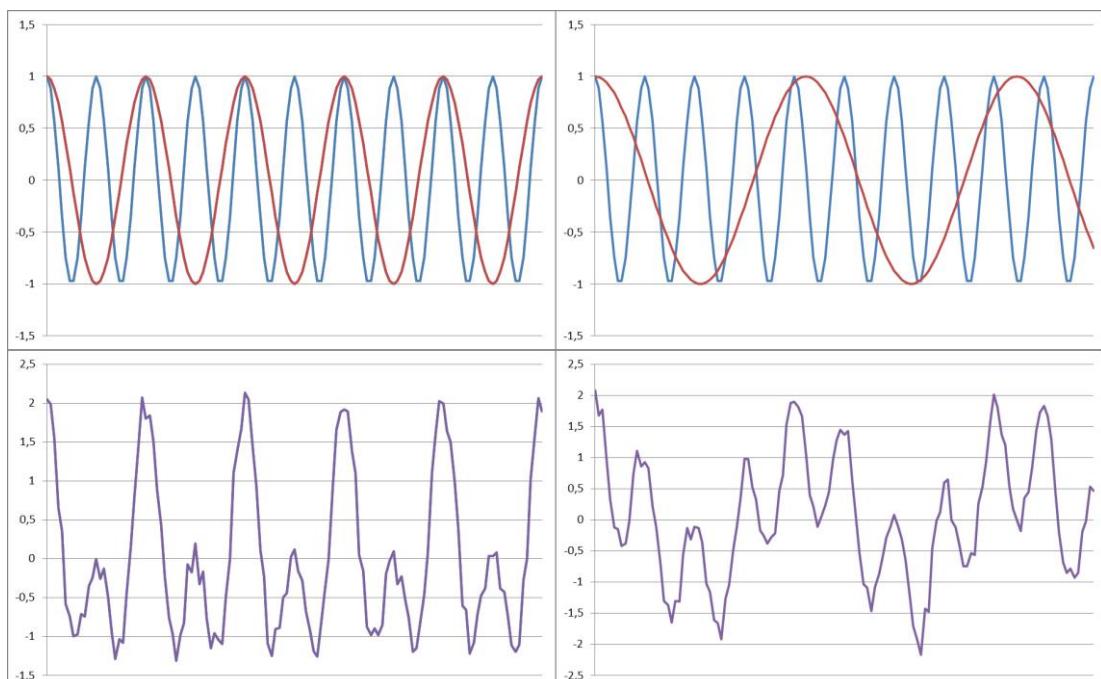


Figura 2. Composição de duas variáveis usando soma dos ciclos acrescidos de erro aleatório (variância de 0,25), adaptado de DE GROOT e FRANSES (2008).

Na década de 1920, KONDRAIEFF (1925) observou que o recorde histórico de alguns indicadores econômicos parecia indicar uma regularidade cíclica (KOROTAYEV; ZINKINA; BOGEVOLNOV, 2011). Vários ciclos socioeconômicos foram definidos desde então (DE GROOT; FRANSES, 2012). Cada ciclo compreende normalmente desde alguns anos ou décadas. No entanto, dados mais antigos foram utilizados para encontrar ciclos seculares (DEVEZAS, 2010). Os ciclos podem ser usados para predizer os futuros ciclos econômicos, baseando-se na repetição dos mesmos. No entanto, quando a predição falha, isso pode indicar a influência de ciclos maiores, ainda desconhecidos.

2.5.3. Análise de Ação

A Análise de Ação (*Action Analysis*) é o processo sistemático da análise de ações, muitas vezes em sistemas complexos para a predição de seus resultados. Segundo SEAMANS JR. (1969), uma ação requer atos: a decisão de alocar recursos e a disciplina para usar de forma eficiente os recursos alocados, no sentido da decisão tomada. Uma ação complexa leva tempo deve ser reexaminada regularmente. Devido à limitação de recursos, os tomadores de decisão devem estabelecer prioridades. Um método de comparação de alternativas muito diferentes é baseado na sua eficácia.

O processo básico de ação é dividido em entradas, recursos e retornos. Eles dependem da tomada de decisão e na sua implementação. Em primeiro lugar, as entradas influenciam a tomada de decisão, que decide como alocar os recursos suficientes para alcançar o seu objetivo. Estes recursos passam por uma etapa de implementação, que deve usá-los de forma eficiente. Após a implementação, os retornos são atingidos – que, infelizmente, podem ser diferentes dos resultados esperados. Além disso, os retornos são utilizados como realimentação nas próximas tomadas de decisão.

A Figura 3 resume o processo.

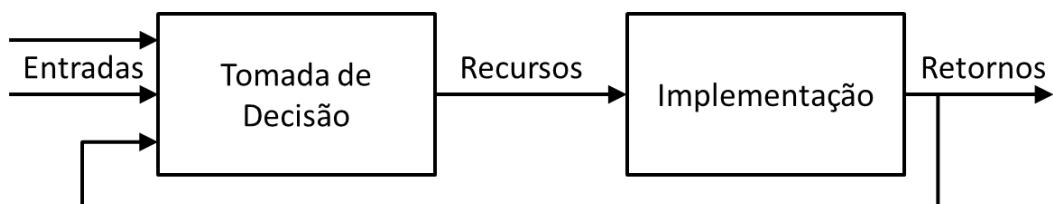


Figura 3. Diagrama funcional do processo básico de ação, adaptado de SEAMANS JR. (1969).

2.5.4. Análise de Correlação

A Análise de Correlação (*Correlation Analysis*) é focada na análise da força do relacionamento entre duas (ou mais) variáveis. Uma correlação forte significa que as variáveis possuem uma forte relação uma com a outra. Uma correlação fraca significa que as variáveis não estão relacionadas. Numericamente, o coeficiente de correlação mede a associação linear entre duas variáveis entre -1 e +1 (RODGERS; NICEWANDER, 1988). Se o coeficiente de correlação for igual a +1, as duas variáveis variam na mesma proporção exata; se o coeficiente de correlação for -1, as duas variáveis variam inversamente na mesma proporção exata; se o coeficiente de correlação for 0, as duas variáveis variam de maneira independente, ou seja, não há uma relação linear entre as duas variáveis. No entanto, a análise de correlação não se refere à relação causa-efeito. Este tipo de análise apenas mostra o quanto as variáveis estão associadas umas com as outras. A relação causa-efeito deve ser baseada no julgamento do analista.

MARTINO (1993) analisou vários métodos para a prospecção de uma tecnologia com base em informações que não provém da tecnologia em si: precursores tecnológicos, produção acumulada, capacidade total, e fatores econômicos. Esta não é uma lista exaustiva das possibilidades de previsão por correlação, sendo recomendada a busca por novas correlações.

2.5.5. Análise de Custo-Benefício

A Análise de Custo-Benefício (*Cost-Benefit Analysis*) compara possíveis decisões através da avaliação dos seus custos e benefícios relevantes. A análise considera as repercussões em curto e longo prazo, assim como os efeitos colaterais de vários tipos (econômico, social, ou outros) para todas as partes interessadas (pessoas, indústrias, regiões ou outros) (PREST; TURVEY, 1965). Ao final da análise, a decisão escolhida é a que oferece maiores benefícios com custos proporcionalmente mais baixos.

Esta definição pode ser formalizada como uma função que maximiza o valor de todos os benefícios menos o valor de todos os custos, sujeitos a restrições específicas. De acordo com PREST e TURVEY (1965), os princípios gerais da Análise de Custo-Benefício são: Enumeração de Custos e Benefícios, Avaliação de Custos e Benefícios, Escolha da Taxa de Juros, e a Análise das Restrições Relevantes.

2.5.6. Análise de Decisão

Análise de Decisão (*Decision Analysis*) é uma metodologia que estrutura e orienta o tomador de decisão a pensar sistematicamente sobre decisões difíceis (CLEMEN; REILLY, 2001). Além do *framework* conceitual para pensar sobre problemas difíceis, a Análise de Decisão utiliza uma série de métodos analíticos para facilitar o pensamento necessário, proporcionando uma compreensão clara do problema. Os métodos analíticos quebram e organizam um problema complexo em uma estrutura que pode ser analisada. A estrutura da decisão inclui as alternativas de ações, relacionadas com seus possíveis resultados, que possuem uma probabilidade estimada e consequências enumeradas (CLEMEN; REILLY, 2001).

O método de Análise de Decisão é capaz de predizer o resultado mais provável e as suas consequências. Sendo assim, é possível concluir que a Análise de Decisão é uma ferramenta útil no apoio à decisão. Após a análise, o modelo permanece disponível, permitindo ao tomador de decisão escolher a decisão que melhor cumpre seus objetivos. De acordo com CLEMEN e REILLY (2001), os objetivos dos tomadores de decisão são priorizados utilizando Hierarquia de Objetivos Fundamentais e Rede de Objetivos Meio – descritos em detalhe por KEENEY (1992). O tomador de decisão possui várias ferramentas para apoiar a sua decisão, como diagramas de influência (Figura 4) e árvores de decisão (Figura 5). Ferramentas de análise de risco e de simulação também são utilizadas.

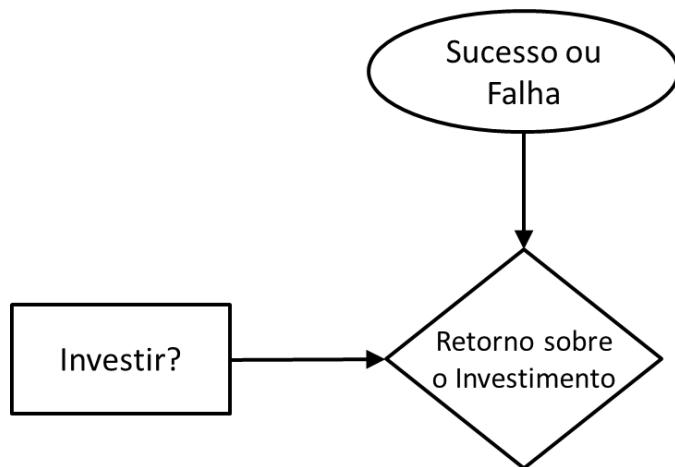


Figura 4. Diagrama de Influência para uma decisão de investimento, adaptado de CLEMEN e REILLY (2001).

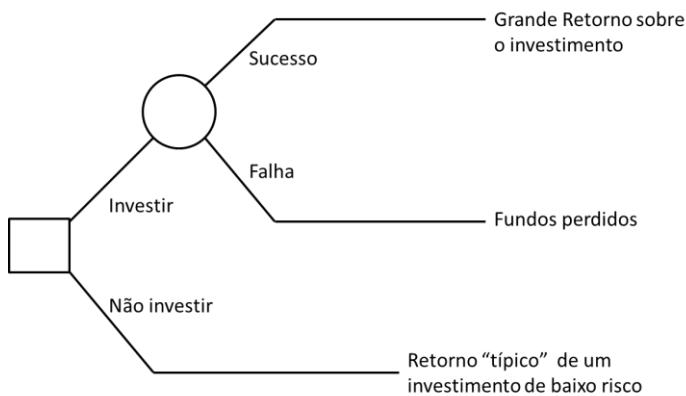


Figura 5. Árvore de decisão para uma decisão de investimento, adaptado de CLEMEN e REILLY (2001).

2.5.7. Análise de Decisão Multicritério

Análise de Decisão Multicritério (*Multicriteria Decision Analysis* – MDA) é um grupo de métodos desenvolvidos para apoiar decisões sobre problemas complexos, onde vários critérios são ponderados, a fim de prever o efeito de uma intervenção particular (MILES; POPPER, 2008). Métodos de MDA podem melhorar a legitimidade e transparência dos processos de tomada de decisão (SALO; GUSTAFSSON; RAMANATHAN, 2003). Exemplos de métodos de Análise de Decisão Multicritério são: *Simple Multi-Attribute Rating Technique* (SMART) (EDWARDS, 1977; KEENEY, 1999; KEENEY; MCDANIELS, 1999), Processo Analítico Hierárquico (AHP) (BLAIR et al., 1987; DYER, 1990; HARTWICH; JANSSEN, 2000; LIBERATORE, 1987, 1987; MILLET; HARKER, 1990; MUSTAJOKI; HAMALAINEN, 2000; SIVARAMA PRASAD; SOMASEKHARA, 1990), *Preference Ratios In Multiattribute Evaluation* (PRIME) (GUSTAFSSON; SALO; GUSTAFSSON, 2001; HAMALAINEN; SALO; POYSTI, 1992; SALO; HAMALAINEN, 2001), e *Data Envelopment Analysis* (DEA) (CHARNES; COOPER; RHODES, 1978; JORO; KORHONEN; WALLENIUS, 1998; RAMANATHAN, 2001; ZOFÍO; PRIETO, 2001). ANANDA e HERATH (2009) analisaram em profundidade vários métodos de Análise de Decisão Multicritério.

Os métodos de MDA possuem uma forte base teórica. Eles evoluíram a partir de modelos axiomáticos que analisam como um tomador de decisão racional escolheria diante critérios incomensuráveis (SALO; GUSTAFSSON; RAMANATHAN, 2003). Seus métodos enfatizam a comparação das alternativas de ações futuras. Métodos de Análise de Decisão Multicritério possuem um processo comum para fornecer alternativas para os tomadores de decisão. SALO et al. (2003) descreve em detalhe as fases do processo:

1. **Identificação das partes interessadas.** Grupos de interessados relevantes comuns são: os tomadores de decisão sobre políticas, os gerentes de pesquisa de desenvolvimento de tecnologia, os especialistas em ciência e tecnologia, as organizações não governamentais pertinentes, e os membros do público em geral.
2. **Desenvolvimento de objetivos, critérios e alternativas.** Os grupos de interessados são consultados para definir o objetivo fundamental problema, os critérios para medir a realização do objetivo, e as alternativas disponíveis.
3. **Desenvolvimento do modelo.** Os objetivos, critérios e alternativas são definidas hierarquicamente, com o objetivo no topo, seguido pelos critérios nos níveis inferiores. A maioria dos métodos tem uma escala de medida para mapear o desempenho de cada alternativa no critério de nível mais baixo.
4. **Definição da pontuação.** As alternativas são avaliadas nos critérios de nível mais baixo. Cada par alternativa-critério recebe uma pontuação.
5. **Definição do peso.** Pesos são definidos para aumentar a importância relativa de algum critério sobre os outros. Tipicamente, os pesos são normalizados e a metodologia para sua definição varia de acordo com o método utilizado.
6. **Cálculo das medidas totais de desempenho.** Cada alternativa tem a sua pontuação e peso combinado para cada critério e, em seguida, esses resultados parciais são agregados em um valor de desempenho. Esse valor é usado para classificar as melhores alternativas.

2.5.8. Análise de Ficção Científica

Um dos aspectos que atrai os leitores à ficção científica é a sua natureza inherentemente especulativa e exploratória; um dos primeiros exemplos é o de Vinte Mil Léguas Submarinas (VERNE, 1871), escrito por Julio Verne no século 19, onde ele descreve um submarino, Nautilus, que possui tecnologia avançada para a época – como, por exemplo, o uso de energia elétrica – no entanto consistente com o conhecimento científico da época (DECANIO, 1994). De acordo com DECANIO (1994), a previsão do Verne era mais sobre o poder e perigo da tecnologia do que sobre a própria tecnologia.

Muitas tecnologias e cenários mencionados anteriormente em obras de ficção científica, surpreendentemente, se concretizaram como ciência real anos após sua proposta inicial como ficção. Exemplos bastante conhecidos podem ser extraídos das obras de Arthur C. Clarke, que previram tecnologias modernas como os satélites de comunicações geoestacionários (CLARKE, 1945), telefones celulares e televisão por satélite (CLARKE, 1962).

A partir desses exemplos, é possível supor que os praticantes de FTA poderiam analisar a ficção científica para ajudar a dar forma às ideias vagas sobre o futuro, a fim de explorar cenários possíveis. De acordo com LIVINGSTON (1978), as obras de ficção científica funcionam de maneira semelhante aos métodos de que produzem cenários. A ficção científica se torna mais útil conforme ela se baseia no conhecimento científico real. Segundo BELL et al. (2013), histórias de ficção científica e narrativas que evocam emoções nos leitores, introduzindo uma ideia ou conceito que indiretamente são muito mais propensos a alcançar um alto impacto do que os métodos baseados em cenários.

Um exemplo de método de Análise de Ficção Científica é a Prototipação por Ficção Científica (*Science Fiction Prototyping – SFP*) (JOHNSON, 2009), que aplica ferramentas e técnicas de ficção científica para escrever histórias ou protótipos que visam apresentar e explorar as possíveis implicações de tecnologias ou conceitos futuristas que podem vir a ser concretizados.

2.5.9. Análise de Impacto Cruzado

A Análise de Impacto Cruzado (*Cross-Impact Analysis – CIA*) considera a inter-relação entre as probabilidades estimadas de eventos futuros. Isso significa que a ocorrência de um evento **A** pode estar relacionada a uma cadeia de eventos e, consequentemente, alterando as probabilidades estimadas dos eventos futuros **B** e **C**. A opinião de especialistas pode ser utilizada para determinar a influência de cada evento, dentro de um sistema (MILES; POPPER, 2008). Esta ideia básica é aplicada nas abordagens de análise de impactos cruzados encontradas na literatura (TUROFF, 1971) (DALKEY, 1971) (HELMER, 1972) (KANE, 1972) (DUPERRIN; GODET, 1975) (BLOOM, 1977) (KAYA; ISHIKAWA; MORI, 1979) (CASELLES-MONCHO, 1986) (BLANNING; REINIG, 1999) (CHOI; KIM; PARK, 2007). Contudo, a primeira abordagem de análise de impactos cruzados foi definida por GORDON e HAYWARD (1968).

O método de análise de impactos cruzados de (GORDON; HAYWARD, 1968) foi desenvolvido como uma versão complexa do *Delphi* (descrito na seção 2.5.30): os componentes individuais são avaliados tanto de forma independente, como também em relação uns aos outros (COATES, 1974).

Os resultados da Análise de Impacto Cruzado podem ser apresentados no formato de uma *matriz de impacto cruzado*, que facilita a visualização da influência de um evento nos outros (GORDON; HAYWARD, 1968). A Figura 6 mostra dois exemplos de matrizes de impacto cruzado para o mesmo caso, em que os eventos (E1, E2, E3, E4) possuem probabilidades iniciais de (0,3, 0,6, 0,4, 0,8). O pesquisador pode construir uma matriz de impactos cruzados através de indicadores de influência ou utilizando diretamente as probabilidades.

		Efeito				Nova Probabilidade de E _y				
		E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	
Causa	E ₁	—	—	↑	E ₁	0,3	0,3	0,5		
	E ₂	↑	—	—	↑↑	E ₂	0,7	—	0,6	0,9
	E ₃	—	↓	—	—	E ₃	0,4	0,1	—	0,4
	E ₄	—	—	—	—	E ₄	0,8	0,8	0,8	—

Figura 6. Matrizes de impacto cruzado: com indicadores de relacionamento (à esquerda), e com probabilidades estimadas (direita), adaptado de GORDON e HAYWARD (1968).

2.5.10. Análise de Impacto de Tendências

Análise de Impacto de Tendências (*Trend Impact Analysis* – TIA) é uma extensão do método Extrapolação de Tendências (descrito na seção 2.5.32), que considera os impactos importantes de eventos sem precedentes no futuro de extrapolações de tendências históricas. O método TIA possui maior utilidade e precisão quando comparado às abordagens de extrapolação de tendências (GORDON, 2003a). O TIA começa com a extrapolação dos dados históricos, que é chamada de extrapolação sem-surpresa. A seleção do tipo de curva utilizada pelo algoritmo de extrapolação é um desafio, uma vez que a forma da curva – que pode ser uma função polinomial ou exponencial – afeta diretamente o resultado da extrapolação sem-surpresa (GORDON, 2003a).

Uma vez que a extrapolação sem-surpresa é realizada, especialistas identificam e listam um conjunto de eventos que podem afetar a previsão sem-surpresa. Métodos de julgamento de especialistas podem ser aplicados nesta etapa. Um evento pode ser uma consequência de uma mudança tecnológica, social, política ou econômica e deve ser plausível, com grande potencial em termos de impacto, e verificável em retrospecto. Os

especialistas devem associar uma probabilidade de ocorrência de cada evento em função do tempo e determinar o seu impacto. O impacto cada evento balança a extração sem-surpresa positiva ou negativamente, com amplitude proporcional à sua força (GORDON, 2003a).

Os impactos podem ser especificados de várias maneiras. No procedimento descrito por GORDON (2003a), que é aplicável para a maioria das situações, os especialistas devem especificar três intervalos de tempo: (1) o tempo entre a ocorrência do evento até o primeiro impacto perceptível; (2) o tempo entre a ocorrência do evento para o impacto máximo; e (3) o tempo entre a ocorrência do evento até um estado estável – a tendência após a estabilização do impacto. Especialistas também devem especificar duas grandezas: (1) o impacto máximo; e (2) o impacto do estado estável. O impacto máximo e o impacto do estado estável podem possuir sinais diferentes, assim como podem ser iguais. Se o impacto do estado estável for zero, então o impacto é apenas temporário. Estes parâmetros de impacto do evento estão ilustrados na Figura 7. Alternativamente, o TIA pode produzir resultados de maneira textual, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1. Exemplo alternativo de TIA. Adaptado de GORDON (2003a).

Descrição do Evento	Probabilidades em			Anos para o Primeiro Impacto	Anos para o Impacto Máximo	Impacto Máximo %
	2020	2025	2030			
Evento com probabilidade crescente	10%	30%	70%	1	3	-10%
Evento de alta probabilidade	90%	95%	99%	2	5	5%
Evento de baixa probabilidade	15%	30%	20%	0	1	3%

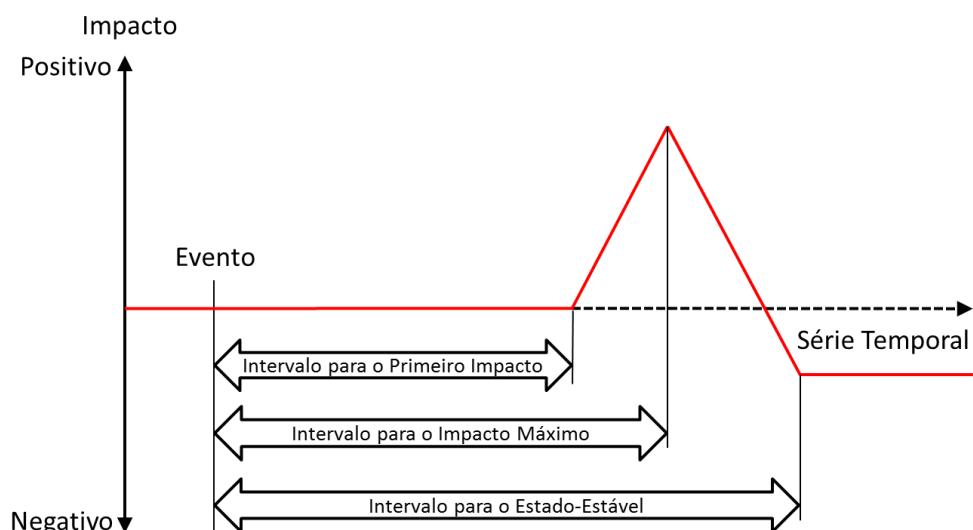


Figura 7. Parâmetros típicos de impacto de eventos. Adaptado de GORDON (2003a).

2.5.11. Análise de Mitigação

A Análise de Mitigação (*Mitigation Analysis*) diz respeito ao estudo de quais ações ou políticas poderiam ser aprovadas para reduzir as consequências negativas esperadas do desenvolvimento. O método é utilizado pela comunidade de *Environmental Impact Assessment* (EIA). O EIA é um processo de avaliação de risco para identificar os efeitos adversos de um desenvolvimento e formas de mitigá-los (MARSHALL, 2001).

Para atenuar um efeito adverso, são sugeridas ações para evitar o efeito antecipadamente, reduzindo o impacto a um nível aceitável, ou remediando os efeitos ambientais identificados. Na prática, as medidas de atenuação ocorrem dentro ou em torno do local do desenvolvimento (MARSHALL, 2001). Três componentes são levados em consideração na análise do risco potencial de algum efeito adverso: a fonte do efeito (por exemplo, uma substância tóxica), o receptor (a entidade ambiental a ser afetada), e a via (a via pela qual o receptor pode ser exposto ao efeito). Todos os componentes devem estar presentes no meio ambiente simultaneamente para ocorrer o efeito (MARSHALL, 2001).

MARSHALL (2001) propôs um *framework* de seis estágios para ajudar a identificar efeitos adversos e as medidas de mitigação a serem implementadas:

1. **Catálogo dos efeitos potenciais.** Identifica dos caminhos do impacto do desenvolvimento e todos os efeitos ambientais negativos e positivos.
2. **Avaliação do efeito adverso.** Analisa se as características essenciais do ambiente existente são fortalecidas ou enfraquecidas como resultado das mudanças trazidas pelo desenvolvimento.
3. **Identificação dos efeitos adversos significativos.** Distingue os efeitos identificados entre “significativamente adverso” e apenas “adverso”, nos termos dos regulamentos da EIA.
4. **Identificação do potencial de mitigação.** Identifica as potenciais opções de mitigação, dando preferência às estratégias de prevenção em relação às soluções de reparação.
5. **Seleção da opção de mitigação preferida.** Utiliza a informação recolhida para apoiar a seleção de uma determinada opção de medida de mitigação.
6. **Estabelecimento da metodologia.** Detalha os critérios de implementação da medida de mitigação selecionada.

2.5.12. Análise de Opções

Análise de Opções (*Options Analysis*) é uma comparação sistemática das possíveis opções de ação. As opções podem ser avaliadas por sua eficácia, custos, consequências não intencionais, e qualquer outro aspecto. Portanto, a Análise de Opções melhora a transparência e a qualidade dos processos de tomada de decisão. O método de Análise de Opções é baseado em informações quantitativas, e é frequentemente focado em um desses tipos de análises: custo-benefício, custo-efetividade, custo-utilidade, ou multicritério (REFORMKOMPASS, 2014).

Os passos básicos da Análise de Opções são (REFORMKOMPASS, 2014):

1. **Formular Alternativas:** o desenvolvimento de alternativas para o problema em análise deve considerar um conjunto de alternativas realistas e uma alternativa de “não fazer nada”, que é a base de comparação entre as alternativas.
2. **Definição de critérios de comparação:** os critérios de comparação são utilizados para analisar as alternativas. Os critérios mais comuns são: eficácia, relação custo/benefícios, efeitos em relação à economia, ambiente social e ecologia, efeitos em relação aos *stakeholders* centrais, e efeitos diretos e indiretos.
3. **Comparar alternativas:** é o núcleo da Análise de Opções. Os critérios de comparação são aplicados nas alternativas. Esses critérios podem utilizar outros métodos de FTA, como a Análise de Custo-Benefício. Em avaliações subjetivas, os *stakeholders* podem participar.
4. **Avaliar as alternativas usando análise multicritério com pontuação:** as informações recolhidas sobre as alternativas são tabeladas e pontuadas. Observações sobre a qualidade da informação também podem ser feita, destacando dados indisponíveis ou estimados. A pontuação também pode ser utilizada para comparar as alternativas usando uma escala. Um exemplo é apresentado na Tabela 2.
5. **Apresentar os resultados e selecionar a opção desejada:** a tabela de comparação resume os resultados da metodologia, e deve ser destacada na apresentação com os tomadores-de-decisão. A tabela mostra claramente as vantagens e desvantagens de cada alternativa, facilitando o processo de tomada de decisão.

Tabela 2. Exemplo de critérios de avaliação em uma Análise de Opções, adaptado de REFORMKOMPASS (2014).

Benefício: Melhoria da saúde entre os jovens								
Efeito	Natureza do efeito	Opção 1 Fotos		Opção 2 Preço		Opção 3 Proibição		<i>Status quo</i>
Diminuição no número de jovens fumantes.	Qualitativo	Redução provável; dados subjacentes incertos.	+	Redução muito provável; bons dados subjacentes de outros países.	++	Redução provável, mas baixa; bons dados subjacentes.	+	Redução improvável (de acordo com um estudo realizado pelo Ministério da Saúde)
	Quantitativo	Em uma pesquisa com 100 jovens, 25% dos jovens disseram que eles não começaram a fumar devido às imagens de dissuasão.	+	No país vizinho A, a taxa de tabagismo entre os jovens diminuiu 30% como resultado de um aumento de preço de 2 para 8 euros para pacotes com 20 cigarros.	++	A proibição das máquinas de cigarros no país B resultou em uma redução de 10% entre os jovens fumantes de acordo com o estudo “Os fumantes em B”.	+	Cerca de 3.000.000 jovens fumantes; 30% de todas as mortes por câncer é resultado fumo; o tabagismo é a causa mais frequente de câncer de pulmão.
	Valor Monetário	A redução do tabagismo entre os jovens em 25% (cerca de 750 mil jovens) significa uma poupança de cerca de 22 bilhões de euros por ano em custos de saúde.	++	A redução do tabagismo entre os jovens em 30% (cerca de 1.000.000 jovens) significa uma economia de cerca de 30 bilhões de euros por ano em custos de saúde.	++	A redução em 10% do tabagismo entre jovens (cerca de 300 mil jovens) significa uma economia de cerca de 9 bilhões de euros por ano em custos de saúde.	+	Fumantes custam em média ao sistema de saúde cerca de 30 mil euros por ano.

++ Grande redução no número de jovens fumantes em comparação com o *status quo*.

+ Pequena redução no número de jovens fumantes em comparação com o *status quo*.

= Não há redução no número de jovens fumantes em comparação com o *status quo*.

- Pequeno aumento no número de jovens fumantes em comparação com o *status quo*.

-- Grande aumento no número de jovens fumantes em comparação com o *status quo*.

? Sem evidências para avaliar o efeito.

2.5.13. Análise de Precursors

A Análise de Precursors (*Precursor Analysis*) fornece informações sobre como tecnologias precursoras podem influenciar as tecnologias futuras, incluindo os padrões deste processo e os sinais que indicam que a nova tecnologia está em vias de se tornar economicamente viável ou pronta para produção em massa.

O monitoramento de precursors refere-se ao processo de monitoramento contínuo do ambiente, com o objetivo de encontrar possíveis eventos que sinalizam um avanço iminente e significativo em uma determinada técnica ou tecnologia. A noção de eventos disruptivos também é relevante para se realizar a Análise de Precursors de maneira eficiente, porque elas representam irregularidades que não podem ser previstas – pelo menos, a princípio. De acordo com MARTINO (1993), um evento disruptivo tecnológico é um avanço no nível de desempenho de alguma técnica ou classe de dispositivos que transcende significativamente os limites das técnicas ou dispositivos anteriores. MARTINO (1993) identificou quatro áreas distintas envolvidas no monitoramento:

1. **Coleta de dados** a partir de fontes confiáveis, bem como sempre adicionar novas fontes e excluir fontes duvidosas.
2. **Triagem dos dados** recolhidos para se certificar somente os dados relevantes serão utilizados.
3. **Avaliar sistematicamente os dados triados** para determinar a sua relevância, bem como identificar que tipo de evento ele pode representar. Exemplos: “É o início de uma tendência ou padrão?”, “Que tipo de evento ele representa?”, “Como ele afeta a organização?”.
4. **Definição de limiares** sobre o quanto forte os sinais precisam ser para que os eventos sejam analisados e monitorados.

Segundo MARTINO (1987), é necessário prestar atenção nas características que podem indicar eventos disruptivos tecnológicas que estão prestes a acontecer. Além disso, elas podem indicar uma direção para que o monitoramento se torne mais eficaz. Alguns exemplos: invenções incompletas geralmente demonstram que uma tecnologia já é viável tecnologicamente, mas não economicamente; o desenvolvimento de tecnologias de apoio à tecnologia principal indica uma futura redução do custo da tecnologia principal ou algum salto de desempenho; nichos de prestígio ou de alto

desempenho são campos de teste das novas tecnologias (como carros de luxo ou de corrida), antes de se tornar populares.

2.5.14. Análise de Risco

O risco é tratado com diferentes perspectivas de acordo com o campo de conhecimento, como engenharia, finanças, economia, e gestão, cada qual com a sua própria terminologia, conhecimento e objetivos. Entre as vertentes da Análise de Risco (*Risk Analysis*) podemos encontrar a avaliação de riscos, a caracterização de riscos, a identificação de riscos, a comunicação de riscos, a gestão de riscos e a elaboração de políticas relacionadas com riscos (SOCIETY FOR RISK ANALYSIS, 2015). Podemos definir o risco em termos da probabilidade de ocorrência de um acontecimento adverso e de seu impacto. LEITGEB (2010) define risco de um evento como o produto da sua probabilidade e seus danos. Portanto, os processos de Gestão de Risco sistematicamente analisam, avaliam, controlam e monitoram os riscos com o objetivo de fornecer proteção contra todos os perigos razoavelmente previsíveis (LEITGEB, 2010).

Embora as relações entre a Análise de Risco e FTA não possam ser exaustivamente enumeradas, é possível sugerir duas maneiras nas quais estes dois conceitos se complementam. Em primeiro lugar, existe um risco inerente ao surgimento de uma nova tecnologia: da mesma maneira que ela traz benefícios, pode permitir catástrofes – por exemplo, guerras nucleares no caso da tecnologia de fissão nuclear (WU; OLSON, 2010). Por outro lado, ambas as áreas precisam explorar e avaliar os desenvolvimentos futuros, muito embora a ênfase dada para os seus resultados possa ser diferente (KOIVISTO et al., 2009). Uma vez que os riscos foram identificados e avaliados, as opções para lidar com eles se resumem nas seguintes categorias gerais: prevenção, transferência, redução e aceitação de riscos.

2.5.15. Análise Demográfica

Dados Demográficos são utilizados pelo mercado para definir estratégias de lançamentos de produtos e a expansão da área de atuação de empresas. Governos, por outro lado, utilizam esses dados para priorizar investimentos estruturais e sociais. Desta forma, as técnicas de análise e previsão demográficas são utilizadas no contexto do FTA (BOOTH, 2006). Em um *Foresight*, a previsão demográfica indica mudanças sociais de longo prazo, e a análise dos seus impactos mostra possíveis eventos disruptivos. Além

disso, ajuda ao pesquisador a identificar problemas futuros e assim, na definição de possíveis políticas para mitigá-los.

A Análise Demográfica tem a capacidade de fornecer indicadores sobre a demanda futura de um produto, por exemplo, identificando onde a demanda vai subir ou cair. Essa informação é importante na definição das prioridades de investimentos.

2.5.16. Análise dos *Stakeholders*

O método de Análise dos *Stakeholders* (*Stakeholder Analysis*) tem como objetivo avaliar e entender as partes interessadas a partir da perspectiva de uma organização, levando em conta os seus interesses e pontos fortes, identificando seus objetivos principais e reconhecendo potenciais alianças, conflitos e estratégias (BRUGHA; VARVASOVSKY, 2000) (MILES; POPPER, 2008).

O primeiro passo da Análise dos *Stakeholders* é definir se a análise será conduzida por um analista ou uma equipe (VARVASOVSKY; BRUGHA, 2000).

Na segunda etapa é realizada a identificação e coleta de dados sobre os interesses dos *stakeholders* (VARVASOVSKY; BRUGHA, 2000). A coleta é realizada por meio de entrevistas semi-estruturadas ou estruturadas – que podem utilizar *checklists*. De acordo com JI-WU et al. (2007), este passo tem como objetivo (i) identificar os *stakeholders* com interesses potenciais, (ii) identificar coalizões de *stakeholders* com os objetivos ou interesses comuns, (iii) analisar as lacunas nas expectativas dos *stakeholders* e seus inter-relações, e (iv) identificar os papéis dos *stakeholders* e a existência de conflitos. Um mapa dos *stakeholders* pode ser preparado ao final deste passo (ELIAS; CAVANA; JACKSON, 2002).

Na terceira etapa, os dados coletados e o mapa gerado são apresentados através de relatórios que auxiliam o processo de tomada de decisão dos *stakeholders* (VARVASOVSKY; BRUGHA, 2000).

De acordo com VARVASOVSKY e BRUGHA (2000), antes da coleta de dados da Análise dos *Stakeholders*, é necessário definir o alvo e a dimensão da análise, entender sua cultura e contexto, e o nível no qual a análise será realizada – local, nacional ou internacional.

2.5.17. Análise Morfológica

A Análise Morfológica (*Morphological Analysis*) é uma abordagem para solução de problemas que foi introduzida em sua forma moderna pelo astrônomo suíço Fritz Zwicky, que descreveu em detalhes o que Análise Morfológica é e como ela pode ser utilizada (ZWICKY, 1967) (RITCHEY, 2011). Embora COATES (1974) tenha definido Análise Morfológica como “selecionar sistematicamente todas as combinações de respostas permutadas para cada pergunta”, ela pode ser vista como um método incremental, o que exige conhecimento especializado para fornecer previsões de curto prazo (YOON; PARK, 2005).

A Análise Morfológica tenta capturar o máximo de informação possível a partir do contexto na forma de dimensões (ou parâmetros). Cada dimensão possui um intervalo de valores possíveis. O método consiste em analisar cada combinação dos valores possíveis de todas as dimensões. De acordo com MARKUS e MENTZER (2014), o espaço de solução fornecido pela Análise Morfológica pode ser usado para reunir uma gama de opções sociais, técnicas e políticas. Por exemplo, o espaço de solução formado por duas dimensões com cinco valores possíveis e uma dimensão de quatro valores possíveis resulta em 100 configurações possíveis ($5 \times 5 \times 4$). Estas configurações podem ser representadas graficamente em forma de caixa, chamada *morphological box* – ou *Zwicky box* (RITCHEY, 1998) – apresentada na Figura 8.

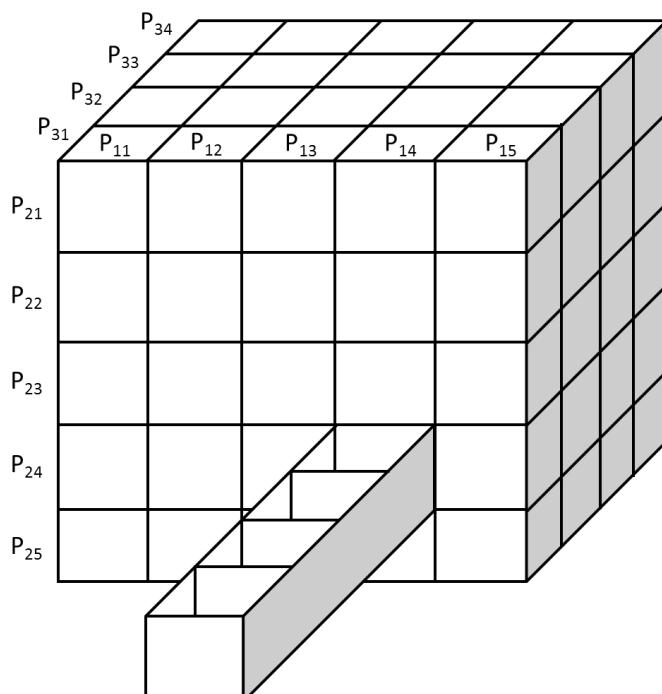


Figura 8. Um *morphological box* de 3 parâmetros (100 configurações), baseado em RITCHEY (1998).

Fritz Zwicky também introduziu um método para reduzir o número de configurações possíveis, que podem crescer exponencialmente, a fim de minimizar o número de cenários diferentes a analisar. A redução é feita através de um processo de avaliação cruzada de consistência (RITCHIEY, 2006). Zwicky o chamou de princípio da contradição e redução e significa que várias configurações podem ser excluídas (ou podadas) do espaço de solução devido à inconsistência mútua.

2.5.18. Análise Organizacional

A Análise Organizacional (*Organizational Analysis*) é um termo abrangente para reunir métodos de estudar as organizações de variadas formas, incluindo todos seus processos e padrões, com o fim de desenvolver uma melhor compreensão e melhorar o seu gerenciamento (MCFARLAND; GOMEZ, 2012). A Análise Organizacional é um ramo da Teoria das Organizações, que é uma área complexa que permeia muitas áreas de pesquisa, incluindo – mas não limitada a – ciências sociais, teoria de sistemas, filosofia, ciência política e economia. Sendo uma área complexa que abrange muitos campos de pesquisa, a Análise Organizacional possui diferentes teorias e abordagens.

Métodos de Análise Organizacional comuns incluem o SWOT (MILES; POPPER, 2008), o *framework* McKinsey 7-S (PETERS; WATERMAN, 1982), o *Balanced Scorecard* (KAPLAN; NORTON, 1992), e as Cinco Forças de Porter (PORTER, 1979). O SWOT é utilizado para analisar o cenário atual e o ambiente da organização – o método é explicado em detalhe na seção 2.5.50. O *framework* McKinsey 7-S é utilizado para analisar mudanças na situação interna da organização. O *Balanced Scorecard* é comumente utilizado no planejamento estratégico da organização. Finalmente, as Cinco Forças de Porter oferecem uma maneira alternativa de analisar em que situação a organização está, assim ajudando a mesma a atingir seus objetivos.

2.5.19. Analogias

A previsão por Analogia (*Analogy*) é uma comparação sistemática de uma tecnologia nova com uma tecnologia mais antiga, semelhante em todos os aspectos – ou, pelo menos, nos mais importantes (MARTINO, 1993). Os principais aspectos (ou dimensões) para comparar duas tecnologias são: tecnológica, econômica, administrativa, política, social, cultural, intelectual, ético-religioso, e ecológico – que

são discutidos em detalhes por MARTINO (1993). De acordo com GREEN e ARMSTRONG (2007), as analogias são especialmente úteis na previsão em situações de conflito, porque analogias fornecem informações para situações difíceis de prever.

Embora seja natural selecionar uma tecnologia “similar” ao fazer uma analogia, essa nem sempre é a melhor abordagem. Isso acontece porque as duas não podem ser suficientemente semelhantes nas dimensões mais importantes para servir como uma analogia. Por outro lado, uma tecnologia totalmente diferente pode vir a ser altamente análoga (MARTINO, 1993).

Qualquer analogia se torna inválida em certo nível, por isso pode ser necessário utilizar uma série de analogias estruturadas, atualizando a previsão e mantendo-a válida. O pesquisador que utiliza o método de analogias deve verificar periodicamente se a analogia continua válida (SLOCUM; LUNDBERG, 2001). Sem o apoio da metodologia, as pessoas podem realizar analogias com casos semelhantes enviesados, que são resultado da propensão humana de lembrar casos recentes ou incomuns (GOODWIN; WRIGHT, 2010).

2.5.20. Árvore de Relevância

Árvore de Relevância (*Relevance Tree*) é um método estruturado e ordenado para a descoberta de alternativas, dado um problema para ser resolvido ou um cenário a ser analisado. A ideia principal é fazer uma lista exaustiva de todas as alternativas possíveis a respeito de uma tecnologia (COATES, 1974). Uma Árvore de Relevância consiste em uma estrutura em formato de árvore que conecta conceitos que apresentam algum tipo de relação hierárquica entre si. Em termos gerais, Árvores de Relevância podem ser utilizadas sempre que é necessário quebrar um problema (ou soluções potenciais) em diversos níveis de uma hierarquia (MARTINO, 1993). Um exemplo de uma Árvore de Relevância parcial aplicada ao problema de criação de carros elétricos é apresentado na Figura 9.

Árvores de Relevância podem ser usadas de inúmeras formas. Suas implementações incluem Árvores de Perspectivas e Árvores de Objetivos (SWAGER, 1973), além das Árvores de Problemas e Árvores de Soluções (MARTINO, 1993).

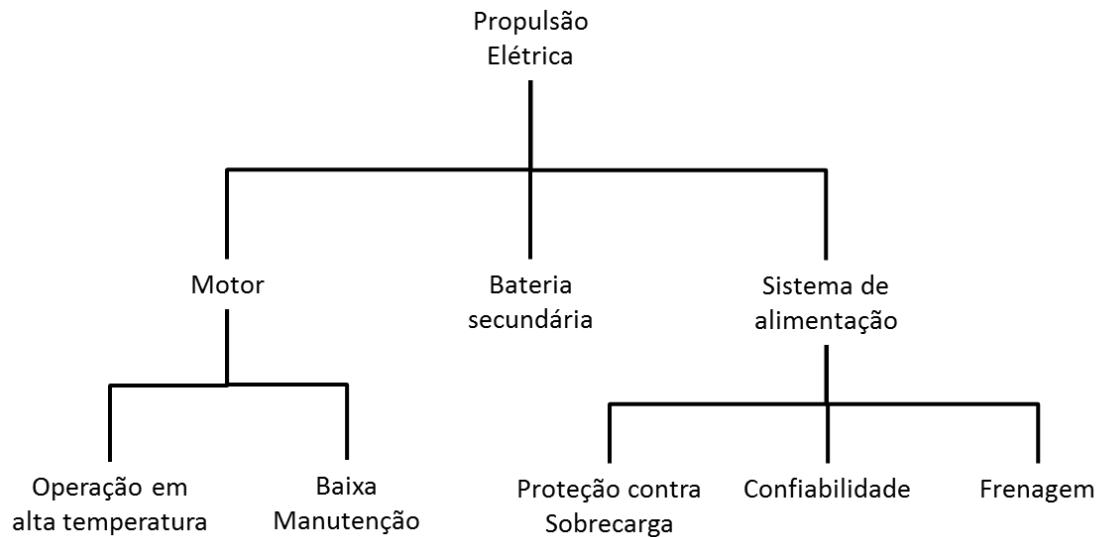


Figura 9. Árvore de Relevância aplicada à criação de carros elétricos. Adaptada de MARTINO (1993).

2.5.21. Avaliação de Múltiplas Perspectivas

A Avaliação de Múltiplas Perspectivas (*Multiple Perspectives Assessment*) é uma metodologia de análise de um problema a partir de três perspectivas: técnica, organizacionais e pessoais. O foco está em *como* o problema é analisado para ser resolvido, e não sobre o *que* é analisado em si (LINSTONE et al., 1981). LINSTONE (1989) justifica o uso das múltiplas perspectivas pelo fato de que cada uma produz *insights* inacessíveis para as outras. Além disso, as perspectivas organizacionais e pessoais são fundamentais para preencher a lacuna entre a análise e a ação. Neste contexto, as pessoas são analisadas em duas perspectivas diferentes: como entidades sociais (qualquer tipo de “organização” humana) e como indivíduos.

Embora seja imprescindível a utilização do ponto de vista técnico para analisar os elementos técnicos, a perspectiva organizacional para analisar os elementos da organização, e a perspectiva pessoal para analisar os elementos individuais, as três perspectivas podem e devem ser utilizadas para analisar qualquer elemento do problema. O uso de perspectivas adicionais na análise do problema pode induzir a ocorrência de *insights* importantes em seu percurso (LINSTONE et al., 1981). Estas perspectivas são ilustradas na Figura 10.

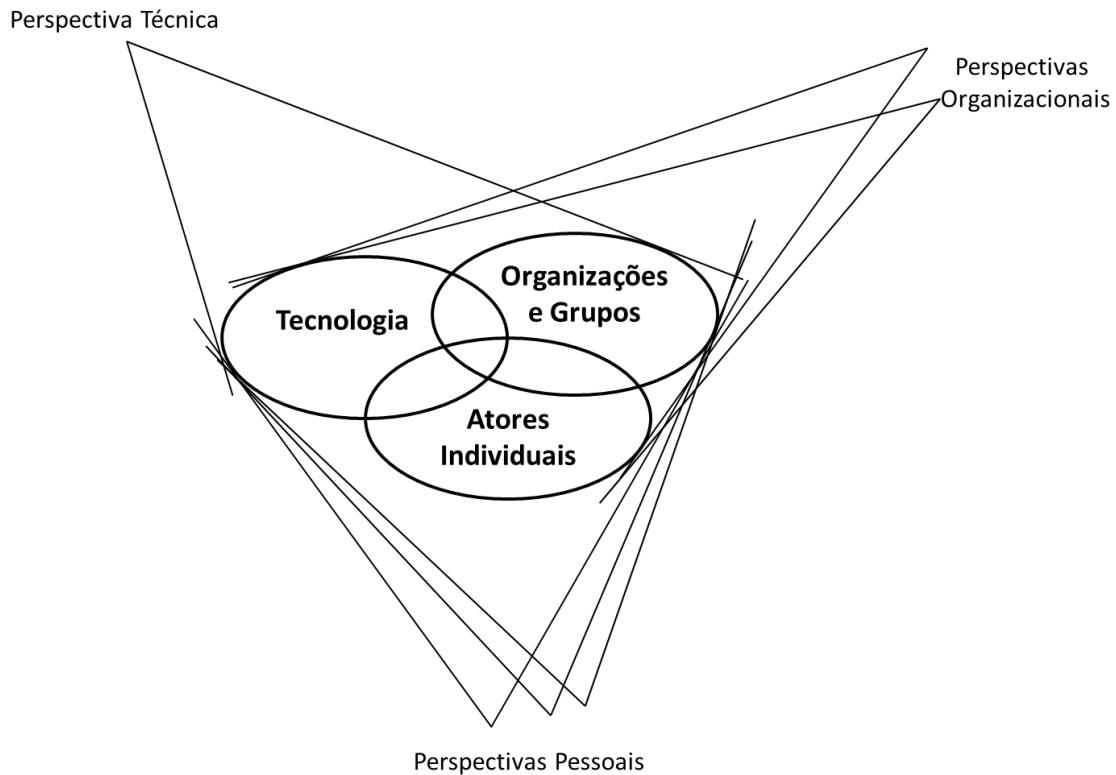


Figura 10. Avaliação de Múltiplas Perspectivas, adaptado de LINSTONE et al. (1981).

É importante observar na Figura 10 que há um único vértice para a perspectiva técnica e vários vértices de perspectivas organizacionais e pessoais. A diferença ocorre porque cada disciplina técnica considera diferentes partes do problema sem sobreposição (LINSTONE et al., 1981). Em outras palavras, a perspectiva técnica é o somatório das várias análises técnicas disponíveis, pois cada análise técnica cuida de uma fração da perspectiva técnica. No caso das outras perspectivas, cada ponto de vista é capaz de analisar o todo, e essas múltiplas visões se sobrepõem.

2.5.22. Avaliação de Tecnologia

A Avaliação de Tecnologia (*Technology Assessment – TA*) analisa como uma determinada tecnologia afeta uma sociedade específica no futuro em longo prazo (KELLER; LEDERGERBER, 1998). Segundo KELLER e LEDERGERBER (1998), esse tipo de previsão pode apresentar muitos obstáculos sociais, devido à inconstância da natureza humana, tornando a estimativa muito mais difícil. Esse tipo de TA é muitas vezes chamado de tradicional, que tem como objetivo realizar uma avaliação inicial sobre o impacto social de uma tecnologia, conscientizando a sociedade sobre as mudanças que a evolução da tecnologia pode causar e desenvolvendo opções para

minimizar impactos negativos (VAN DEN ENDE et al., 1998). TA tem se tornado uma ferramenta estratégica mais centrada em atores específicos do processo de tomada de decisão. De acordo com VAN DEN ENDE et al. (1998), existem 4 tipos de Avaliação de Tecnologia:

- TA de Conscientização: focada em tornar a sociedade consciente das consequências de um determinado desenvolvimento tecnológico;
- TA Estratégico: focada em apoiar a estratégia de um ator em particular relacionado a um avanço tecnológico;
- TA Construtivo: focada em guiar a sociedade em uma direção desejada relativa a uma tecnologia em expansão;
- *Backcasting*: parte do cenário desejável para então criar medidas inovadoras com o objetivo de alcançar este cenário. É descrito em detalhe na seção 2.5.25.

O TA é muitas vezes aplicado por Governos de maneira institucionalizada, com o objetivo de fornecer de instrumentos imparciais para a tomada de decisão política - em especial a criação de novas leis ou regulamentações. Contudo, interesses políticos são capazes de corromper um TA, tornando imparciais os cenários e opções produzidas e o desviando do seu propósito com relação às necessidades sociais (PALM; HANSSON, 2006).

2.5.23. Avaliação do Ciclo de Vida

Avaliação do Ciclo de Vida (*Life Cycle Assessment* – também conhecido como *Life Cycle Analysis*) é uma técnica iterativa para analisar o aspecto ambiental e os impactos potenciais do ciclo de vida de um produto (BENOÎT et al., 2009). A Avaliação do Ciclo de Vida pode ser aplicada para avaliar os impactos ambientais da embalagem do produto, do consumo de energia, da produção de resíduos sólidos, das emissões de gases de efeito estufa, e da contaminação da água. As normas ISO 14040 (2006) e ISO 14044 (2006) descrevem os requisitos e elementos recomendados para a Avaliação do Ciclo de Vida.

A ISO 14040 (2006) definiu um *framework* de Avaliação do Ciclo de Vida (Figura 11) que pode ser aplicado no desenvolvimento e melhoria de produtos, planejamento estratégico, elaboração de políticas públicas, *marketing*, entre outros. O

framework de Avaliação do Ciclo de Vida possui quatro fases: objetivo e definição do escopo; análise de inventário, avaliação de impacto e interpretação.

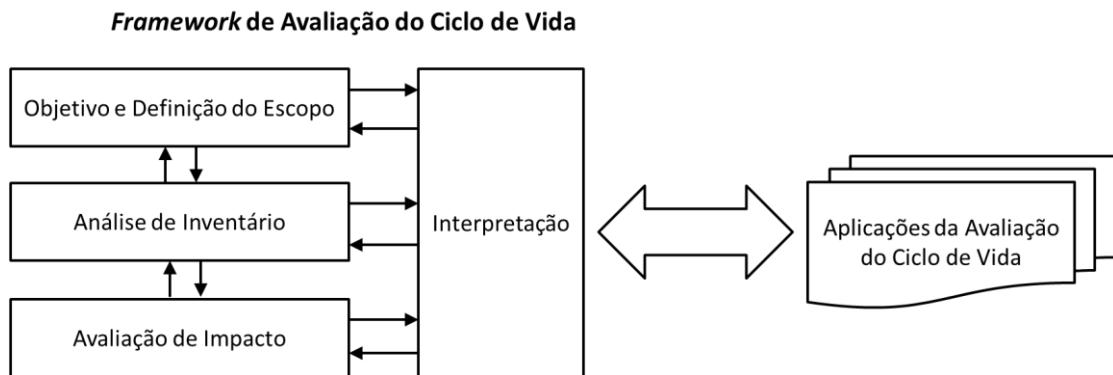


Figura 11. *Framework* de Avaliação do Ciclo de Vida, adaptado de ISO 14040 (2006).

2.5.24. Avaliação do Impacto Social

A Avaliação do Impacto Social (*Social Impact Assessment* – SIA) é um método usado para a análise, acompanhamento e gestão das consequências sociais e mudanças trazidas por quaisquer intervenções planejadas em larga escala, tais como políticas públicas, programas, planos e projetos (VANCLAY, 2003). SIA inclui sistemas e estratégias realizadas durante as fases de implementação de um desenvolvimento para responder de forma proativa às mudanças (FRANKS, 2012). Neste contexto, um desenvolvimento pode ser visto como qualquer intervenção governamental ou privada, com o potencial de gerar impactos em uma região próxima, geralmente relacionadas à grandes obras – como, por exemplo, a construção de rodovias ou novas indústrias.

O conceito de SIA é frequentemente visto como uma parte complementar à Avaliação de Impacto Ambiental (*Environmental Impact Assessment* – EIA). Enquanto o EIA é focado nos impactos físicos e biológicos de um desenvolvimento, o SIA é focado nos impactos às pessoas (WOLF, 1983). De acordo com DENDENA e CORSI (2015), existem tentativas de unificar os dois, de modo que ambos os impactos biofísicos e sociais sejam levados igualmente em conta.

Embora o SIA seja frequentemente realizado como uma etapa de um EIA, existem várias abordagens para a realização de uma SIA. Elas incluem, por exemplo, a Abordagem de Grupo de Referência e a Abordagem de Questões Básicas.

A Abordagem de Grupo de Referência se fundamenta pela seleção de um grupo de referência pequeno e representativo, a partir das comunidades que podem ser afetadas pelas novas políticas (GILDER, 1995). Cada membro do grupo é então

entrevistado individualmente, com o objetivo de coletar suas opiniões sobre a sua situação atual e sobre possíveis impactos futuros o desenvolvimento pode trazer.

A Abordagem de Questões Básicas (SCHWEITZER, 1981) utiliza questionários simples com perguntas básicas que abrangem áreas socioeconômicas nas quais os impactos mais significativos poderiam ocorrer com a introdução das políticas ou programas. O seu objetivo é permitir uma coleta de dados das partes interessadas de forma rápida e barata, substituindo relatórios detalhados que são caros e mais complexos. Exemplos de perguntas incluem "Quais são os usos principais da terra no local?" e "Como é que esses padrões podem ser alterados com a introdução desta nova política?". Nesses exemplos, é possível observar que a primeira pergunta é focada na avaliação da situação atual, e a segunda em explorar potenciais impactos futuros.

2.5.25. *Backcasting*

Backcasting destina-se a indicar a viabilidade relativa e implicações de futuros alternativos, escolhidos a partir de critérios definidos para a análise, independentemente da sua probabilidade de acontecer. A análise é realizada do futuro desejado até o presente, a fim de determinar a sua viabilidade e quais as políticas são necessárias para que esse futuro aconteça. O *Backcasting* é explicitamente não preditivo, normativo, e orientado em *design* (ROBINSON, 1990). Este fato o diferencia de muitos dos outros métodos de FTA, que estão focados em predizer os futuros mais prováveis, obedecendo a um conjunto de condições. De acordo com DREBORG (1996), o *Backcasting* deve ser visto como uma abordagem geral, e não como um método, assim como o *Forecasting*.

De acordo com ROBINSON (1990), o *Backcasting* começa com a definição de metas e objetivos futuros. Eles são usados para desenvolver um cenário futuro. Em seguida, o cenário é avaliado em termos de sua viabilidade (física, tecnológica e socioeconômica) e das suas implicações políticas. Finalmente, inconsistências encontradas na avaliação são resolvidas ou mitigadas.

Em questões de longo prazo, eventos disruptivos possuem maior probabilidade de ocorrer. Nestas circunstâncias de alta probabilidade de eventos disruptivos, uma abordagem de *Backcasting* é uma alternativa interessante (DREBORG, 1996). Assim, o *Backcasting* é aplicado em questões complexas de longo prazo, envolvendo a sociedade, as inovações tecnológicas e mudanças. Ele gera políticas, e não uma única grande decisão ou planos específicos.

2.5.26. *Brainstorming*

Brainstorming (OSBORN, 1957) é uma técnica de grupo focada em maximizar a geração de ideias. Ele é projetado para livrar seus membros da autocritica e da crítica de terceiros (DIEHL; STROEBE, 1987). As orientações de Osborn sobre *Brainstormings* de geração de ideias são: nenhuma preocupação imediata de qualidade ou avaliação; deve ocorrer em um período de tempo definido; deve incentivar a construção de ideias sobre as ideias dos outros; e deve ser gravada por um facilitador que não contribui com ideias (HESLIN, 2009). O *Brainstorming* é um conceito muito antigo, contudo, ainda é amplamente utilizado.

No entanto, a Técnica de Grupo Nominal (NGT), descrita na seção 2.5.51, tipicamente possui um desempenho melhor que o do *Brainstorming*. As razões desta superioridade não foram explicadas até agora, mas as interpretações da produtividade mais baixa do *Brainstorming* estão: bloqueio, medo de avaliação, e membros se aproveitando da participação dos outros (DIEHL; STROEBE, 1987).

De acordo com BROWN e PAULUS (2002), o *Brainstorming* em grupo seguido do *Brainstorming* individual sobre o mesmo tópico produz mais ideias do que *Brainstorming* individual seguido do *Brainstorming* em grupo.

O *Brainstorming* Eletrônico é uma variação que utiliza computadores como uma interface para troca de ideias, o que é especialmente útil para grandes grupos (oito ou mais). Ele ajuda o fluxo de ideias, impedindo “engarrafamentos” verbais, que ocorre nos grupos presenciais. No entanto, é mais fácil ignorar os outros do que em situações face-a-face (BROWN; PAULUS, 2002).

2.5.27. *Brainwriting*

Brainwriting é um método para estimular a criatividade, com o fim de gerar mais e melhores ideias, geralmente aplicadas em um processo de tomada de decisão. De acordo com HESLIN (2009), o *Brainwriting* envolve o compartilhamento silencioso de ideias por escrito para um grupo. Comparando *Brainwriting* com *Brainstorming*, o *Brainwriting* reduz o efeito das diferenças hierárquicas, os conflitos interpessoais, a dominação da discussão por um ou dois membros do grupo, a pressão para estar em conformidade com as normas do grupo, e o afastamento em relação ao foco da discussão (VANGUNDY, 1984). Na metodologia *Brainwriting* descrita por PAULUS e YANG (2000), um grupo típico de quatro pessoas é formado, compartilhando ideias escritas em duas sessões de 15 minutos.

2.5.28. Cenários

Cenários (*Scenarios*) são evoluções prováveis do futuro, que são consistentes com um conjunto de premissas (BUNN; SALO, 1993), sendo considerado um dos principais resultados dos estudos de futuro (BISHOP; HINES; COLLINS, 2007). Segundo o US ENVIRONMENTAL FUTURES COMMITTEE (1995), eles podem ser obtidos através do pensamento criativo sobre as possibilidades futuras – cenários exploratórios – ou através de um trabalho para produzir ativamente um futuro desejável – cenários normativos.

Cenários representam a combinação de um conjunto de tendências extrapoladas e projeções, contudo, esses componentes devem ser consistentes entre si, ou seja, não devem ser contraditórios. É perfeitamente plausível a construção de cenários que nunca irão acontecer, devido às suas inconsistências. Em um exemplo dado por GAUSEMEIER, FINK e SCHLAKE (1998) para análise do uso de caixas eletrônicos, é provável a exclusão de cenários que incluam a redução do uso de papel moeda e aumento no uso de caixas eletrônicos pela população em geral. Essas duas tendências podem ser consideradas inconsistentes, sendo assim, mutuamente excludentes.

De fato, SHOEMAKER (1995) sugere que três testes de consistência interna são especialmente úteis para a diminuição dos cenários inconsistentes produzidos. Na primeira etapa, são removidos os cenários com tendências cronologicamente incoerentes. Na segunda etapa, deve-se verificar se as saídas preditas são consistentes umas com as outras, removendo os cenários inconsistentes. Na terceira etapa, os cenários nos quais os *stakeholders* importantes são colocados em uma posição que podem ser alteradas são improváveis de acontecer e, se acontecerem, não ficarão muito tempo nessas posições.

2.5.29. Checklists para Identificação de Impactos

Os *Checklists* para Identificação de Impactos (*Checklists for Impact Identification*) fornecem uma maneira sistemática de identificação de impactos (JULIEN; FENVES; SMALL, 1992). Os *checklists* são feitos de listas de efeitos ambientais e indicadores de impacto, cuidadosamente concebidos para cobrir as possíveis consequências de um conjunto de ações. De acordo com HONGYING (2000), *checklists* funcionam como guias para a análise dos impactos em potencial. É um método associado ao *Environmental Impact Assessment* (EIA), que é um processo sistemático para identificar, prever e avaliar as consequências ambientais de um projeto

(PETRA, 2009). Os *checklists* podem estruturar o processo de decisão, permitindo a comparação das alternativas e provendo informações de suporte necessárias para a seleção das melhores opções. Inclusive, fornece uma base para comparação e avaliações das alternativas (CANTER, 1999).

Existem listas padronizadas de impactos possíveis para vários tipos de projeto (JULIEN; FENVES; SMALL, 1992). Apesar de um *checklist* bem-feito poder cobrir quase qualquer consequência importante, este método facilita ignorar fatores que não foram listados anteriormente (PETRA, 2009). Os *checklists* também não relacionam os impactos com suas fontes, o que afeta a identificação e compreensão dos impactos potenciais (JULIEN; FENVES; SMALL, 1992).

2.5.30. *Delphi*

Delphi (DALKEY, 1967) é um método interdisciplinar para estruturar um processo de comunicação em grupo, com o objetivo de resolver um problema complexo a partir da opinião de um grupo de indivíduos, que muitas vezes é formado por especialistas nos assuntos relevantes ao tema (LINSTONE; TUROFF, 2002) (TSENG; CHENG; PENG, 2009).

O processo *Delphi* existe em duas formas distintas: o “Exercício *Delphi*” e a “Conferência *Delphi*”. No exercício *Delphi*, uma pequena equipe de monitores (ou moderadores) elabora um questionário que é enviado para um grande grupo de pessoas – que pode ou não ser formado por especialistas, ficando a cargo dos coordenadores do *Delphi* definir o perfil adequado ao estudo. Os moderadores resumem os resultados e os utilizam para desenvolver um novo questionário, que é enviado ao grupo. O método *Delphi* normalmente procede em rodadas, que compreende um ciclo de interação entre os moderadores e o grupo de especialistas – da elaboração do questionário à sumarização das respostas (TSENG; CHENG; PENG, 2009). Os moderadores, por padrão, oferecem ao menos uma oportunidade de reavaliação das respostas originais, baseadas nos resultados do questionário. Ou seja, um *Delphi* costuma ter, pelo menos, duas rodadas. O principal objetivo do *Delphi* é convergir as opiniões dos especialistas (SLOCUM; LUNDBERG, 2001). Com a evolução da informática, surgiu uma abordagem alternativa de *Delphi*, que utiliza computadores para compilar os resultados do grupo, eliminando os atrasos causados ao resumir cada rodada do *Delphi*. Esta abordagem é chamada de *Delphi* em tempo real (LINSTONE; TUROFF, 2002). O processo do *Delphi* é mostrado na Figura 12.

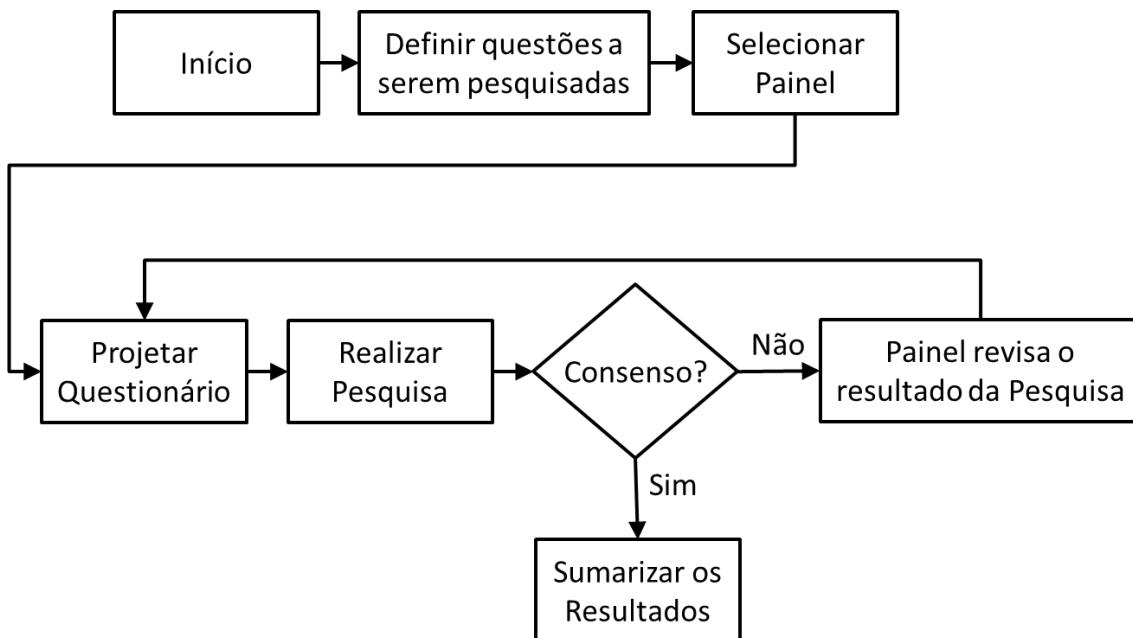


Figura 12. O Processo *Delphi*, adaptado de MCCOY, THABET e BADINELLI (2009).

De acordo com GUPTA e CLARKE (1996), o método *Delphi* documenta as opiniões dos especialistas, evitando alguns problemas da interação face-a-face como: conflitos no grupo, e dominância individual. *Delphi* pode ser usado como uma ferramenta facilitadora para tomadores de decisões estratégicas. De acordo com GUPTA e CLARKE (1996), o *Delphi* possui limitações conceituais e metodológicas. Essas limitações podem permitir uma execução desleixada, questionários ineficientes, e má escolha de especialistas.

2.5.31. Entrevistas

Entrevistas (*Interviews*) podem ser utilizadas como uma ferramenta poderosa para entender as pessoas, desde toda sociedade até indivíduos (RATCLIFFE, 2002). Esse método é utilizado para reunir o conhecimento tácito de um conjunto de entrevistados (MILES; POPPER, 2008). O conhecimento tácito também pode se referir à localização de um conhecimento documentado, que pode ser obtida com *stakeholders* e especialistas – evitando pesquisas desnecessários literatura. Outra aplicação de entrevistas é na avaliação do FTA, analisando os recursos utilizados no passado ou no presente (MILES; POPPER, 2008).

De acordo com RATCLIFFE (2002), as entrevistas variam em forma e propósito, no entanto, utilizam conjunto amplamente conhecido de regras e papéis. Assim, a entrevista se torna uma abordagem prática para reunir informações sobre

indivíduos, grupos e organizações. RATCLIFFE (2002) também descreveu métodos de entrevista, dentre os quais estão:

1. **Entrevista estruturada.** Em entrevistas estruturadas, o entrevistador pergunta as mesmas perguntas com o mesmo conjunto de respostas para todos os entrevistados. As entrevistas possuem pouca flexibilidade, uma vez que eles seguem um conjunto de diretrizes que impedem a improvisação e reforça o papel neutro do entrevistador. No entanto, eles podem fazer algumas perguntas abertas.
2. **Entrevista não estruturada.** Entrevistas não estruturadas são utilizadas para entender as pessoas e seu comportamento complexo. As perguntas são abertas. Esse tipo de entrevista requer habilidade do entrevistador, contudo, fornece dados mais qualitativos por não tentar categorizar as respostas *a priori*.
3. **Entrevista semiestruturada.** Ela equilibra as qualidades das entrevistas estruturadas e não estruturadas. A entrevista possui um conjunto de perguntas padrão, mas dá liberdade ao entrevistador para reagir às respostas dadas, inclusive modificando o questionário de forma dinâmica.
4. **Entrevista em grupo.** Na entrevista de grupo, a grande diferença é que um grupo de pessoas é entrevistado ao mesmo tempo, não importando quão formal é a entrevista. Entrevistas em grupo podem variar amplamente em formato; no entanto, sua forma mais conhecida é o *Focus Group*.

2.5.32. Extrapolação de Tendências

Extrapolação de Tendências (*Trend Extrapolation*) é um método de FTA em que uma curva representando dados históricos é analisada e extrapolada – i.e., a tendência futura da curva é calculada (LECZ; LANFORD, 1973). Este tipo de predição parte do pressuposto de que os padrões da série histórica não mudem constantemente, portanto essas tendências tem uma grande chance de se manterem válidas no futuro próximo. Existem muitas técnicas para a projeção futura da curva, usando desde uma linha reta até algoritmos para ajuste de curvas (LECZ; LANFORD, 1973). Quando a série de dados se comporta linearmente, métodos mais simples podem ser aplicados, tais como traçar uma linha reta à mão livre ou de regressão linear (NUTT et al., 1976). Na Figura

13 é apresentado um exemplo de Extrapolação de Tendências com linha reta à mão livre.

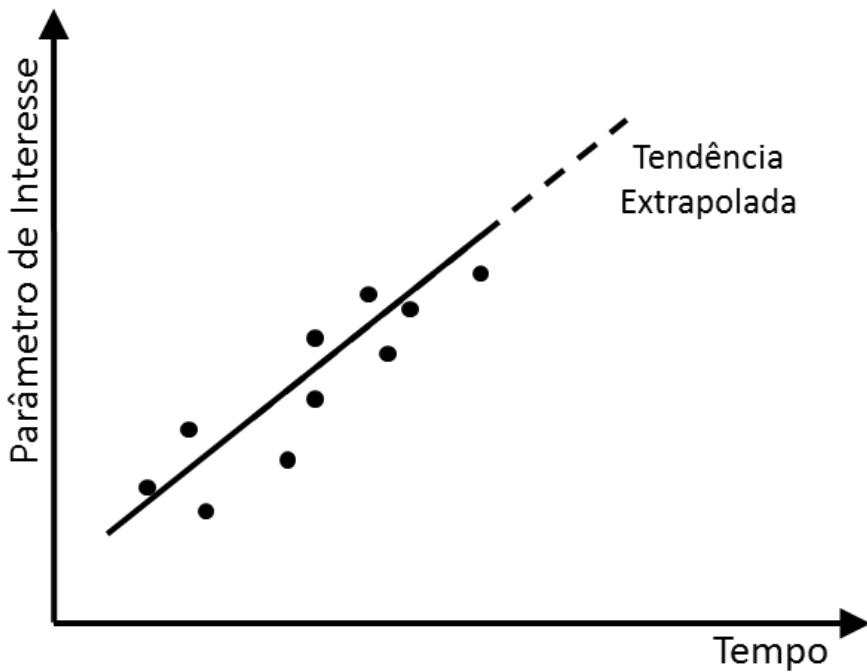


Figura 13. Exemplo de Extrapolação de Tendências, adaptado de NUTT et al. (1976).

As tendências extrapoladas não são definitivas e muitos eventos podem mudar completamente uma previsão. Além disso, dados complexos podem ser difíceis de serem encaixados em uma curva. Tendências podem frequentemente criar curvas que apontam para direções diferentes, tornando necessária a criação de diferentes cenários, com o objetivo de entender esses possíveis futuros (BEZOLD, 1999).

2.5.33. *Field Anomaly Relaxation* (FAR)

O *Field Anomaly Relaxation* (FAR), criado em 1971 (RHYNE, 1995), é um método da família de cenários (FIRAT; WOON; MADNICK, 2008). FAR é uma maneira de projetar cenários alternativos, que são descrições das linhas de evolução plausíveis do contexto atual de um campo social em alguma região. FAR foi aplicado no planejamento militar, na provisão educacional, e na gestão de recursos hídricos (COYLE; CRAWSHAY; SUTTON, 1994). Para cada exercício de FAR, deve-se executar o ciclo de quatro etapas apresentadas na Figura 14 ao menos duas vezes.

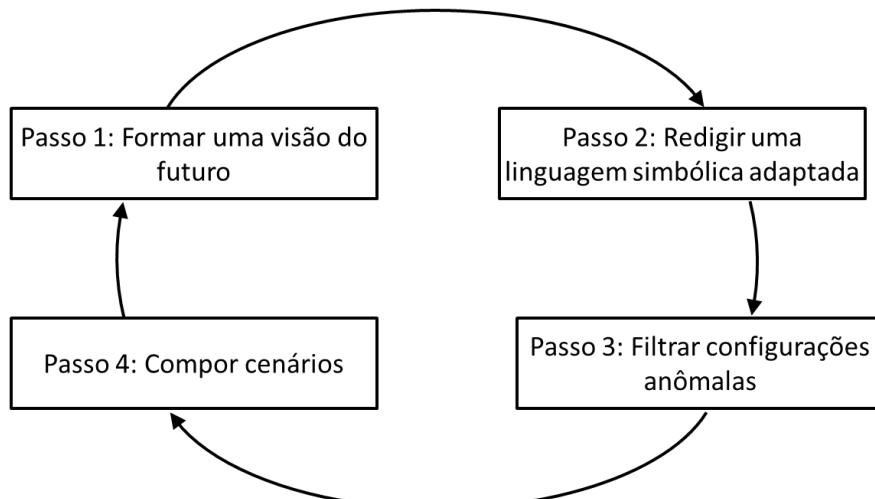


Figura 14. O ciclo FAR, adaptado de RHYNE (1995).

2.5.34. *Futures Wheel*

O *Futures Wheel* (GLENN, 1994) é um método para identificar as consequências de tendências ou eventos. Por uma questão de simplicidade, tanto tendências quanto eventos serão referidos apenas como *evento*. O método é geralmente realizado por um grupo, mas o mesmo pode ser utilizado por apenas um indivíduo. A partir de um evento inicial, o grupo define suas prováveis consequências, gerando um conjunto de consequências primárias. Para descobri-las, os membros do grupo devem perguntar uns aos outros: “*Caso o evento ocorra, o que acontece em seguida?*”, “*O que necessariamente acontece com esse evento?*”, “*Quais são os seus impactos ou consequências?*”. Em seguida, cada consequência principal é analisada de forma recursiva, gerando um conjunto de consequências secundárias. Embora o método possa continuar indefinidamente de forma recursiva, raramente alguém irá além das consequências terciárias, principalmente por causa do crescimento exponencial da complexidade do método. A análise pode se tornar extremamente complexa, a menos que existam padrões emergentes. Consequências contraditórias também podem ocorrer.

Ao longo do processo, o grupo mapeia o caso, as suas consequências, produzindo um gráfico concêntrico, conforme apresentado na Figura 15. Alternativamente, o grupo pode representar o nível da consequência pelo número de linhas da seta que liga o evento para a sua consequência (PIMENTEL et al., 2011) (GLENN, 1994). Portanto, as setas com uma linha única indicam consequências primárias, setas de linha dupla indicam a consequências secundárias, e assim por diante. Esta notação é apresentada na Figura 16. Esse mapa da complexidade das interações

entre os eventos mostra que as consequências não ocorrem de uma só vez, mas em uma sequência evolutiva e interativa (GLENN, 1994).

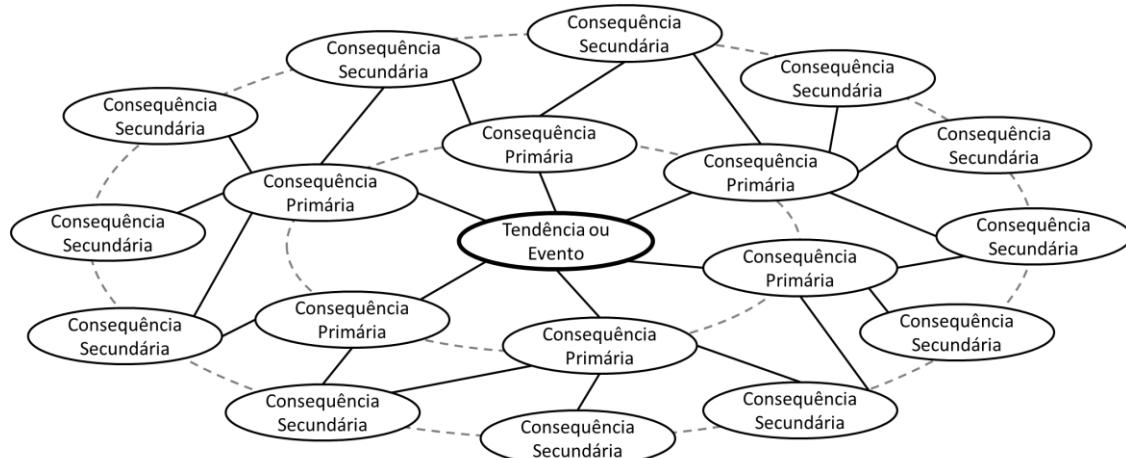


Figura 15. A notação tradicional da *Futures Wheel*, os anéis pontilhados são opcionais.

O grupo pode construir um *Futures Wheel* rapidamente e criticar as consequências encontradas no final do processo, ou pode construí-la lentamente, discutindo a plausibilidade de cada consequência no momento da construção. Independentemente da escolha, apenas consequências que são considerados plausíveis para todo o grupo devem entrar no *Futures Wheel* (GLENN, 1994).

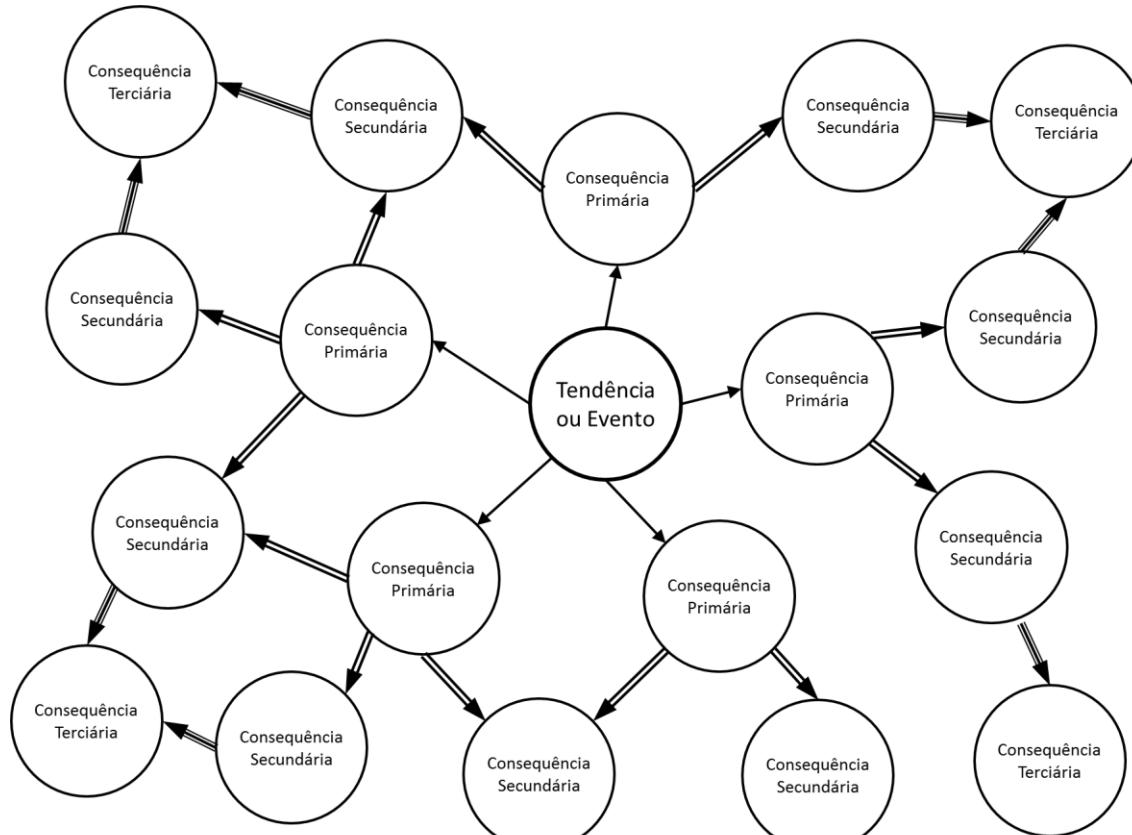


Figura 16. A notação alternativa do *Futures Wheel*.

2.5.35. Geração de Visão (Futuros Aspiracionais)

Visão é um futuro preferido que traduz os valores de uma pessoa ou organização (BEZOLD et al., 2009). Uma visão tem uma força inspiradora capaz de gerar comprometimento no sentido do futuro imaginado. Se o comprometimento for grande o suficiente, a visão pode se transformar em uma profecia autorrealizável. De acordo com BEZOLD et al. (2009), a visão é mais do que uma ideia: ela cria algo que ainda não existe.

Os métodos Geração de Visão (*Vision Generation*) e Futuros Aspiracionais (*Aspirational Futures*) foram desenvolvidos pelo *Institute for Alternative Futures* (IAF). Geração de Visão é semelhante à criação de cenários normativos (descritos no método Cenários na seção 2.5.28), mas é focado em desafiar a realidade. Geração de Visão usa a noção de metas audaciosas para estimular as pessoas a romper seus limites. Segundo BEZOLD et al. (2009), um visão deve:

1. **Ser legítima.** Uma visão nunca pode ser imposta a um indivíduo ou grupo.
2. **Ser compartilhada.** Uma visão alinha as pessoas, gerando um espírito de grupo direcionado para a visão.
3. **Expressar as mais altas aspirações das pessoas para mudar o mundo.** Uma visão precisa envolver as pessoas para “fazer a diferença”.
4. **Passar dos limites da realidade atual.** Uma visão deve forçar as pessoas além os seus limites. Metas audaciosas produzem a sensação de que as pessoas podem fazer contribuições importantes e quebrar seus limites pessoais.
5. **Ser viável dentro de um prazo específico.** As pessoas que compartilham a visão devem acreditar que a visão é viável.

Visões poderosas incorporam todos os elementos listados acima (BEZOLD et al., 2009). O processo de visão deve ser adaptável para a organização (ou grupo), podendo afetar a sua missão, o que implica em verificar e rever sua visão atual.

2.5.36. Grupos Focais

Grupos Focais (*Focus Groups*) são discussões em grupo apoiados por atividades coletivas – como ver um vídeo ou debater um conjunto de questões – para gerar dados utilizando a interação do grupo (KITZINGER; BARBOUR, 1999). Os Grupos Focais exploram as experiências, opiniões, desejos e preocupações das pessoas de forma a

encorajar os participantes a falar uns com os outros, através de perguntas, comentários, e compartilhamento de experiências e pontos de vista. O termo Grupos Focais se aplica a qualquer grupo de discussão onde a interação do grupo éativamente encorajada pelo pesquisador. Os grupos podem executar diferentes tarefas e possuir diversas composições (KITZINGER; BARBOUR, 1999).

As discussões dos Grupos Focais devem gerar dados. Desta forma, os pesquisadores realizam anotações sobre as sessões, formando um resumo da reunião. É recomendável gravação em vídeo das sessões para permitir a transcrição da discussão. A gravação em áudio pode ser utilizada, no entanto, gerando um esforço extra para identificar quem está falando, dificultando o processo de transcrição (KITZINGER; BARBOUR, 1999). Os dados dos Grupos Focais devem ser analisados a partir da perspectiva dos grupos ao invés da perspectiva dos indivíduos. Depois que o pesquisador deve tentar distinguir opiniões individuais do consenso alcançado. Finalmente, o pesquisador deve comparar os dados com discussões de temas similares (KITZINGER; BARBOUR, 1999).

2.5.37. Índice do Estado do Futuro

O Índice do Estado do Futuro (*State of the Future Index – SOFI*) é um índice agregado que combina múltiplas variáveis para chegar a uma estimativa que indica o estado geral do futuro nos próximos 10 anos, ou seja, se a tendência nos próximos anos é de melhora ou piora de qualidade de vida em geral (GORDON, 2003b).

SOFIs podem ser conduzidas em nível global ou nacional. SOFIs globais produzem indicadores para o mundo todo, enquanto as SOFIs nacionais têm seu alcance limitado a um único país. As SOFIs nacionais podem ser comparadas entre si, desde que suas variáveis estejam normalizadas (GORDON et al., 2011).

Além de selecionar o escopo do projeto, as variáveis a serem incluídas no índice precisam ser escolhidas. Alguns exemplos de variáveis que podem ser adicionadas no SOFI incluem: taxa de desempregado, taxa de matrícula de ensino médio, a disponibilidade de alimentos, e nível de corrupção (JOINT RESEARCH CENTRE-EUROPEAN COMMISSION, 2008). As variáveis podem receber pesos diferentes para contabilizar sua maior ou menor importância relativa.

Uma vez que as variáveis e os seus respectivos pesos foram definidos, é possível iniciar a extração de seu comportamento futuro. É recomendado o uso de pelo menos 20 anos de dados passados, para realizar uma previsão de 10 anos (GORDON, 2003b).

As técnicas utilizadas para previsão incluem extração simples (usando funções lineares, logísticas e exponenciais), bem como outros métodos de FTA. Um exemplo de extração é mostrado na Figura 17: a linha preta sólida representa dados reais do passado, enquanto que as linhas tracejadas representam valores limites superiores e inferiores para o índice no futuro.

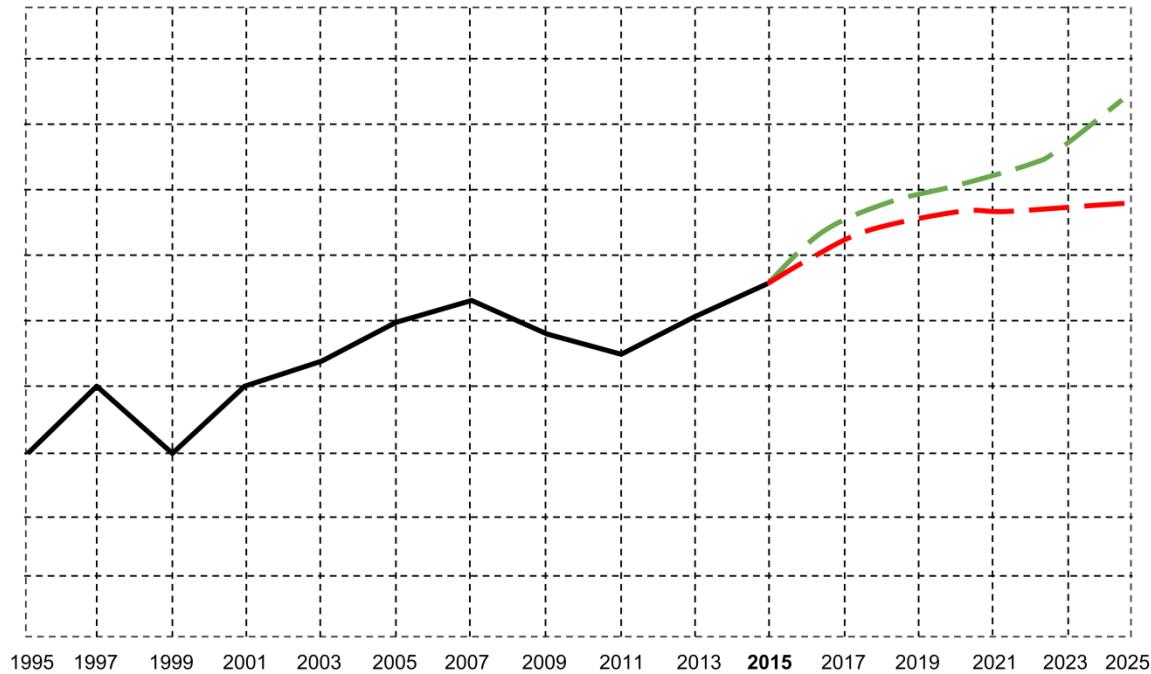


Figura 17. Exemplo de índice para um gráfico SOFI global. Adaptado de GLENN e GORDON (2006).

2.5.38. Modelagem Baseada em Agentes

A Modelagem Baseada em Agentes (*Agent-based Modeling*) é uma simulação onde agentes computacionais preenchem um ambiente virtual (GORDON, 2003c). Eles interagem com o ambiente (e outros agentes) através de um conjunto de regras de comportamento. Estes modelos podem ser utilizados para estudar vários fenômenos sociais humanos, como dinâmicas populacionais e propagação de doenças. Esta é uma abordagem computacional para estudar diversas atividades humanas – por exemplo, economia e demografia – como uma ciência social (EPSTEIN; AXTELL, 1996). Agentes com diferentes conjuntos de atributos e regras são considerados como de diferentes espécies (GORDON, 2003c). Assim, a Modelagem Baseada em Agentes não é limitada a simular apenas o comportamento humano.

Em cada simulação, estruturas sociais e comportamentos do grupo emergem da interação dos agentes no ambiente virtual (EPSTEIN; AXTELL, 1996). Conforme simulações sucessivas são executadas, padrões se revelam.

De acordo com EPSTEIN e AXTELL (1996), a Modelagem Baseada em Agentes possui três ingredientes básicos: agentes, um ambiente, e regras. Os agentes são o “povo” na simulação, possuindo estados internos (alguns fixos, outros variáveis) e regras de comportamento. O ambiente é o meio no qual os agentes atuam e com o que interagem. O ambiente pode simular uma paisagem ou uma estrutura abstrata, como uma rede de comunicação. O ambiente também pode conter regras (GORDON, 2003c). As regras de comportamento determinam o que cada agente pode fazer. As regras são dependentes do estudo: pode simular a migração pela temperatura ambiente, ou pela disponibilidade de alimentos, assim como a dinâmica o comércio de ações na bolsa de valores, por exemplo.

2.5.39. Modelos Causais

Modelos Causais (*Causal Models*) é um conjunto de métodos que incorporam informações sobre causa e efeito. Eles usam ligações conhecidas de causa e efeito sobre o tema de interesse, expressas formalmente – matematicamente ou de outra forma. Os métodos de extração encontram apenas as correlações entre o passado e o futuro, sem necessidade de conhecimento sobre as causas do crescimento (ou redução) relacionado à tecnologia, assumindo que a mesma irá continuar indefinidamente (MARTINO, 1993). De acordo com SLOCUM e LUNDBERG (2001), os Modelos Causais são geralmente válidos apenas no contexto da população analisada.

Modelos Causais exigem um entendimento dos fatores que causam uma mudança tecnológica. Em contextos onde não há fatores causais disponíveis, técnicas exploratórias tornam-se úteis, devido a sua vantagem de sua capacidade de realizar previsões independentemente do conhecimento sobre fatores causais (MARTINO, 1993).

De acordo com MARTINO (1993), existem três tipos de Modelos Causais: modelos tecnológicos, que realizam previsões de mudanças tecnológicas com base em fatores internos ao sistema em que as mudanças ocorrem; modelos técnico-econômicos assumem que a tecnologia é impulsionada por fatores econômicos; e modelos socioeconômicos, que incluem alguns elementos dos sistemas sociais e econômicos no qual a tecnologia está sendo desenvolvida.

2.5.40. Modelos de Base Econômica

Modelos de Base Econômica (*Economic Base Modeling*) são utilizados para compreender o desenvolvimento econômico e o crescimento regional. Ele é baseado no pressuposto de que a economia local pode ser dividida em dois setores: o setor básico e setor não básico. De acordo com ROMANOFF (1974), o modelo de base econômica é um caso especial de análise de insumo-produto (LEONTIEF, 1941). A própria análise de insumo-produto também é um caso especial do multiplicador multisectorial (CHIPMAN, 1950).

Segundo DINC (2002), o crescimento de uma região é determinado pelo crescimento do setor básico. O setor básico é formado pelas empresas dependentes de fatores externos, tais como: indústrias exportadoras, agricultura, mineração, turismo, e governo federal. O setor não básico é formado por empresas dependentes de fatores locais, tais: varejo, bancos, governo local, e serviços.

2.5.41. Modelos de Difusão

Os Modelos de Difusão (*Diffusion Modeling*) de Inovações referem-se a modelos matemáticos de difusão de tecnologias sob um conjunto específico de suposições (MICHALAKELIS; VAROUTAS; SPHICOPoulos, 2010). Neles, o número acumulado de adeptos de uma nova tecnologia é modelado como uma curva em forma de S, conforme apresentado na Figura 18. A taxa de adoção de uma tecnologia cresce progressivamente até um ápice e, em seguida, desacelera formando um gráfico em forma de sino ao longo do tempo, também apresentado na Figura 18 (MEADE; ISLAM, 2006).

De acordo com MICHALAKELIS et al. (2010), os modelos de difusão mais utilizados para a estimativa de demanda e previsão são: GOMPERTZ (1825), BASS (1969), e os modelos da família de logística, por exemplo o modelo descrito por FISHER e PRY (1972).

Quando o número máximo de adeptos é atingido, o ciclo de vida da tecnologia termina. Em seguida, uma nova geração da tecnologia a substitui (MICHALAKELIS; VAROUTAS; SPHICOPoulos, 2010). No entanto, os modelos de difusão focados em substituição tecnológica serão discutidos separadamente dos modelos de difusão tecnológica.

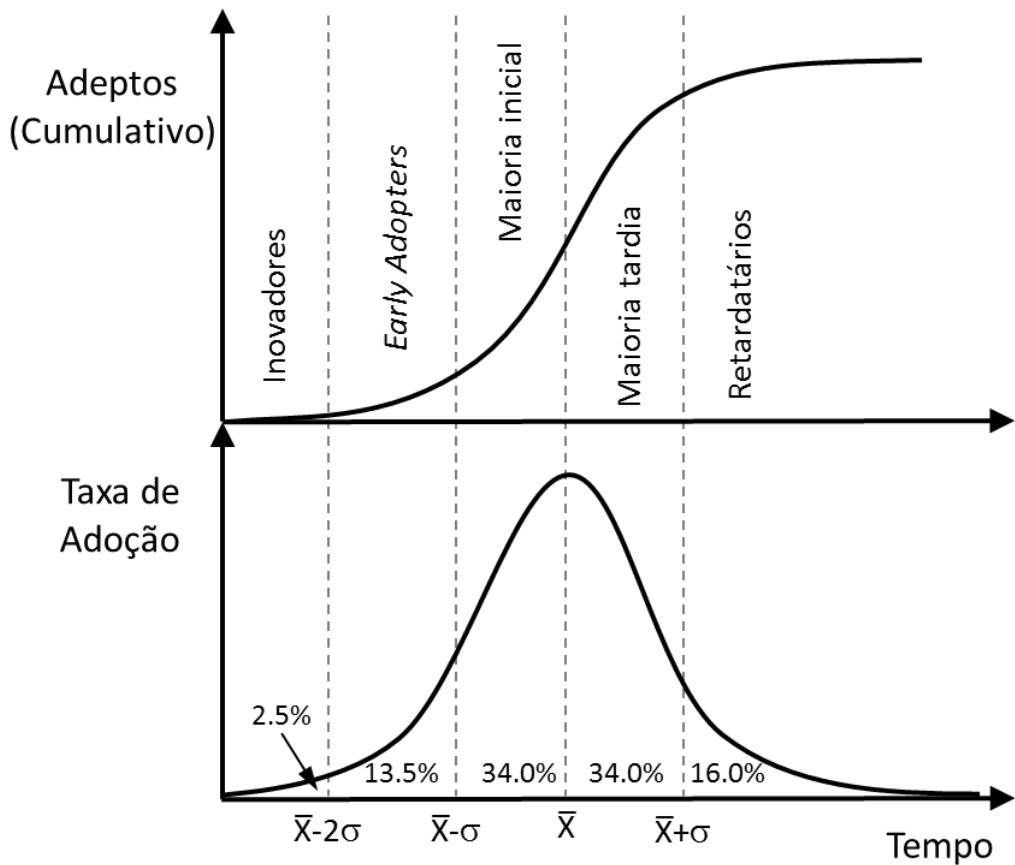


Figura 18. O número acumulado de adeptos (cima) e a taxa de adoção (baixo) de uma nova tecnologia ao longo do tempo.

2.5.42. Monitoramento do Ambiente Organizacional

Métodos de Monitoramento, como o Monitoramento do Ambiente Organizacional (*Environmental Scanning*), envolvem observação, análise, monitoramento e descrição sistemática dos contextos tecnológicos, sociocultural, políticos, ecológicos e econômicos da organização (MILES; POPPER, 2008). O Monitoramento do Ambiente Organizacional é uma ferramenta para compreender as novas tendências, reduzindo a vulnerabilidade da organização às mudanças não detectadas (LAPIN, 2004). As organizações que usam estas técnicas na construção de seu plano estratégico tem mais chance de definir o seu futuro preferido ao invés ter que reagir a um futuro imposto (LAPIN, 2004). No setor privado, as técnicas incluem análises demográficas e geográficas, pesquisa estatística dos consumidores, construção de cenários, painéis de especialistas, econometria, e outras formas de modelagem computacional (U. S. ENVIRONMENTAL FUTURES COMMITTEE, 1995). A atividade requer uma especialização na monitorização de tendências noticiadas na

mídia, seja de massa ou científica, sendo normalmente realizada por acadêmicos ou consultores (MILES; POPPER, 2008).

O mesmo método é utilizado pelos governos para prever problemas ambientais (U. S. ENVIRONMENTAL FUTURES COMMITTEE, 1995). Neste caso, as forças que comumente afetam a qualidade do ambiente são: urbanização da população; aumento do consumo de recursos naturais relacionados com a expansão econômica; avanços tecnológicos; atitudes ambientais e instituições que influenciam as pessoas sobre mudanças ambientais. Estas forças são dinâmicas e interdependentes, tendo efeitos positivos e negativos sobre o meio ambiente, sendo consequências das escolhas pessoais, comunitárias, e nacionais (U. S. ENVIRONMENTAL FUTURES COMMITTEE, 1995). O Monitoramento do Ambiente Organizacional pode ser caracterizado como *irregular, periódico* ou *contínuo*, dependendo da sua sofisticação e complexidade (FAHEY; KING, 1977) (THOMAS, 1980) (FAHEY; KING; NARAYANAN, 1981).

2.5.43. PATTERN

A técnica PATTERN (*Planning Assistance Through Technical Evaluation of Relevance Numbers*) é um método baseado em Árvores de Relevância (descrito na seção 2.5.20) para avaliar alternativas e decisões corporativas, baseadas na necessidade futura de uma tecnologia em particular, sendo um método de Análise de Requisitos (*Requirements analysis*) (O'SHAUGHNESSY, 2014). O PATTERN combina a análise da Árvore de Relevância com modelos matemáticos para determinar qual é a melhor alternativa. O método foi desenvolvido pela *Honeywell's Military and Space Sciences Department*, tendo seu uso descentralizado por toda Honeywell, para continuamente estruturar a problemas de forma que o mesmo se torne simples o suficiente para ser resolvido por pequenos grupos de planejamento (ALDERSON; SPROULL, 1971).

De acordo com ALDERSON e SPROULL (1971), os componentes da técnica PATTERN são:

1. **Estrutura de Árvore de Relevância.** A área a ser investigada é definida e então subdividida na forma de uma Árvore de Relevância. Esta estruturação deve facilitar o entendimento, ser aplicável à análise, cobrir a área completamente, e deve possuir elementos independentes.
2. **Critérios.** Critérios são definidos de maneira a realizar a avaliação dos dados de entrada, através da definição das prioridades relativas entre as

variáveis e seus relacionamentos. Em termos simples, os critérios definem os objetivos prioritários, as bases de julgamento e as razões para mudanças.

3. **Entrada de Dados.** No momento da entrada de dados, pedaços da estrutura são combinados com seus critérios, formando formulários de votação (cédulas) para definição de pesos. Desta forma, especialistas podem votar em um peso para cada critério. No formulário de voto, a soma dos pesos para cada agrupamento de critérios deve totalizar 100 – ou 1, caso o pesquisador deseje trabalhar com decimais. Outro modo de votar utiliza uma matriz que combina os elementos da estrutura (da Árvore de Relevância) e os critérios, permitindo uma votação em um formato compacto, mas equivalente.
4. **Premissas ou Dados de Referência.** Cada estudo pode possuir premissas implícitas ou explícitas. As premissas implícitas são relacionadas com a experiência, tendências futuras e projeções. Premissas explícitas são formadas a partir de um cenário futuro, o qual é desenvolvido considerando os ambientes econômicos, políticos e sociais.
5. **Determinar os Números de Relevância.** Três variáveis devem ser calculadas. A relevância parcial (*partial relevance*) é definida como o produto do peso do critério pelo peso da variável (o pedaço da árvore de relevância) referente a este critério. A relevância local (*local relevance*) é definida como a soma dos pesos de uma variável em todos os critérios. Já a relevância direta total (*total direct relevance*) é definida como o produto da relevância local da variável pela relevância local de todas as variáveis do seu ramo, incluindo todos os nós do nível da variável até o nó raiz.
6. **Dados de Saída.** Várias análises numéricas podem ser realizadas com os Números de Relevância. É possível destacar a listagem de todos os dados de entrada, organizados por nível, e ordenados pela sua relevância direta total. A dispersão dos dados e a distribuição cumulativa das relevâncias locais de cada nó também são saídas comuns da técnica.
7. **Processamento de Dados.** A técnica PATTERN foi desenvolvida para ser facilmente implementável como um *software*.

2.5.44. Processo Analítico Hierárquico (AHP)

O Processo Analítico Hierárquico (*Analytical Hierarchy Process – AHP*) é um método de Análise de Decisão Multicritério (descrito em 2.5.7) no qual os fatores da decisão são dispostos em uma estrutura hierárquica. O AHP possui três passos básicos: a definição da hierarquia, o procedimento de priorização, e o cálculo dos resultados (RAZMI; RAHNEJAT; KHAN, 2000), podendo ser representado graficamente conforme a Figura 19. No AHP, os fatores selecionados são organizados em uma estrutura hierárquica, descendente de uma meta global para critérios, subcritérios e alternativas, em níveis sucessivos. A organização de objetivos, atributos, problemas e interessados em uma hierarquia fornece uma visão global das relações complexas inerentes à situação e normaliza os problemas em cada nível (SAATY, 1990). São então realizadas comparações em pares – fundamentais no AHP – gerando matrizes de comparações de pares (SAATY, 1987). Elas calibram a escala numérica para a medição do desempenho quantitativo e qualitativo (VAIDYA; KUMAR, 2006).

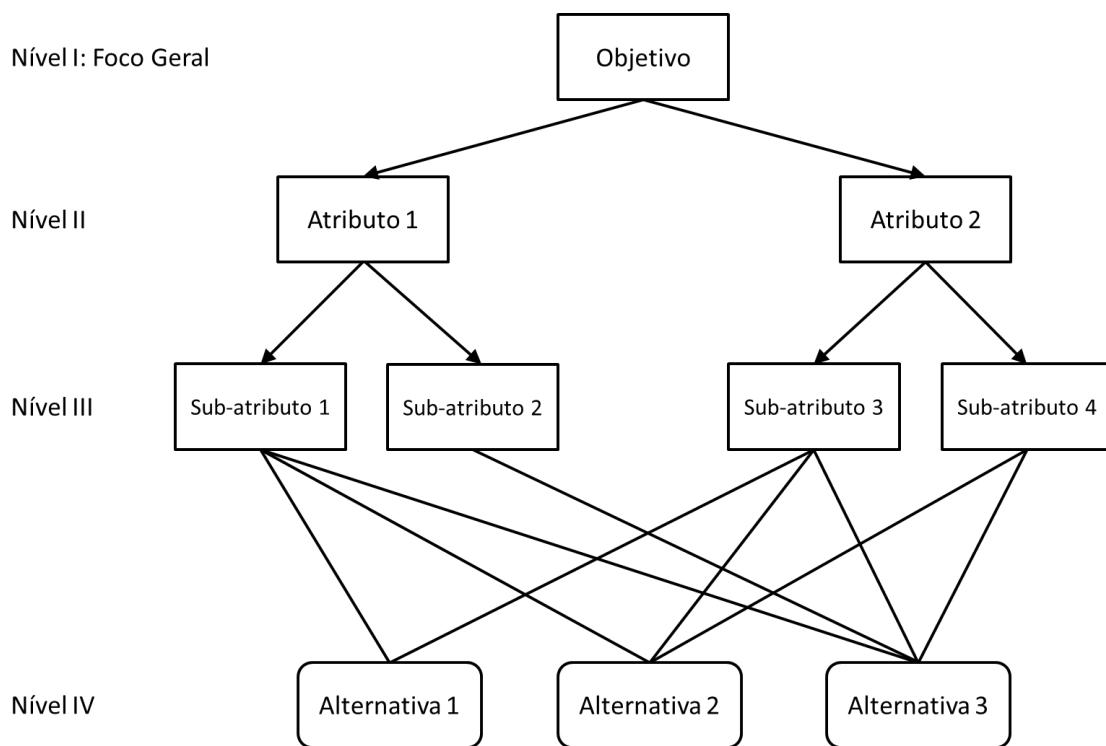


Figura 19. A hierarquia AHP, adaptada de RAZMI, RAHNEJAT e KHAN (2000).

2.5.45. *Roadmapping*

Roadmapping é uma técnica flexível e amplamente utilizada para apoiar a gestão e o planejamento tecnológico de uma organização. O seu uso mais comum é para apoiar

o planejamento de produtos, onde é utilizado para relacionar as novas tecnologias com os produtos reais (PHAAL; FARRUKH; PROBERT, 2004).

Em sua forma mais básica, um *roadmap* é uma análise temporal – geralmente envolvendo elementos gráficos com múltiplas dimensões de ligação: com o mundo externo (mercado), com o portfólio da organização (produto), e com a evolução tecnológica (tecnologia), para garantir o sincronismo entre essas partes com os objetivos estratégicos da organização (PHAAL; FARRUKH; PROBERT, 2004). De acordo com GARCIA e BRAY (1997), *roadmaps* também são úteis para a comunicação entre os membros da equipe, apoiando a análise dos custos e facilitando o relacionamento de questões em nível estratégico com o planejamento e a execução em nível operacional.

2.5.46. Simulação de Cenários (Jogos de Simulação)

A Simulação de Cenários (*Scenario-simulation*) tem como objetivo ajudar a entender o resultado de uma situação planejada antes da execução real do plano. Usar a abordagem de simulação pode não ser viável em muitos casos por falta de orçamento, de recursos ou mesmo da compreensão necessária para modelar o problema. Simulações servem como experimentos para provar os resultados potenciais de ações e validar suposições. Todo cenário simulado depende dos valores de entrada das variáveis. Sendo assim, outro uso da simulação é explorar vários cenários a partir das combinações de valores de entrada, selecionando o melhor cenário simulado para ser aplicado em condições reais.

Dos tipos de simulações baseadas em cenários, um dos mais antigos é o Jogo de Simulação (*Simulation Gaming*), que é utilizado pelos militares em jogos de guerra, a partir de um roteiro pré-determinado. A simulação pode ser baseada em *role-playing* (atuação) em exercícios militares, ou através de um forte apoio de modelos computacionais, sem a necessidade de pessoas envolvidas fisicamente na simulação (MILES; POPPER, 2008). Jogos de Simulação descrevem cenários elaborados e complexos, com posições iniciais, atitudes, dados e orientações específicas para as facções que compõem o cenário – e que são utilizados para explorar as implicações futuras (COATES, 1974). Os militares usam as simulações para criar cenários de batalha com o objetivo de preparar melhor seus soldados. Este tipo de simulação é classificado como um *Jogo Sério* (ABT, 1987). As simulações computacionais precisam de modelos definidos, variáveis e valores de entrada, permitindo ou não que o usuário interaja com a simulação, explorando os possíveis cenários. Simulações de cenários

também são utilizadas para simulações de riscos e otimizações, encontrando melhores resultados de acordo com métricas específicas (GÜLPINAR; RUSTEM; SETTERGREN, 2004).

2.5.47. Simulação de Sistemas (Dinâmica de Sistemas)

Dinâmica de Sistemas (*System Dynamics*) é um tipo de Simulação de Sistemas (*Systems Simulation*) e usa modelos de simulação para organizar grandes quantidades de informação, incluindo a informação implícita contida apenas na cabeça das pessoas – seu conhecimento tácito. Neste método, o termo Sistema é utilizado conforme definido em Física, como um conjunto de elementos em análise – em contraste com os Sistemas Computacionais do restante desta Tese. Ele utiliza importantes dados de entrada provenientes do conhecimento das pessoas sobre um problema e o seu processo de pensamento para a tomada de decisão (FORRESTER, 1993). Dinâmica de Sistemas captura não só o conhecimento e comportamento das pessoas, mas também os aspectos ambientais, como a política, economia, medicina e outros. Modelos de Dinâmica de Sistemas são baseados em ciclos fechados de *feedback* entre as informações sobre o problema, ações e seus resultados (FORRESTER, 2009). Os *feedbacks* são interdisciplinares e são utilizados para integrar sistemas complexos, isolando os campos de estudo – ou seja, usando especialistas de diferentes áreas para definir suas respectivas partes do comportamento. A adição de ciclos de *feedback* no modelo torna o comportamento do sistema simulado muito difícil de ser previsto utilizando intuição (FORRESTER, 2009), o que torna necessário o uso de simulação computacional para estimar como o sistema muda através tempo, considerando uma série de aspectos que influenciam o cenário atual (FORRESTER, 1993). O modelo de simulação pode revelar resultados estranhos nas interações iniciais, mas que são utilizados para a melhoria do modelo. Comportamentos surpreendentes podem emergir, mostrando fatos que acontecem na vida real, mas que não foram percebidos anteriormente (FORRESTER, 2009).

Uma estimativa fiel do comportamento de um sistema requer a descoberta dos padrões e variáveis que lhe causam maior impacto. São definidas políticas, que são nada mais do que regras gerais que afetam as ações tomadas dentro do ambiente simulado, consequentemente moldando o comportamento do sistema. Em Dinâmica de Sistemas, as políticas podem ser aplicadas durante a simulação e o padrão das ações é modificado

como consequência da aplicação das novas políticas, afetando o comportamento e os resultados finais de um sistema (FORRESTER, 1998).

De acordo com RAO e BABU (2000), existem quatro princípios fundamentais da Dinâmica de Sistemas. O primeiro é o sistema de *feedback* de informação e sua presença na natureza. Quando uma alteração no ambiente ocorre, resultando na modificação das ações realizadas, ações essas que interferem, por sua vez, com o ambiente. A segunda é a abordagem experimental, a fim de compreender a dinâmica do sistema. O terceiro é o uso da computação para executar os modelos de simulação de Dinâmica de Sistemas. Finalmente, o quarto princípio é o uso dos conceitos de políticas e decisões.

2.5.48. Sistemas Adaptativos Complexos (CAS)

Um Sistema Adaptativo Complexo (*Complex Adaptive System – CAS*) é uma coleção de agentes individuais agindo de maneira interconectada, afetando o contexto uns dos outros de forma imprevisível (PLSEK, 2001). O CAS pode ser usado para prever tendências por meio de simulação da concorrência de várias empresas, ou qualquer outro sistema dependente das ações de vários atores no decorrer do tempo. No CAS, este grande número de atores, muitas vezes chamados de agentes, interagem e se adaptam ao longo do tempo.

Segundo PLSEK (2001), o CAS possui as seguintes propriedades:

1. **Elementos adaptáveis.** Os elementos do sistema podem adaptar-se.
2. **Regras simples.** Resultados complexos podem emergir de um conjunto pequeno de regras simples.
3. **Não linear.** Pequenas mudanças podem ter grandes efeitos.
4. **Comportamento emergente, com novidade.** Novidade contínua é um estado natural do sistema.
5. **Não prevê detalhes.** A previsão é inherentemente inexata.
6. **Ordem inerente.** Um sistema pode se ordenar mesmo sem um controle central.
7. **Contexto e inserção.** Existem sistemas dentro de sistemas, e isso é importante.
8. **Coevolução.** O CAS avança alternando momentos de desbalanceamento e equilíbrio.

Além disso, de acordo com HOLLAND (2006), o CAS possui quatro características principais:

1. **Paralelismo.** Agentes CAS interagem enviando e recebendo sinais simultaneamente, produzindo um grande número de sinais simultâneos, que devem ser coordenados.
2. **Ação condicional.** As ações dos agentes CAS geralmente dependem dos sinais que recebem, ou seja, eles têm uma estrutura SE/ENTÃO. Um agente pode agir respondendo a um sinal, fornecendo um retorno a outros agentes; ou um agente pode se manifestar de maneira evidente no seu ambiente.
3. **Modularidade.** Em um agente, sequências de regras são muitas vezes combinadas em sub-rotinas. Elas são usadas para lidar com situações novas, já que não vale o esforço de antecipar cada situação possível para definir regras distintas. Na simulação, essas sub-rotinas são projetadas para lidar com situações novas, sendo testadas em uma ampla gama de situações.
4. **Adaptação e evolução.** Os agentes em um CAS mudam ao longo do tempo, adaptando-se para melhorar o seu desempenho.

2.5.49. Substituição Tecnológica

A Substituição Tecnológica (*Technological Substitution*) é um caso especial de Modelos de Difusão (descrito na seção 2.5.41), no qual mais que uma tecnologia é analisada ao longo do tempo para prever a mudança tecnológica resultante da sua competição no mercado (FISHER; PRY, 1972). O método abrange todo o ciclo de vida da tecnologia, desde a sua introdução, passando pela fase de alta aprovação, no qual ocorre o pico da taxa de adoção (MICHALAKELIS; VAROUTAS; SPHICOPoulos, 2010), até a diminuição da sua taxa de adoção, na qual uma nova tecnologia a substitui a anterior. O gráfico de uma Substituição Tecnológica de múltiplas gerações simples é apresentado na Figura 20.

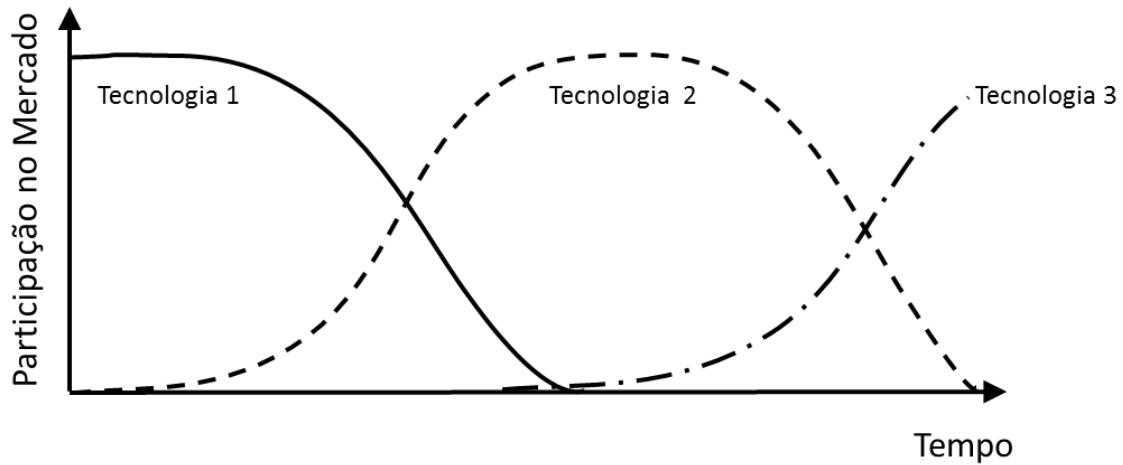


Figura 20. Substituição Tecnológica simples de múltiplas gerações.

Existem três tipos de Substituição Tecnológica: a substituição funcional, a substituição de produto, e a substituição de ativo (SMITH, 1992). Na substituição funcional, a nova tecnologia está limitada apenas a um subconjunto da tecnologia tradicional sendo, no entanto, muito mais eficiente ou barata. Na substituição de produto, a nova tecnologia é uma geração melhorada da tecnologia tradicional, oferecendo as mesmas funcionalidades com alguns incrementos. Na substituição de ativo, a nova tecnologia não é relacionada com a tecnologia tradicional, deslocando as capacidades técnicas tradicionais.

De acordo com RAI (1999), existem vários modelos adequados para Substituição Tecnológica, dentre os quais é possível destacar os modelos propostos por FISHER e PRY (1972), COLEMAN et al. (1966), MANSFIELD (1961), BLACKMAN JR. (1971), FLOYD (1968), SHARIF e KABIR (1976), e BASS (1969).

2.5.50. SWOT

O método SWOT possui seu nome derivado das quatro palavras que definem este método: Forças (*Strengths*), Fraquezas (*Weakness*), Oportunidades (*Opportunities*) e Ameaças (*Threats*) (DYSON, 2004). O objetivo principal do método é ajudar a definir um planejamento estratégico. O SWOT consiste em analisar o contexto de uma organização usando um paradigma de forças, fraquezas, oportunidades e ameaças. Os fatores internos da organização – como recursos e capacidades – são classificados como forças ou fraquezas. Os fatores externos à organização – como mudanças econômicas e o comportamento de concorrentes – são classificados como oportunidades ou ameaças (MILES; POPPER, 2008).

Uma variação de análise SWOT é a matriz TOWS, conforme apresentado na Figura 21. Nas matrizes TOWS, os fatores são identificados e então emparelhados (DYSON, 2004). Ele cria uma matriz 2x2, onde cada quadrante possui uma das quatro palavras: forças, fraquezas, oportunidades e ameaças.

		Forças	Fraquezas
Oportunidades	Forças x Oportunidades	Fraquezas x Oportunidades	
Ameaças	Forças x Ameaças	Fraquezas x Ameaças	

Figura 21. Matriz TOWS. Adaptado de DYSON (2004).

Após a criação da matriz TOWS, cada fato é inserido no seu quadrante relativo, de acordo com a análise SWOT. O processo de descobrir e selecionar os fatos a serem inseridos na matriz TOWS pode utilizar outro método de FTA.

O próximo passo do método é tentar classificar cada fato em uma das quatro categorias, que combinam de um fator interno e um externo: forças e oportunidades; forças e ameaças; fraquezas e oportunidades; fraquezas e ameaças. De acordo com a combinação de fatores, diferentes planos estratégicos podem ser criados. Os aspectos positivos podem superar os aspectos negativos.

O SWOT quando comparando com abordagens simples, permite uma melhor análise quantitativa dos tópicos. Além disso, sua modelagem permite a análise estratégica focada nas mudanças (FERTEL et al., 2013).

2.5.51. Técnica de Grupo Nominal

A Técnica de Grupo Nominal (*Nominal Group Technique* – NGT) é um método estruturado para o *Brainstorming* (descrito na seção 2.5.26) em grupo (DELBECQ; VEN, 1971). Sua principal característica é encorajar contribuições de todos os membros do grupo (TAGUE, 2005). O NGT utiliza grupos nominais em vez de grupos que interagem, como objetivo de aumentar a criatividade e a inovação. Grupos nominais são grupos cujos membros trabalham ao lado a lado, mas não interagem entre si – verbalmente ou de qualquer outra forma. A razão para esta aparente contradição está no fato de que os grupos que interagem entre si prejudicam o desempenho dos seus membros; os membros não só se sentem menos confortáveis em compartilhar ideias com o grupo, mas as discussões em tais grupos tendem a se concentrar em “tendências” particulares em vez de buscar múltiplas direções, limitando assim a diversidade das ideias geradas (DELBECQ; VEN, 1971).

A Técnica de Grupo Nominal deve ser utilizada quando é preferida a opinião de muitas pessoas. Também é indicado quando o assunto em questão é polêmico ou quando muitos membros do grupo são novos e, portanto, podem se sentir intimidados em expor suas opiniões (TAGUE, 2005).

2.5.52. Técnicas Participativas

Técnicas Participativas (*Participatory Techniques*) é um termo genérico para agrupar muitas abordagens para a tomada de decisão coletiva, que envolve a consulta de pessoas que não possuem responsabilidade direta pelas decisões, mas que são afetados por elas – seja o público, *stakeholders* ou outras partes que podem ser capazes de contribuir para possíveis soluções. Exemplos de técnicas participativas incluem Grupos Focais (descritos na seção 2.5.36), Charrette, a Sistemas de Apoio à Decisão em Grupo e Conferências/Workshops Participativos. De acordo com SLOCUM (2003), as técnicas participativas podem ser utilizadas para orientar políticas realizam escolhas entre objetivos e princípios, tais como decisões sobre questões éticas e sociais. As técnicas participativas também são muitas vezes usadas para prover legitimidade às decisões tomadas, como no caso de políticas governamentais, que afetam muitas pessoas e podem criar tensão entre indivíduos. Além disso, elas ajudam a construir uma relação de confiança entre os tomadores de decisão e público em geral, na medida em que o público sente que participa do processo de decisão.

GLENN (2003) também aponta que métodos participativos são mais utilizados para mapear as aspirações ou opiniões gerais de uma população a respeito de um problema, bem como estratégias de alto nível que poderiam ser usados para enfrentá-lo. Ele também acrescenta que os resultados de tais métodos tendem a produzir soluções normativas – e não descritivas ou analíticas. Técnicas participativas aumentam a percepção de igualdade, de acordo com princípios democráticos, no entanto, são menos eficientes para realizar análises aprofundadas da questão, particularmente quando é aplicada à grandes grupos.

2.5.53. TRIZ

O método TRIZ – *Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch* ou Teoria da Resolução Inventiva de Problemas – disponibiliza uma abordagem lógica e sistemática para o desenvolvimento de ideias criativas para a inovação e resolução de problemas. O

TRIZ se baseia na premissa de que a evolução da tecnologia e que a inventividade não é um processo aleatório, mas sim um processo previsível e que segue regras (ILEVBARE; PROBERT; PHAAL, 2013). Além disso, às vezes não é possível resolver um problema complexo em apenas uma etapa de inovação: alguns problemas requerem um passo-a-passo racional e tático para ser resolvido (ALTSCHULLER; SHULYAK; RODMAN, 1999).

Para se resolver o problema utilizando o método TRIZ, é necessário seguir um dos três conceitos que Altshuller introduziu: contradição, idealidade, e padrões de evolução dos sistemas (ILEVBARE; PROBERT; PHAAL, 2013). O conceito contradição pode ser dividido em dois casos separados: contradição técnica e contradição física. A contradição técnica acontece quando a melhoria de alguma parte de um equipamento gera um impacto negativo em outro atributo. Um exemplo de contradição técnica seria melhorar a velocidade e aceleração de um carro, enquanto se reduz a poluição despejada no ambiente. A contradição física acontece quando requisitos físicos do equipamento são contraditórios. Um exemplo de contradição física seria a construção de um novo recipiente com maior capacidade interna, contudo, sendo menor que o modelo anterior. Essas contradições foram compiladas em uma matriz, chamada de Matriz de Contradição, para facilitar sua aplicação prática (ALTSCHULLER; SHULYAK; RODMAN, 1999).

O conceito de idealidade reflete o quanto perto o sistema está de sua máquina ideal. O TRIZ tenta aumentar a idealidade de um sistema até que ele atinja a ideia de um “Resultado Final Ideal” (IFR). O IFR é o limite da evolução de um sistema, onde todas as qualidades possíveis do sistema são entregues, e todos os defeitos possíveis removidos (MANN, 2003).

O conceito de padrões de evolução dos sistemas identificou os padrões que a evolução técnica segue, a partir dos quais derivam as Leis da Evolução dos Sistemas Técnicos (PETROV, 2002). No entanto, cada tecnologia dentro do sistema tem seu limite evolutivo, no qual a tecnologia atinge o seu IFR. As etapas de evolução inexploradas representam o potencial evolutivo da tecnologia (MANN, 2003). Uma vez que a evolução de uma tecnologia atinge o seu limite evolutivo, é necessário criar uma tecnologia revolucionária, a fim de continuar a evolução em direção ao IFR do sistema.

2.5.54. Workshop de Criatividade

Um *Workshop* de Criatividade (*Creativity Workshop*) é definido como um esforço estruturado de um grupo que visa resolver um problema complexo (GESCHKA, 1986). Um *Workshop* de Criatividade tradicional envolve um moderador experiente e um grupo de 8 a 15 pessoas. Grupos maiores podem ter mais moderadores. O *workshop* raramente dura mais que dois dias, possuindo uma organização bem definida, tanto pelo calendário quanto pela agenda a ser discutida. *Workshops* de Criatividade permitem a troca de conhecimento, a criação de *networking*, e a construção de consensos (MILES; POPPER, 2008). A seleção dos participantes deve levar em consideração suas competências e interesses relevantes. Apesar de pessoas de diferentes níveis hierárquicos poderem participar, elas devem trabalhar como iguais.

GESCHKA (1986) descreveu as sessões incluídas no *workshop*, que são mostradas na Figura 22: aquecimento, introdução, ciclos de resolução de problemas (cada ciclo contém quatro sessões específicas), planejamento dos próximos passos, e fechamento.

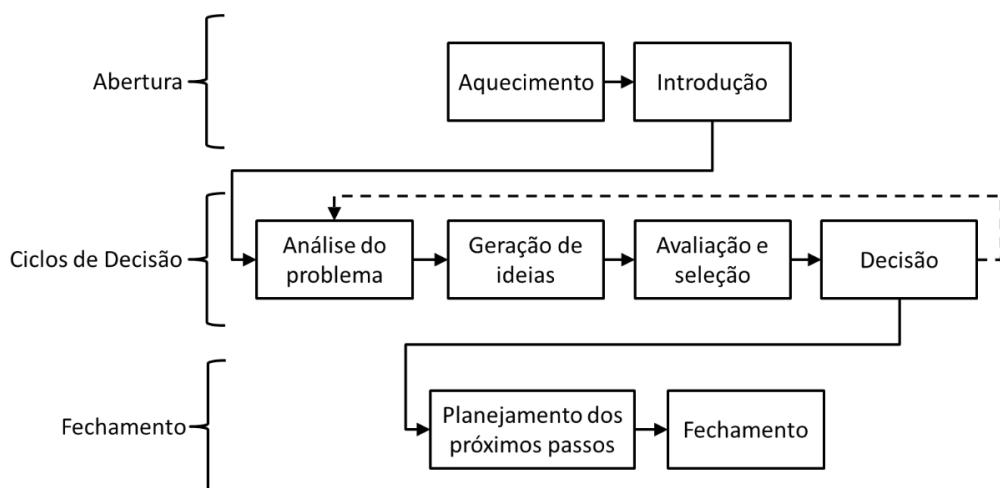


Figura 22. Estrutura de um *Workshop* de Criatividade, adaptado de GESCHKA (1986).

2.5.55. Workshop de Futuro

No método *Workshop* de Futuro (*Future Workshop*), um grupo de especialistas colabora na geração de um futuro desejado e as ações necessárias para alcançá-lo. O *workshop* é projetado para em primeiro lugar fornecer aos participantes maneiras para imaginar, planejar e executar um futuro desejado. De acordo com MÜLLERT e JUNGK (1987), um *Workshop* de Futuro possui cinco fases:

1. **Fase de preparação.** A primeira fase, antes do *Workshop* de Futuro, é focada no planejamento, organização e gestão do *workshop*. Uma vez

que o tema ou problema a ser discutido é definido, os organizadores escolhem os participantes, a duração e os possíveis locais físicos onde será realizado o evento. Em seguida, é necessário reservar para do local para as datas estabelecidas, comprar de materiais e contratar os serviços necessários para realizar o *workshop* (VIDAL, 2006).

2. **Fase crítica.** A segunda fase transforma problemas específicos em questões, para estabelecer um entendimento comum sobre o tema. A fase crítica é dividida em duas etapas. Na primeira etapa, é realizado um *Brainstorming* sobre os problemas relacionados com o tema. Todos os participantes contribuem com suas ideias e, em seguida, as ideias são agrupadas em subtemas principais. Na segunda etapa, os resultados são agrupados e estruturados como matrizes, listas e mapas. Mapas mentais também são utilizados (VIDAL, 2006).
3. **Fase de Fantasia.** A terceira fase também é dividida em duas etapas. Na primeira etapa, todos os participantes criam uma visão utópica do futuro de maneira colaborativa. Os participantes também são estimulados a propor soluções não convencionais. *Brainstorming* e *Brainwriting* são utilizados como ferramentas para descobrir ideias utópicas. Todas as ideias e soluções são coletadas e armazenadas em um banco de ideias. As ideias consideradas impraticáveis também são armazenadas para uso futuro, uma vez que elas podem se tornar exequíveis caso ocorram mudanças radicais nos ambientes econômicos ou sociais. Na segunda etapa, a lista de ideias é reduzida para a lista de ideias implementáveis que, em seguida, são priorizadas após análise e avaliação individual. VIDAL (2006) propõe o uso do SWOT para avaliar as ideias.
4. **Fase de implementação.** Na quarta fase, as ideias são transformadas em projetos. Em primeiro lugar, as ideias mais promissoras são selecionadas para o estudo. Em seguida, cada ideia é discutida e modificada conforme necessário para ser mais facilmente implementada. Especialistas de diferentes áreas fornecem mais informações, o que é necessário para determinar o quanto realista é a implementação do projeto. No final, os projetos mais promissores são selecionados e um plano de ação é elaborado, definindo ações, prazos e responsabilidades (VIDAL, 2006).

O *Workshop* de Futuro termina com um relatório de resultados e a apresentação do plano de ação.

5. **Fase de acompanhamento.** Na quinta fase, após o *Workshop* de Futuro, um relatório de resultados é enviado para o conselho de administração da organização em questão, e para todos os participantes do *workshop*. Os resultados do *workshop* são disponibilizados para o mundo externo, e os meios de comunicação são convidados a difundi-los. O plano de ação é monitorado e gerenciado (VIDAL, 2006).

Capítulo 3 – Estudo exploratório sobre plataformas de FTA

QP2: Qual o estado da arte das plataformas de FTA?

QP3: Qual o estado da arte da pesquisa acadêmica sobre as plataformas de FTA?

Com o grande número de métodos de FTA, pode se esperar um grande número de ferramentas e plataformas para a execução do mesmo. Entretanto, não é isso o que se observa. De maneira geral, as publicações da área não informam se e quais ferramentas são utilizadas para apoiar seus estudos. Alguns utilizam ferramentas computacionais, porém, vários métodos não necessitam de ferramentas sofisticadas para serem realizados. *Brainstorming*, por exemplo, pode ser realizado utilizando apenas papel e caneta. De forma similar, vários outros métodos utilizam recursos computacionais simples, como editores de textos e planilhas. Esses métodos *podem* se valer de ferramental específico, apesar do mesmo não ser necessário para sua realização.

Neste capítulo é realizado um estudo exploratório para encontrar ferramentas cujo o foco é apoiar o FTA, mesmo que especializada em alguns métodos. Essas plataformas foram analisadas e categorizadas. Foi possível notar que as ferramentas se agrupam em: plataformas de *forecasting* de séries temporais, mineradores de textos especializados para a análise de patentes e artigos científicos, e plataformas de pesquisa e análise de Propriedade Intelectual (PI). Ao final deste capítulo, foi realizada uma análise do uso dessas plataformas nos periódicos representativos da área de FTA.

3.1. Análise das Plataformas de FTA

O conjunto de ferramentas objeto deste estudo foi selecionado sob o critério de se propor a realizar metodologias de FTA. Apesar de este conjunto conter apenas ferramentas comerciais, este não foi um critério utilizado para definir o conjunto, ou seja, não foi encontrada na literatura uma descrição de plataforma científica de FTA. As ferramentas listadas são o Autobox, Forecast Pro, LexisNexis PatentStrategies, SAS Forecast Server, STN AnaVist, Thomson Innovation (inclusive o Thomson Data Analyzer), e VantagePoint.

3.1.1. Autobox

O Autobox (AUTOMATIC FORECASTING SYSTEMS, INC., 2016) é uma plataforma de *forecasting* com foco em automatizar a análise de séries temporais a partir da geração de modelos utilizando Modelos Causais (apresentado em 2.5.39), entre outras técnicas estatísticas – como Box-Jenkins¹, ARIMA². Seu objetivo é criar previsões continuadas a partir “de uma a mil” séries de dados. Entre suas aplicações de *forecasting* estão o planejamento diário de demanda, demanda em curto e longo termo, e planejamento financeiro (AUTOMATIC FORECASTING SYSTEMS, INC., 2016), podendo ser utilizado em um FTA.

O Autobox tem a capacidade de analisar a serie de dados considerando características como dados discrepantes (*outliers*), pulsos sazonais, mudanças de nível, e diferentes fusos horários – além de ser capaz de ajustar seu modelo conforme relações do tipo *lead-lag* automaticamente. Seu sistema de *forecasting* funciona de modo a detectar padrões existentes nos dados, ao invés de encaixar os dados em modelos pré-existentes (AUTOMATIC FORECASTING SYSTEMS, INC., 2016).

Segundo LUNA (2016), o Autobox funciona localmente na estação de trabalho, não apoiando o trabalho colaborativo de maneira coordenada e compartilhada. O Autobox possui bibliotecas que permitem a integração de seus algoritmos à sistemas corporativos.

3.1.2. Forecast Pro

O Forecast Pro (BUSINESS FORECAST SYSTEMS, INC., 2016) é uma plataforma de gerenciamento de *forecasting* que utiliza métodos de previsão estatísticos. O sistema permite previsões de venda, planejamento de inventário, planejamento de demanda, e planejamento colaborativo. Seus modelos levam em consideração a demanda sazonal, a hierarquia de produtos, as promoções realizadas, os itens com pouca saída, as variáveis causais e os dados discrepantes (*outliers*), entre outros (BUSINESS FORECAST SYSTEMS, INC., 2016).

Segundo LUNA (2016), o Forecast Pro é uma ferramenta de uso local. Apesar disso, o Forecast Pro possui ferramentas para a colaboração e *forecast* em grupo.

¹ Box-Jenkins é um método para identificação, estimativa e diagnóstico de modelos que se encaixam melhor em séries temporais que apresentam sazonalidade, utilizando modelos autoregressivos, como o ARIMA.

² ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*) é um modelo para analisar e predizer pontos futuros de uma série temporal.

Quanto à integração, o Forecast Pro pode ser integrado em sistemas corporativos a partir bibliotecas que permitem a chamada de seus métodos (BUSINESS FORECAST SYSTEMS, INC., 2016).

Entre os tipos de análises que o Forecast Pro apoia estão: a seleção automática de metodologia através de um sistema especialista, a regularização exponencial dos dados em séries curtas ou instáveis, o modelo Box-Jenkins para análise de séries estáveis, regressão dinâmica para incluir variáveis externas que explicam variações históricas na série de dados no modelo. O sistema permite a criação de modelos multiníveis que podem levar em consideração a sazonalidade e eventos fora do comum (BUSINESS FORECAST SYSTEMS, INC., 2016).

3.1.3. LexisNexis PatentStrategies

O LexisNexis PatentStrategies (REED TECHNOLOGY AND INFORMATION SERVICES INC., 2016) é uma plataforma de pesquisa e análise de Propriedade Intelectual que utiliza conceitos de análise *Big Data*, correlacionando aproximadamente 90 milhões de patentes com dados financeiros, processuais, mercadológicos e de negócios – se conectando a mais de 100 fontes de dados e produzindo mais de 50 diferentes visualizações de análise de dados (REED TECHNOLOGY AND INFORMATION SERVICES INC., 2015) (LEXISNEXIS GMBH, 2015). Assim, o PatentStrategies integra conteúdos de patentes (Scirus), literatura científica (Scopus), dados de mercado e notícias de negócios.

A LexisNexis é uma empresa membro da Reed Elsevier e provê soluções baseadas em *workflows* projetados especificamente para os profissionais dos seguintes mercados: jurídico, gestão de risco, corporativo, governamental, segurança pública, contábil e acadêmico (REED ELSEVIER PROPERTIES, 2015).

As análises do PatentStrategies incluem a identificação de patentes passíveis de disputa judicial ou licenciamento, o agrupamento conceitual dos portfolios e a avaliação da qualidade da PI. A ferramenta é utilizada para o entendimento da posição de mercado de uma organização, seus pontos fortes e fracos, além das oportunidades em potencial (LEXISNEXIS GMBH, 2015). Os projetos do PatentStrategies podem ser realizados colaborativamente (REED TECHNOLOGY AND INFORMATION SERVICES INC., 2015).

3.1.4. SAS Forecast Server

O SAS Forecast Server (SAS INSTITUTE INC., 2015) é uma plataforma de *forecasting* altamente escalável, capaz de gerar automaticamente um grande número de previsões estatísticas sem a necessidade de intervenção humana. Esta plataforma pode operar em modo de lote ou de forma interativa através da ferramenta Forecast Studio. Análises do tipo *what-if*, como por exemplo, a análise de como possíveis mudanças de preços ou promoções afeta a demanda futura, são realizadas com a ferramenta Scenario Analyzer.

O Forecast Server é capaz de converter dados transacionais em séries temporais, que são armazenados em bancos de dados como parte de uma função global de processamento de dados. Além disso, a plataforma permite *forecasting* automático, detecção e seleção de modelo, seleção de eventos, regressão automática, detecção de dados discrepantes (*outliers*), entre outros (SAS INSTITUTE INC., 2015).

A arquitetura cliente-servidor do Forecast Server foi desenvolvida para ser aplicada em problemas de predição em grandes empresas (SAS INSTITUTE INC., 2015). A SAS também oferece soluções para pequenas e médias empresas (SAS Forecasting for Midsize Business), e para pessoas em geral (SAS Forecasting for Desktop).

3.1.5. STN AnaVist

O STN AnaVist (AMERICAN CHEMICAL SOCIETY, 2016a) é uma plataforma de análise interativa e visualização de resultado de buscas do STN, provendo uma visualização dos dados minerados com ênfase no componente tempo (CURRAN; BRÖRING; LEKER, 2010). O *Scientific and Technical information Network* (STN), é um serviço de banco de dados online que fornece acesso à patentes, artigos científicos e outros dados – fortemente relacionado à indústria química (CURRAN; BRÖRING; LEKER, 2010), através do *Chemical Abstracts Service*.

O STN AnaVist é fruto da colaboração do *Chemical Abstracts Service* com a FIZ Karlsruhe (AMERICAN CHEMICAL SOCIETY, 2016b), podendo ser utilizada para: analisar o cenário de patentes para determinar as tendências e líderes emergentes; descobrir o que seus concorrentes estão fazendo, descobrir novas aplicações para uma tecnologia existente; e descobrir se uma determinada área de pesquisa está em ascensão, estável ou em declínio. As buscas podem integrar bancos de dados e gerar visualizações

interativas das relações entre os dados. Os resultados podem ser compartilhados dentro da organização e versionados (FIZ KARLSRUHE GMBH, 2016).

3.1.6. Thomson Innovation

O Thomson Innovation (THOMSON REUTERS CORPORATION, 2016a) é uma plataforma de pesquisa e análise de Propriedade Intelectual. O Thomson Innovation integra conteúdos de patentes usando o *Derwent World Patents Index* (DWPI), literatura científica a partir do *Science Citation Index* (SCI), dados de mercado e notícias de negócios (LUNA, 2016), com o objetivo de descobrir tendências e padrões emergentes.

O Thomson Innovation permite a criação de mapas convertidos a partir de milhares de documentos obtidos como resultados de pesquisa, permitindo a identificação visual dos principais concorrentes, pessoas, tecnologias ou tendências. Os mapas de citação exibem todas as referências de um registro de patentes em um mapa interativo, permitindo traçar a evolução ou dependências da tecnologia ao longo do tempo (THOMSON REUTERS CORPORATION, 2010). É permitida a integração dos dados internos da organização, como classificações, produtos e dados de licenciamento aos registros de patente, formando relações entre os dados da organização com os registros de patente no Thomson Innovation. O Thomson Innovation permite salvar e compartilhar o trabalho realizado online, incluindo dados brutos e comentários (THOMSON REUTERS CORPORATION, 2016b).

O Thomson Data Analyzer é um minerador de textos utilizado em conjunto com o Thomson Innovation para realizar tarefas em um ciclo de importação, limpeza, análise, e relatório de maneira automatizável, sendo desenvolvido com a tecnologia do VantagePoint (descrito na seção 3.1.7) para analisar especificamente os dados de patentes e literatura científica da Thomson Reuters (SEARCH TECHNOLOGY, INC., 2016). Segundo ALENCAR et al. (2007), ambas são a mesma ferramenta, sendo o Thomson Data Analyzer um nome alternativo do VantagePoint. De acordo com ZHANG et al. (2014), ambas possuem funcionalidades similares. Ao contrário do Thomson Innovation, o Thomson Data Analyzer é executado na estação de trabalho, não apoiando o trabalho colaborativo de maneira coordenada e compartilhada.

3.1.7. VantagePoint

O VantagePoint (SEARCH TECHNOLOGY, INC., 2016) é um minerador de textos capaz de extrair inteligência útil a partir de fontes de texto científico e de patentes. Ele é utilizado para gerar indicadores de inovação, produzir séries temporais e extrapolação de tendências de pesquisa, além de identificar a ênfase atual da P&D que precede os desenvolvimentos futuros (PORTER; ZHANG, 2009). Antes de possuir o nome comercial VantagePoint, a plataforma era conhecida como *Technology Opportunities Analysis of Scientific Information System* (TECH OASIS) (WATTS; PORTER, 2003).

O VantagePoint é fornecido a tecnologia que é utilizada no Thomson Data Analyzer (descrito na seção 3.1.6), possuindo características similares de automação de tarefas de importação, limpeza, análise, e relatório. A etapa de importação obtém informações a partir dos dados brutos que são minerados. A etapa de limpeza melhora a consistência dos dados, realizando agrupamentos e normalizando dados de diversas fontes. A etapa de análise permite a visualização dos dados de diversas maneiras. Os relatórios formatam os resultados da análise para a disseminação do conhecimento (LUNA, 2016). O VantagePoint é executado na estação de trabalho, não apoiando o trabalho colaborativo de maneira coordenada e compartilhada.

3.2. Categorização das Plataformas de FTA

A partir da análise das características de cada ferramenta apresentada, é possível dividir as ferramentas em dois grupos, sendo o primeiro formado por plataformas de *forecasting* de séries temporais, o segundo formado por ferramentas de análise de patentes e artigos científicos e outras fontes de dados, como notícias. Essas categorias são descritas na Tabela 3.

Tabela 3. Categorias de plataformas de FTA.

Categoria	Plataformas	Objetivo
<i>Forecasting</i> de séries temporais	Autobox Forecast Pro SAS Forecast Server	Producir <i>forecasting</i> de séries temporais com análise de sazonalidade, com o foco em previsão de demanda, baseado em modelos estatísticos, com alto grau de automação e confiabilidade.
Pesquisa e análise de notícias, artigos científicos e patentes, entre outras fontes de dados	STN AnaVist VantagePoint Thomson Data Analyzer Thomson Innovation LexisNexis PatentStrategies	Descobrir tendências e padrões emergentes a partir da análise e integração de diversas fontes de dados, a partir da Propriedade Intelectual na forma de patentes e artigos científicos, além de dados de mercado e notícias de negócios.

É possível notar uma mudança na complexidade na forma em que o problema é analisado de acordo com o tipo de plataforma de FTA. As plataformas de FTA baseadas em *forecasting* de séries temporais estão focadas em modelos matemáticos eficientes para produzir a melhor extração possível a partir dos dados fornecidos pela própria organização. As plataformas de FTA baseadas em mineração de textos estão focadas em processar dados textuais, tanto internos quanto externos à organização, com o objetivo produzir análises visuais, indicadores e *insights* para a organização. Finalmente, as plataformas de FTA baseadas em pesquisa e análise de Propriedade Intelectual incluem bases de dados de patentes, artigos científicos, dados legais e notícias, fazendo com que o foco passe a ser na integração desses dados com os dados específicos da organização para a análise e descoberta de tendências e padrões emergentes no mercado.

3.3. Plataformas de FTA nas Publicações Científicas

Outra análise realizada é sobre o impacto das plataformas de FTA nas publicações científicas. Neste estudo, foram realizadas buscas pelas plataformas descritas na seção 3.1 nos jornais *Technological Forecasting and Social Change* e *Futures*, que são referências de publicação na área de FTA. Os resultados foram limitados até o ano de 2016. As menções foram sumarizadas na Tabela 4, onde podemos observar que o VantagePoint é a plataforma mais citada em artigos, apesar de não ser a mais antiga – o Autobox, por exemplo, existe desde 1975. Não faz parte do escopo desta análise descobrir novas ferramentas, uma vez que o número de artigos desses periódicos somados ultrapassa os 9.600 – tornando inviável a tarefa de analisar cada artigo através de sua leitura individual.

Tabela 4. Menções às plataformas nos *journals Technological Forecasting and Social Change* (TFSC) e *Futures*

Plataforma	TFSC	Futures
Autobox	1	1
Forecast Pro	0	0
LexisNexis PatentStrategies	0	0
SAS Forecast Server	0	0
STN AnaVist	3	0
Thomson Innovation	7	0
VantagePoint (Thomson Data Analyzer)	25	0

Realizando uma análise mais profunda sobre os artigos encontrados, podemos categorizar os motivos pelos quais às plataformas foram mencionadas nas publicações. Desta forma, podemos inferir o que os autores esperavam obter com o uso das mesmas em suas análises, conforme apresentado na Tabela 5.

Os dados da Tabela 5 foram sumarizados e colocados em um gráfico, apresentado na Figura 23, proporcionando uma análise temporal das publicações realizadas citando plataformas de FTA. Analisando o gráfico, é possível perceber que as plataformas de *forecasting* possuem pouco uso em estudos científicos, com o Autobox sendo citado em apenas duas oportunidades, apesar do mesmo existir desde 1975. Outra conclusão que é possível de ser tomada é a tendência no uso de plataformas baseadas na análise de patentes e artigos científicos, seja pela abordagem *Tech Mining*, utilizada pelo VantagePoint, quanto pela pesquisa e análise de Propriedade Intelectual utilizando bancos de dados integrados, como no caso do Thomson Innovation. Finalmente, o aumento da utilização dessas plataformas é resultado de tendências como a popularização da Internet e, principalmente o crescimento das bases de dados, fazendo com que o seu processamento se torne cada vez mais complexo.

Tabela 5. Análise das menções realizadas.

Plataforma	Motivo da Menção	Artigos
Autobox	Determinar o melhor modelo de demanda melhor ajustado à série temporal.	(LIN et al., 2006)
	Comparar <i>software</i> especializado em <i>forecast</i> .	(BEAUMONT, 1986)
STN AnaVist	Utilizado como parte da metodologia do estudo.	(CURRAN; LEKER, 2011)
	Sugestão de pesquisa futura.	(CURRAN; BRÖRING; LEKER, 2010) (WU et al., 2011)
Thomson Innovation	Fonte de dados utilizada na análise.	(OZCAN; ISLAM, 2014) (GRIMALDI et al., 2015) (NAKAMURA et al., 2015) (OGAWA; KAJIKAWA, 2015) (CAVIGGIOLI; UGHETTO, 2016) (HUENTELER et al., 2016) (BARBIERI, 2016)
VantagePoint (Thomson Data Analyzer)	Apresentação da metodologia <i>Technology Opportunities Analysis</i> (TOA), depois rebatizada como <i>Tech Mining</i> , que é fortemente relacionada com o uso da plataforma.	(ZHU; PORTER, 2002)
	Utilizado como parte da metodologia do estudo, seja no pré-processamento, na análise de resumos e meta-dados (autores, ano e local de publicação, etc.) de artigos científicos, assim como na montagem de redes de relacionamento entre os mesmos.	(WATTS; PORTER, 2003) (PORTER, 2005) (COURSEAULT TRUMBACH; PAYNE; KONGTHON, 2006) (WILL, 2006) (ALENCAR; PORTER; ANTUNES, 2007) (ÁVILA-ROBINSON; MIYAZAKI, 2013) (GAO et al., 2013) (MADEIRA; BORSCHIVER; PEREIRA JR., 2013) (KWAKKEL et al., 2014) (OZCAN; ISLAM, 2014) (RAFOLS et al., 2014) (ZHANG et al., 2014) (COCCIA; WANG, 2015) (GUO et al., 2015) (LI et al., 2015) (KOSTOFF; PATEL, 2015) (WANG et al., 2015) (GUO et al., 2016) (ZHANG et al., 2016)
	Sugestão de pesquisa futura.	(WU et al., 2011)
	Citado como alternativa as ferramentas apresentadas no estudo.	(VEUGELERS; BURY; VIAENE, 2010) (GUSTAFSSON; KUUSI; MEYER, 2015)
	Citado como ferramenta de análise bibliométrica.	(CUNNINGHAM; PORTER; NEWMAN, 2006) (DAIM et al., 2006)

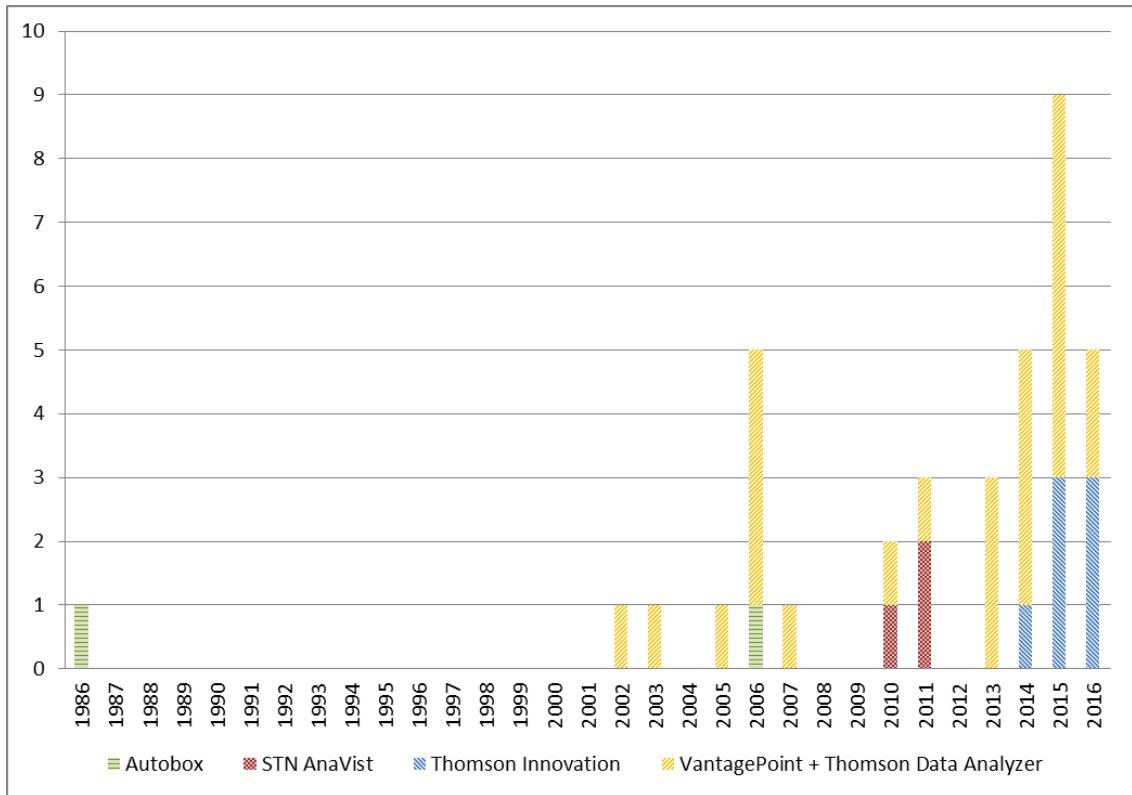


Figura 23. Análise temporal dos artigos publicados até 2016.

Este estudo exploratório cobriu as principais plataformas comerciais de FTA, onde podemos perceber que o mercado apoia métodos numéricos e estatísticos, de mineração de texto e integração de grandes bases de dados. A baixo número de citações das ferramentas nos artigos científicos não necessariamente indica a não utilização das mesmas, mas que talvez os pesquisadores não tenham a percepção de que elas são fundamentais para seu trabalho. Definitivamente existem ferramentas computacionais para apoiar a muitos dos outros métodos de FTA listados no Capítulo 2, mas as mesmas possuem uso tão disperso – e não documentado na literatura científica – que não chegaram a ser identificadas durante o estudo exploratório. Exemplos de ferramentas nesta categoria incluem editores de texto e planilhas eletrônicas.

É possível destacar que esses sistemas não foram feitos para apoiar a participação distribuída de pesquisadores, sendo utilizados apenas para apoiar métodos de FTA isolados. Assim, é possível perceber duas lacunas na literatura: faltam abordagens para integrar participantes distribuídos em um FTA, e faltam abordagens que integram métodos de FTA, uma vez que o FTA é mais confiável quando utiliza métodos distintos e complementares (ARMSTRONG, 1986) (CLEMEN, 1989) (MAKRIDAKIS; WINKLER, 1983).

Capítulo 4 – O Modelo TIAMAT

QP4: Como a tecnologia pode ser projetada para apoiar a construção de FTA complexos que apoiem a participação distribuída?

QP5: Como a tecnologia pode ser usada para integrar o FTA executado distribuidamente?

Este capítulo descreve a primeira parte do *framework* TIAMAT, que visa representar a estrutura organizacional envolvida no FTA e suas interfaces com aspectos de *Pesquisa, Mercado e Governo e Sociedade*. O artefato produzido, denominado Modelo TIAMAT, parte de uma organização com centros de P&D distribuído, de maneira a permitir que um FTA seja realizado também de forma distribuída.

Um FTA é geralmente multidisciplinar, o que implica necessariamente em algum tipo de colaboração entre os participantes. Entretanto, até mesmo um FTA de disciplinas específicas pode ser distribuído geograficamente ou por atividade. Por esse motivo, o FTA se torna mais efetivo se todos esses participantes tiverem a capacidade de colaborar entre si. Neste contexto, realizamos uma análise sobre os tipos de colaboração em um FTA distribuído (FERREIRA et al., 2016), no qual, a partir dos conceitos de Comunicação, Cooperação e Comunicação, definimos dois tipos de colaboração em FTA: a Colaboração Interna e a Colaboração Externa.

- **Colaboração Interna**, a qual os membros da organização envolvidos em uma metodologia de FTA colaboram entre si.
- **Colaboração Externa**, a qual os métodos de FTA colaboram entre si, de modo que os resultados de um método de FTA são parte integrante das informações iniciais necessárias de um ou mais métodos subsequentes.

O modelo TIAMAT foi pensado para apoiar e facilitar a colaboração durante o processo de FTA, uma vez que é fundamental a participação efetiva de todos os pesquisadores envolvidos no FTA de uma organização distribuída. O modelo considera as relações internas da organização e o ambiente externo, composto de concorrentes, fornecedores, parceiros, consumidores, agências governamentais, organizações sociais, e agências de desenvolvimento que traz mais complexidade à aplicação – conforme discutido na seção 4.2 e representado na Figura 26. A organização deve ser capaz de entender o ambiente no qual está inserida para realizar um FTA eficiente. Isto porque, é

possível observar na prática a dificuldade imposta aos tomadores de decisão em coordenar de maneira eficaz os Centros de P&D quando os mesmos não possuem extenso conhecimento interno e externo à organização.

Neste capítulo, apresentamos o modelo TIAMAT, projetado para enfrentar o desafio de prover um *framework* de FTA distribuído. Concluímos apresentando uma instância típica do TIAMAT, com caráter didático da sua aplicação. Outras instâncias, que apresentam outros tipos de organização, foram realizadas durante as avaliações do modelo, apresentadas no Capítulo 7.

4.1. Estrutura Organizacional Interna

Na aplicação típica do Modelo TIAMAT, grandes organizações possuem uma hierarquia que pode ser simplificada como: uma pessoa ou setor de uma organização em um nível hierárquico superior comandando uma ou mais equipes com várias pessoas – ou mesmo setores subordinados – da organização. De maneira semelhante, os setores organizacionais geralmente possuem vários subsetores, cada um respondendo a sua hierarquia superior. Para simplificar e facilitar a análise da organização que realiza P&D, no modelo TIAMAT, a hierarquia organizacional foi dividida em apenas dois papéis: a Divisão de Pesquisa e os centros de P&D distribuídos. Logicamente, essa nomenclatura muda de acordo com a organização, mas esses papéis podem ser encontrados na organização. Esta perspectiva, inclusive, pode ser expandida com a utilização deste paradigma em diversos níveis hierárquicos da organização. No caso de empresas que não são especializadas em P&D que realizam projetos (muitas vezes grandes) de P&D para atingir um objetivo específico, um serviço de consultoria externo capacitado pode ser contratado. Neste caso, o consultor externo poderia assumir o papel de Divisão de Pesquisa e o restante da equipe de pesquisa – formada de pessoal interno e/ou externo à organização – o papel de Centros de P&D. Note que papéis de setores de organização estão sendo atribuídos diretamente a pessoas. Este tipo de atribuição é possível porque o TIAMAT é capaz de apoiar diferentes graus de granularidade no agrupamento de pessoas.

O modelo TIAMAT permite a representação da hierarquia organizacional em dois níveis de granularidade: organizacional (Figura 24) e pessoal (Figura 25). A granularidade organizacional é focada na forma com que os setores organizacionais realizam o processo de FTA, considerando que cada método será executado por um

setor da organização, sem entrar no mérito das pessoas em si. Na granularidade pessoal, a informação sobre quem irá executar cada método de FTA é descrito, permitindo assim um maior controle sobre o processo de FTA. Ambas as granularidades são úteis. A hierarquia superior da organização deve utilizar a granularidade organizacional e Centros de P&D devem usar a granularidade pessoal. Se o Centro de P&D for grande o suficiente, ele pode usar a granularidade organizacional em alguns níveis, usando a granularidade pessoal nos níveis mais específicos.

A hierarquia simplificada da organização é apresentada na Figura 24, sendo composta pelos tomadores de decisão imediatos, pela Divisão de Pesquisa, e pelos Centros de P&D distribuídos. Os tomadores de decisão imediatos da organização geralmente não estão cientes dos detalhes técnicos dos Centros de P&D. Acima deles está a hierarquia superior da organização. A Divisão de Pesquisa é o setor que coordena os Centros de P&D, possuindo conhecimento técnico para compreender todo o portfólio de pesquisa da organização e é responsável pela execução do planejamento estratégico associado com a pesquisa. Os Centros de P&D podem conduzir pesquisas de forma independente ou em grupos. O tamanho de um Centro de P&D pode variar desde algumas salas na sede da organização até complexos de edifícios espalhados pelo mundo.

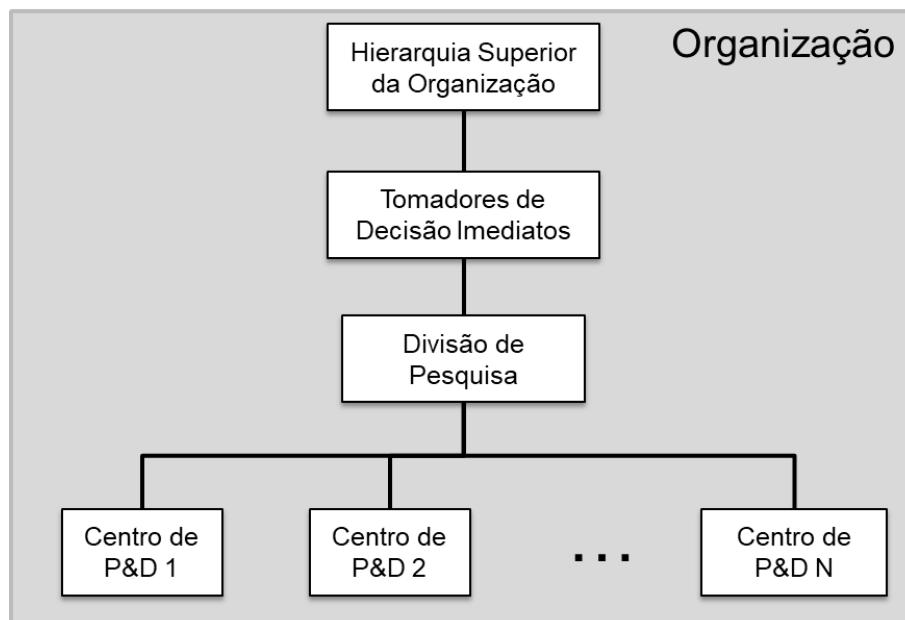


Figura 24. Hierarquia genérica de uma organização de P&D distribuída.

Na granularidade pessoal, é possível isolar alguns setores ou até mesmo um único projeto de pesquisa do Centro de P&D e aplicar o modelo TIAMAT

exclusivamente nele. Neste caso, o pesquisador sênior iria desempenhar o papel de Divisão de Pesquisa e pesquisadores juniores o papel de Centros de P&D. O resultado deste FTA é um subsidio para o Supervisor de Pesquisa – superior imediato do pesquisador sênior – que desempenha o papel de tomador de decisão imediato. À medida que deslocamos nossa análise para a hierarquia superior, o pesquisador sênior passa a desempenhar o papel de Centro de P&D e supervisor de pesquisa desempenha o papel da Divisão de Pesquisa. O superior hierárquico do supervisor de pesquisa faria o papel de tomador de decisão imediato da organização. Esta mudança na análise da hierarquia pode ser repetida até o topo da organização: os superiores do pesquisador sênior iriam desempenhar todas as funções (tomador de decisão imediato, Divisão de Pesquisa, Centro de P&D), dependendo do nível que estamos analisando. O exemplo de troca de papéis é ilustrado na Figura 25.

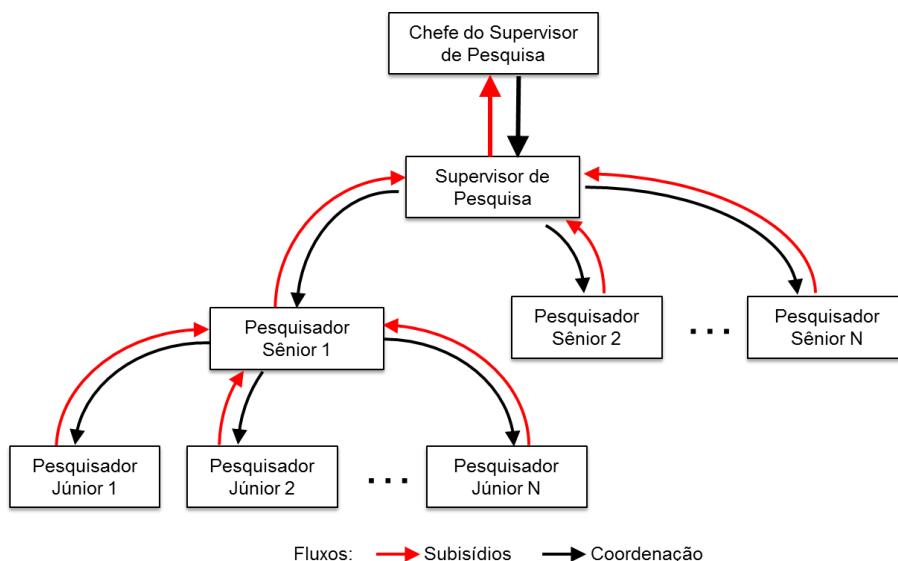


Figura 25. Granularidade pessoal com dois níveis de hierarquia.

As análises que precisam de maior conhecimento tecnológico – como o desenvolvimento de cenários e o monitoramento tecnológico – são realizados pelos Centros de P&D. Já a Divisão de Pesquisa coordena o trabalho de P&D e auxilia os tomadores de decisão da organização com a estratégia de organização em longo prazo.

4.2. Interfaces com o Ambiente Externo

À medida que o conhecimento tecnológico está na mente dos pesquisadores, a comunicação é um fator fundamental em uma organização distribuída. O aumento do conhecimento do ambiente interno e externo da organização pode ajudar a tomada de decisão. Além de más decisões ou direcionamentos equivocados, a falta de

comunicação pode provocar retrabalho nos Centros de P&D, implicando em perda financeira para a organização.

A coordenação das pesquisas desenvolvidas também é um fator importante a ser abordado. A Divisão de Pesquisa tem a tarefa de coordenar os Centros de P&D, explorando suas capacidades ao máximo através da realização de sinergias e da busca por oportunidades. A comunicação entre os Centros de P&D também é capaz de trazer mais *awareness*³ sobre o que está sendo pesquisado. A Divisão de Pesquisa possui acesso aos dados dos Centros de P&D, sendo um intermediário confiável para indicar sinergias, além de definir políticas de compartilhamento de dados e acesso físico entre os centros.

A consequência dos esforços de coordenação e comunicação é a cooperação entre os Centros de P&D. É possível realizar a cooperação sem coordenação, no entanto, ela dependeria da iniciativa pessoal dos pesquisadores e não estaria alinhada com os objetivos estratégicos da organização. No modelo TIAMAT, a cooperação é fundamental na produção de resultados para os tomadores de decisão da organização.

Os aspectos de comunicação, coordenação, cooperação e *awareness* (ENDSLEY, 1995; FUKS et al., 2008; GUTWIN; GREENBERG, 2004) não se limitam a relações internas da organização. Analisando os diferentes tipos de organizações, foram identificadas três grandes Interfaces Organizacionais: *Pesquisa*, *Mercado*, e *Governo e Sociedade*.

As Interfaces Organizacionais conectam a organização aos outros atores relevantes ao seu contexto, por meio de interações de fornecimento, consumo, financiamento, regulamentação, ou pressão social. Essas interfaces são as fronteiras que conectam a organização de P&D ao seu ambiente de negócios – sendo, consequentemente, importantes para a realização de um FTA.

A interface de *Pesquisa* de uma organização inclui parceiros de pesquisa (por exemplo, as universidades com as quais possui acordos de cooperação), concorrentes de pesquisa (por exemplo, as universidades sem acordos de cooperação), fornecedores de pesquisa (responsáveis pelo fornecimento de suprimentos para pesquisa e matérias-primas), e os consumidores da pesquisa (geralmente a academia ou a própria organização e suas parceiras). Finalmente, pesquisas científicas sempre beneficiam a

³ O conceito de *awareness*, ou percepção, está relacionado com a capacidade de um colaborador saber o que os outros colaboradores fizeram ou estão fazendo no momento. Em sistemas colaborativos, este conceito se torna fundamental na implementação de áreas de trabalho compartilhadas, para evitar conflitos entre as ações de cada colaborador.

sociedade, nem que seja pela simples adição de mais um tijolo no pilar do conhecimento humano.

De forma semelhante, a interface de *Mercado* de uma organização inclui parceiros de mercado (por exemplo, as organizações com acordos de cooperação), concorrentes de mercado (por exemplo, as organizações sem acordos de cooperação), os fornecedores industriais (responsáveis pelo fornecimento de suprimentos industriais), e os próprios consumidores finais do produto.

Finalmente, a interface de *Governo e Sociedade* de uma organização inclui agências do governo (por exemplo, agências reguladoras), agências de desenvolvimento (por exemplo, os financiadores de pesquisa ou apoiadores), agências sociais (como ONGs e fundações relacionadas), e o meio ambiente (por meio de iniciativas de sustentabilidade e variáveis ambientais que estão fora do escopo da regulamentação governamental).

O modelo TIAMAT pode ser visto como consoante com o *Triple Helix* (ETZKOWITZ; LEYDESDORFF, 1995), abordagem que explica as relações universidade-indústria-governo e proposta após a observação de países com alto grau de inovação. No *Triple Helix*, a universidade é indutora das relações com empresas e o governo, sendo um ator no desenvolvimento econômico através da geração de conhecimento científico e tecnológico. A infraestrutura do conhecimento é gerada na sobreposição das interfaces institucionais, com uma instituição tomando o papel de outra, com o surgimento de organizações híbridas (ETZKOWITZ; LEYDESDORFF, 2000). O *Triple Helix* é um sistema dinâmico, em uma espiral de transições sem fim (ETZKOWITZ; LEYDESDORFF, 2000). O resultado do *Triple Helix* é um ambiente de inovação consistindo de novas empresas saídas das universidades; iniciativas trilaterais para o desenvolvimento econômico baseado em conhecimento; e alianças estratégicas entre empresas, laboratórios governamentais e grupos de pesquisa acadêmica. Estes acordos são muitas vezes incentivados, mas não controlados, pelo governo (ETZKOWITZ; LEYDESDORFF, 2000).

O modelo TIAMAT é parte de um *framework* de organização e execução de processos de FTA, no qual a Divisão de Pesquisa coordena vários Centros de P&D – conforme apresentado na Figura 26. Esta abordagem resulta em um FTA projetado para ser utilizado como subsídio decisório dos tomadores de decisão imediatos. O modelo também considera as interfaces da organização e seus componentes.

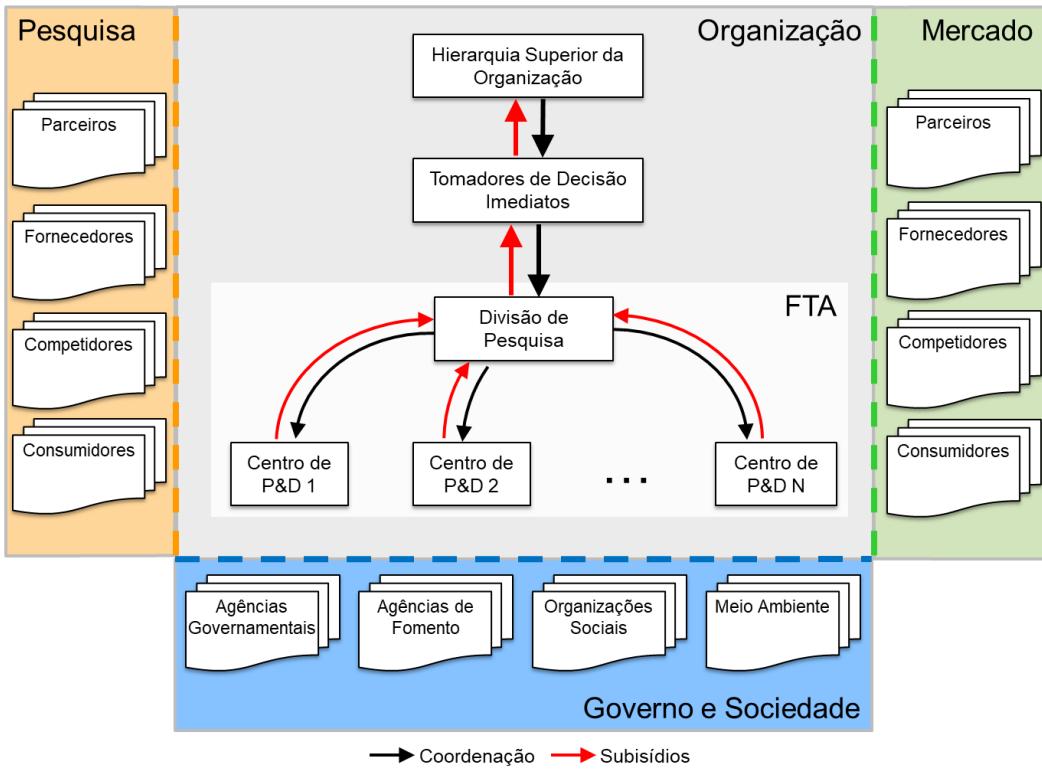


Figura 26. O Modelo TIAMAT.

Um benefício do modelo TIAMAT é a sua capacidade de simplificar em apenas dois níveis os papéis dos participantes do FTA: Divisão de Pesquisa e Centros de P&D, conforme discutido na seção 4.1. Esta decomposição permite um FTA mais amplo e profundo. No modelo TIAMAT, a Divisão de Pesquisa realiza FTA em nível estratégico e os Centros de P&D em nível operacional. Quando o FTA é realizado em nível operacional, ele está limitado a análise técnica pertinente ao estudo. Quando o FTA é realizado em nível estratégico, no entanto, o mesmo vai além da parte técnica, direcionando o estudo para resultados factíveis ou melhor alinhados com a estratégia da organização. Eles devem interagir para maximizar a coleta e troca de informações. O modelo é flexível, podendo também ser aplicado em organizações com poucos níveis hierárquicos, como *startups* e empresas inovadoras – muitas vezes com potencial disruptivo.

O modelo TIAMAT deve ser instanciado de acordo com cada organização. O primeiro passo é identificar os Centros de P&D e as pessoas ou setores responsáveis pela sua gestão. No entanto, no modelo não é obrigatório identificar os tomadores de decisão imediatos da organização; o foco deve ser mantido nos níveis hierárquicos analisados, que são a Divisão de Pesquisa e os Centros de P&D. Em cenários ilustrativos, que são teóricos por natureza, os tomadores de decisão imediatos podem ser referenciados de forma genérica, uma vez que o seu papel é receber os resultados do

FTA. Em casos reais, todavia, eles serão bem conhecidos. Uma instância do modelo TIAMAT realizada para a empresa farmacêutica fictícia P é apresentada na seção 4.3, com o objetivo de mostrar que o modelo é fiel ao mundo real e consistente. A instância do modelo da empresa fictícia P foi construída baseada em dados públicos da empresa Pfizer Inc., obtidos a partir do seu *site* da Internet. Sendo assim, a empresa P pode ser vista, no máximo, como próxima à Pfizer. Outras instâncias do modelo estão disponíveis na seção 7.3.

4.3. Instância: Empresa Farmacêutica Fictícia P

Nesta seção, o modelo TIAMAT é aplicado a um caso típico. Iniciamos esta seção definindo uma empresa farmacêutica fictícia P, instanciada com dados públicos da farmacêutica Pfizer (PFIZER INC., 2015a), como objetivo de trazer uma maior fidelidade da modelagem à aplicação real. A Pfizer foi escolhida como fonte de dados da empresa P devido aos seus Centros de P&D distribuídos, além das suas constantes aquisições de outras empresas do ramo, o que faz com que a sua lista de Centros de P&D esteja sempre crescendo. A instância do modelo TIAMAT para a empresa P é apresentada na Figura 27. A empresa fictícia P pode ser vista como uma simplificação da Pfizer, contudo, mantendo o básico necessário para a aplicação do paradigma do modelo TIAMAT de maneira válida e de fácil entendimento.

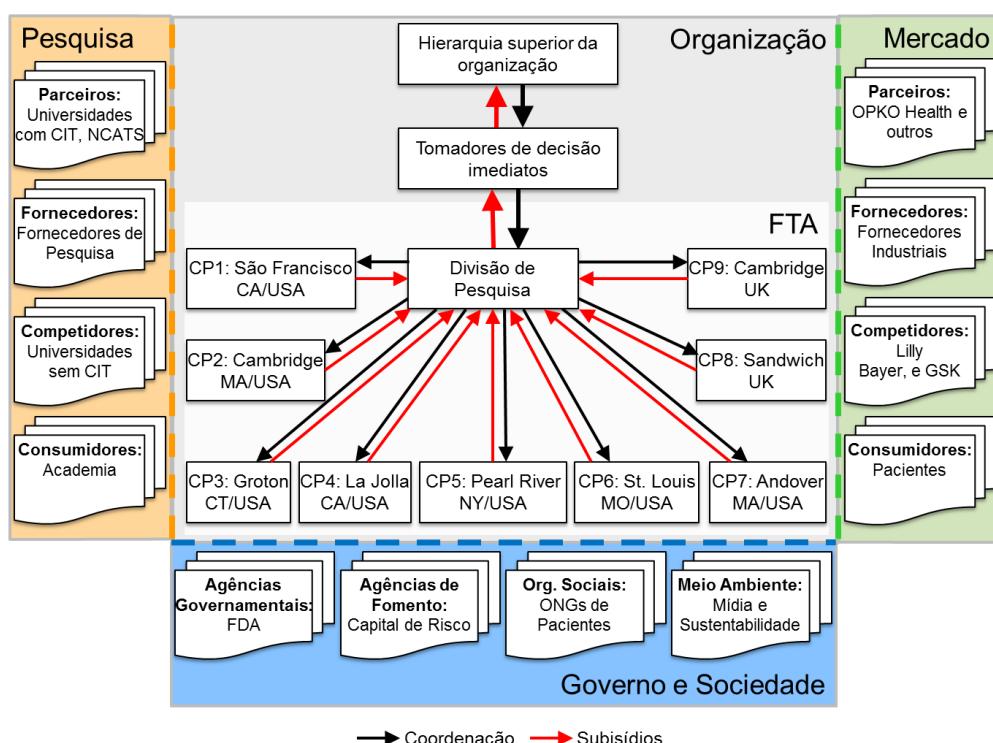


Figura 27. Modelo TIAMAT instanciado para a empresa fictícia P.

A empresa P possui nove Centros de P&D, localizados em: São Francisco (CA/EUA), Cambridge (MA/EUA), Groton (CT/EUA), La Jolla (CA/EUA), Pearl River (NY/EUA), St. Louis (MO/EUA), Andover (MA/EUA), Sandwich (Reino Unido), e Cambridge (Reino Unido).

Com relação as interfaces da empresa P com a Pesquisa, podemos destacar os Centros de Inovação Terapêutica (“Centers for Therapeutic Innovation”, 2015), nos quais a empresa P realiza parcerias acadêmicas-industriais, em uma colaboração pensada para facilitar a transição entre as primeiras descobertas científicas em novas terapias. A empresa P e equipes acadêmicas trabalham lado-a-lado, combinando a experiência de pesquisa dos acadêmicos na biologia da doença, nos seus alvos, e nas populações de pacientes com os recursos e experiência de desenvolvimento de medicamentos da empresa P. Como é baseada na Pfizer, a empresa P também é parceira do *National Center for Advancing Translational Sciences* (NCATS), uma divisão do *U.S. National Institutes of Health*. O NCATS provê o acesso à acadêmicos para o uso de moléculas proprietárias da indústria farmacêutica testadas em humanos, com o objetivo de realizar pesquisas adicionais para produzir diferentes usos terapêuticos para os compostos. A proprietária mantém a Propriedade Intelectual sobre seus compostos, enquanto os parceiros acadêmicos ficam com a propriedade intelectual sobre a nova utilização dos mesmos, juntamente com o direito de publicar os seus resultados. Os envolvidos podem inclusive negociar a divisão da nova patente. Os fornecedores de pesquisa da empresa P são provedores dos componentes químicos básicos e equipamentos utilizados nas pesquisas, sendo fundamentais para que o desenvolvimento da tecnologia ocorra. Entre os competidores de pesquisa da empresa P, por outro lado, estão todas as universidades que não possuem parcerias como os Centros de Inovação Terapêutica, uma vez que suas descobertas geram patentes que não serão revertidas em *royalties* para a empresa P. Por fim, os consumidores dos resultados da pesquisa da empresa P são os acadêmicos, sejam parceiros ou competidores, que analisam patentes e artigos para obter *insights* sobre novas tecnologias.

De maneira similar, podemos analisar a interface da empresa P com o Mercado. Dentre as diversas parcerias da Pfizer que podemos transferir para a empresa P, destacamos as parceiras com a OPKO Health (MARCIAL, 2014), e com a Indiana Biocon (PFIZER INC., 2010), que durou até 2012 (PFIZER INC., 2012). A empresa P também possui fornecedores industriais de materiais químicos, como reagentes e catalisadores, entre outros, para o seu parque industrial. Os competidores de mercado da

empresa P são as outras indústrias farmacêuticas, como a Lilly (ELI LILLY AND COMPANY, 2015), a Bayer (BAYER AG, 2015), e a GSK (GLAXOSMITHKLINE PLC, 2015). Por fim, os seus consumidores de mercado são os pacientes que dependem das drogas fabricadas pela empresa P.

Na interface da empresa P com o Governo e Sociedade, começamos a nossa análise com o seu contato com as agências governamentais, em especial a *Food and Drug Administration* (FDA) – agência reguladora da indústria farmacêutica dos EUA. Continuando a análise, as agências de fomento que financiam a empresa P são privadas, provenientes de Capital de Risco. Por fim, as organizações sociais que interagem com a empresa P são as Fundações de Pacientes.

Voltando a análise para Pfizer, podemos notar que a mesma monitora o seu ambiente de negócios maneira semelhante, chamando essas interfaces de Ecossistema de P&D. O ecossistema tem como objetivo “catalisar a inovação da saúde” (PFIZER INC., 2015b), sendo apresentado na Figura 28. É possível notar que os elementos do modelo TIAMAT possuem uma representação equivalente no Ecossistema de P&D da Pfizer, conforme relacionado na Tabela 6.

Na interface de pesquisa, é trivial relacionarmos os parceiros com os **Centros Médicos Acadêmicos** associados, e os competidores com o restante da **Indústria Biofarmacêutica**. Já os consumidores da pesquisa são os próprios profissionais da área de saúde, que podem receitar novos medicamentos que são frutos deste tipo de pesquisa.

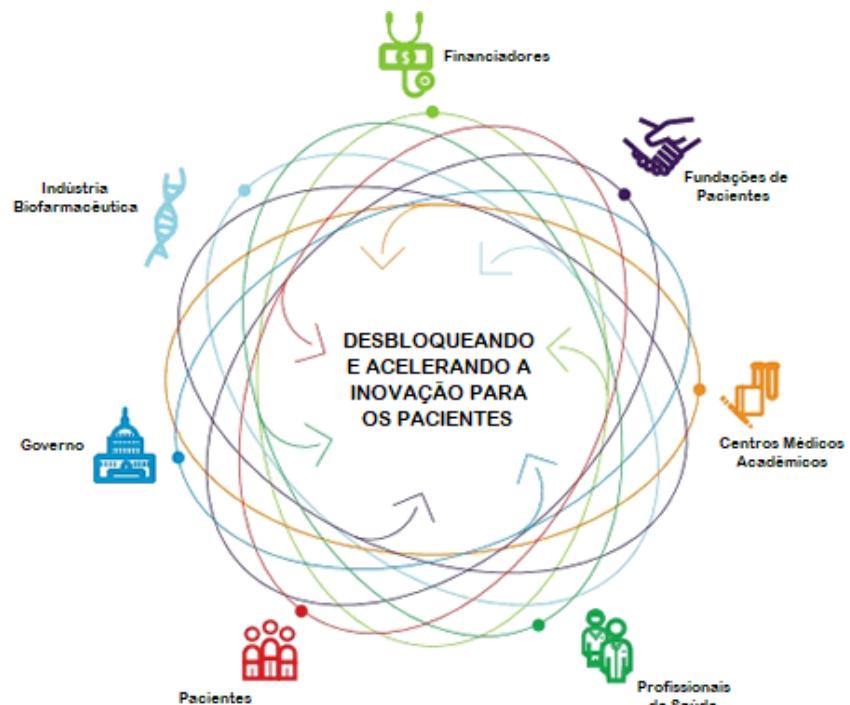


Figura 28. Ecossistema de P&D da Pfizer, extraído de PFIZER INC. (2015b).

Na interface de mercado, a Pfizer possui tanto parceiros como competidores na indústria biofarmacêutica, uma vez que a maioria das empresas deste ramo são competidoras diretas para realizar descobertas relevantes na indústria biofarmacêutica, apesar de possuírem parcerias pontuais com empresas da área. Finalmente, os consumidores nesta interface são os pacientes, que compram os produtos desenvolvidos.

É possível reparar que falta uma relação com fornecedores, tanto na interface de pesquisa, quanto na interface de mercado. Este fato pode estar relacionado com a menor importância dada à cadeia de suprimentos neste contexto específico, no qual a Pfizer é apresentada para os seus clientes.

Na interface de governo e sociedade, a Pfizer representa as agências governamentais com termo mais genérico **Governo**, e as agências de fomento como **Financiadores**. As organizações sociais relevantes no contexto da Pfizer são as Fundações de Pacientes. As iniciativas de Meio Ambiente não estão explícitas no Ecossistema de P&D da Pfizer, contudo elas podem ser encontrados no *Pfizer's Green Journey* (PFIZER INC., 2016).

Tabela 6. Compatibilização das terminologias entre o modelo TIAMAT e o Ecossistema de P&D da Pfizer

Elemento do modelo TIAMAT	Elemento do Ecossistema de P&D da Pfizer
Interface de Pesquisa	
▪ Parceiros	Centros Médicos Acadêmicos
▪ Fornecedores	-
▪ Competidores	Indústria Biofarmacêutica
▪ Consumidores	Profissionais de Saúde
Interface de Mercado	
▪ Parceiros	Indústria Biofarmacêutica
▪ Fornecedores	-
▪ Competidores	Indústria Biofarmacêutica
▪ Consumidores	Pacientes
Interface com Governo e Sociedade	
▪ Agências Governamentais	Governo
▪ Agências de Fomento	Financiadores
▪ Organizações Sociais	Fundações de Pacientes
▪ Meio Ambiente	<i>Pfizer's Green Journey</i>

Capítulo 5 – O Processo TIAMAT

QP4: Como a tecnologia pode ser projetada para apoiar a construção de FTA complexos que apoiem a participação distribuída?

QP5: Como a tecnologia pode ser usada para integrar o FTA executado distribuidamente?

Neste capítulo é apresentado o processo que complementa o modelo apresentado no capítulo anterior, descrevendo as interações necessárias para a realização de um FTA distribuído. O artefato produzido, denominado Processo TIAMAT, foi pensado para apoiar o modelo TIAMAT na definição, execução distribuída e decisão através da execução sequencial de métodos de FTA. A ideia principal que fundamenta este processo é que estudos de FTA podem ser generalizados em *workflows* de métodos de FTA. Esta ideia se apoia na literatura, que indica que um FTA se torna mais confiável quando são utilizados métodos distintos e complementares (ARMSTRONG, 1986) (CLEMEN, 1989) (MAKRIDAKIS; WINKLER, 1983).

O processo TIAMAT é capaz de representar um processo de FTA nas formas macro, meso e micro. Dentro de uma organização, a forma macro se refere à Divisão de Pesquisa e os Centros de P&D. A forma meso se refere a um Centro de P&D e seus setores de pesquisa. A forma micro inclui projetos de pesquisa. As duas primeiras formas (macro e meso) são realizadas na granularidade organizacional, conforme descrito na seção 4.1. Já a forma micro é realizada na granularidade pessoal. Essa flexibilidade é uma característica importante do processo, uma vez que as aplicações de FTA podem variar bastante de acordo com os objetivos do estudo.

O processo TIAMAT começa quando os tomadores de decisão da organização percebem uma necessidade de decisão relacionada a alguma tecnologia – que incluem, entre outros, monitoramento de concorrentes, avaliações de mercado, e previsão de demanda de produtos. Neste momento, os decisores podem precisar realizar um FTA para apoiar seu processo decisório. Caso o FTA seja realizado, eles irão precisar do apoio da Divisão de Pesquisa. A Divisão de Pesquisa é responsável por dividir o problema em vários temas: definição do âmbito do FTA, as responsabilidades, métodos, e a ordem de execução dos mesmos na forma de um *workflow*. Este processo, denominado processo TIAMAT, é apresentado na Figura 29 – no formato *Business Process Model and Notation* (BPMN) (OBJECT MANAGEMENT GROUP, 2013).

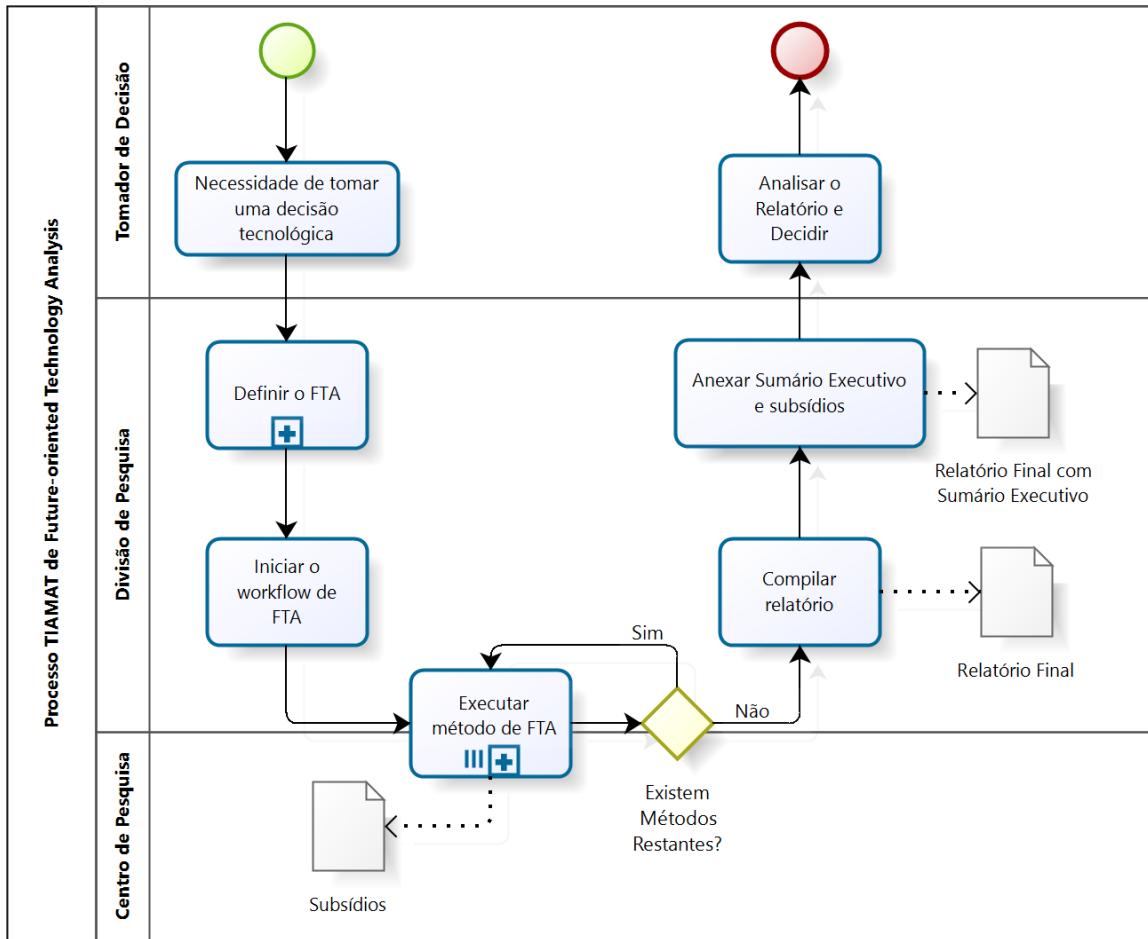


Figura 29. O processo FTA derivado do *framework* TIAMAT.

Uma vez que o planejamento FTA é realizado, através do subprocesso apresentado na Figura 30, a Divisão de Pesquisa começa a execução do *workflow*. Conforme definido no modelo TIAMAT em seu nível de granularidade organizacional, o nível operacional do FTA é de responsabilidade dos Centros de P&D e o nível estratégico do FTA é de responsabilidade da Divisão de Pesquisa.

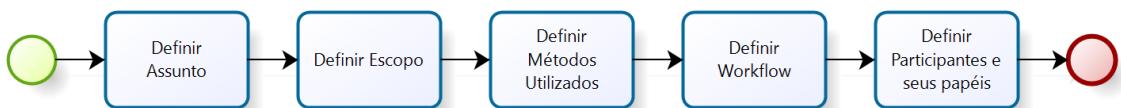


Figura 30. O subprocesso de definição do FTA do *framework* TIAMAT.

Durante a execução de cada método de FTA, detalhada na Figura 31, o passo inicial a ser realizado é a análise dos subsídios dos métodos realizados anteriormente, caso existam. O primeiro método de FTA do *workflow* não possui nenhum subsídio para ser analisado, mas todos os métodos de FTA subsequentes devem envolver a análise aprofundada das informações produzidas pelas etapas anteriores. Esta análise dos subsídios é particularmente importante para os métodos de FTA qualitativos, uma vez

os subsídios podem conter os dados usados para corroborar as suas previsões. Após a análise de subsídios, o método é executado de forma estratégica ou operacional, dependendo de quem for o responsável pela sua execução. Ao final da execução, os participantes devem formalizar o conhecimento gerado na forma de um subsídio, que pode ser visto como um relatório parcial, com escopo limitado ao método em execução.

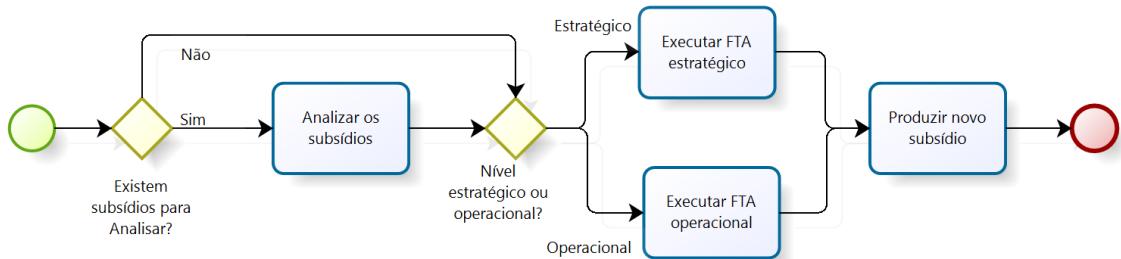


Figura 31. O subprocesso de execução de método de FTA do *framework* TIAMAT.

No final da execução do *workflow*, a Divisão de Pesquisa analisa todos os subsídios produzidos durante o FTA e os compila em um relatório. Em seguida, produz um Sumário Executivo o anexa ao relatório. Os dados brutos devem ser mantidos disponíveis, no entanto, não devem ser anexados ao relatório. Após a sua construção, o relatório pode passar por etapas de editoração como a revisão ortográfica, o projeto gráfico e a diagramação do texto – etapas que estão fora do escopo desta Tese.

O tomador de decisão imediato recebe o relatório composto pelo Sumário Executivo – que contém o resumo das informações principais e as sugestões da Divisão de Pesquisa – junto com o compilado de todos os subsídios de cada método de FTA realizado durante o estudo. O tomador de decisão imediato é livre para escolher a profundidade de sua análise, a fim de tomar a melhor decisão possível.

O processo TIAMAT provê o apoio à coordenação, cooperação, comunicação e *awareness* de todos os membros da organização envolvidos no FTA. A coordenação é detalhada no início da execução, onde o tomador de decisão imediato informa à Divisão de Pesquisa o que deve ser analisado. A Divisão de Pesquisa detalha o processo técnico e controla a execução do *workflow* de métodos de FTA, que é compartilhada entre ela e os Centros de P&D. Ao final da execução dos métodos de FTA, a Divisão de Pesquisa compila os dados em um formato de relatório e envia de volta para os tomadores de decisão da organização.

A cooperação está presente no FTA distribuído. Os Centros de P&D colaboram entre si e com a Divisão de Pesquisa através da produção e posterior consumo de informações de apoio (subsídios) durante o processo de FTA.

A comunicação ocorre de forma clara, começando com a transmissão das necessidades dos tomadores de decisão da organização, e descendo pela hierarquia organizacional para os participantes do *workflow* de FTA. Cada método de FTA pode consumir vários conjuntos de subsídios para produzir novos subsídios. Essa comunicação formal de seus resultados é compilada em um relatório final. O relatório completo é transmitido através da hierarquia para os tomadores de decisão da organização.

Os subsídios são fundamentais para o *awareness* do processo. Cada participante do *workflow* de FTA possui acesso aos subsídios produzidos nas etapas anteriores do *workflow*. Os pesquisadores podem utilizar esses dados para um maior entendimento sobre o assunto ou como entrada para o método de FTA. Isto é especialmente útil quando os métodos qualitativos usam dados provenientes de métodos quantitativos (DAIM et al., 2006).

Conforme discutido no capítulo anterior, definimos duas formas de colaboração em FTA: a colaboração interna e a colaboração externa. Na colaboração interna, os membros da organização envolvidos na execução de um método de FTA colaboram entre si. Na colaboração externa, os métodos de FTA colaboram entre si, de modo que os resultados de um método de FTA são parte integrante das informações iniciais necessárias de um ou mais métodos subsequentes. O processo TIAMAT está focado no suporte à colaboração externa. Apesar disso, o responsável pela Divisão de Pesquisa pode escolher métodos que estimulem a colaboração entre os participantes – ou seja, colaboração interna – no momento da definição do *workflow*. Neste caso, fazendo com que ambos os tipos de colaboração ocorram.

Uma das propostas deste trabalho é a organização sistemática de métodos de FTA na forma de *workflows*. Partimos do pressuposto de que o uso de *workflows* permite maior controle, colaboração, integração e padronização dos estudos de FTA de uma organização, quando comparados à estudos de FTA realizados em iniciativas *ad-hoc*. Conforme o subprocesso apresentado na Figura 30, um usuário ou setor com o papel Divisão de Pesquisa define o assunto, o escopo, quais métodos de FTA serão selecionados para o estudo (discutido em detalhe na seção 5.1), a ordem em que cada método de FTA será executado (discutido em detalhe na seção 5.2), e as pessoas ou setores responsáveis pela sua execução (discutido em detalhe na seção 5.3). Finalmente, é apresentado um cenário ilustrativo da empresa fictícia P.

5.1. Abordagens para Seleção de Métodos de FTA

O processo TIAMAT foi projetado para permitir um FTA distribuído e integrado. Apesar de ser bem estabelecido que um FTA deva empregar mais de um método para aumentar sua eficiência (PORTER et al., 2004), os seus resultados são altamente dependentes dos métodos de FTA utilizados e da sua ordem de execução. Assim, se torna necessário analisar como devem ser escolhidos os métodos de FTA e como organizá-los em um *workflow*. Nesta seção iremos apresentar duas abordagens para selecionar métodos de FTA: o *Foresight Diamond* (POPPER, 2008) e a abordagem de LEVARY e HAN (1995). Essas abordagens devem ser utilizadas pela Divisão de Pesquisa no momento de definir o *workflow* de FTA, conforme estipulado no subprocesso *Definir o FTA*, apresentados na Figura 29 e detalhado na Figura 30. Assim, esta seção descreve abordagens para a montagem de *workflows* de FTA de maneira mais eficiente, apesar do escopo desta tese não incluir a implementação de um sistema para sugerir métodos de FTA.

5.1.1. Foresight Diamond

A primeira abordagem analisada para escolha de métodos de FTA é o *Foresight Diamond*: vários métodos de FTA são espalhados em forma de diamante (conforme ilustrado na Figura 32), em que cada canto representa uma propriedade inerente ao método de FTA (MILES; POPPER, 2008) (POPPER, 2008).

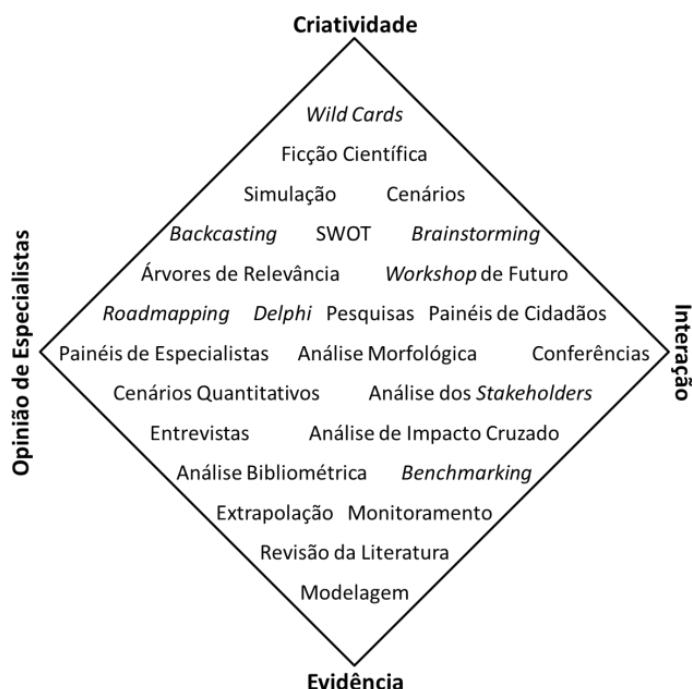


Figura 32. *Foresight Diamond*, adaptado de POPPER (2008).

As propriedades do *Foresight Diamond* são: *expertise, criatividade, interação e evidência*. Os métodos de *expertise* dependem do conhecimento de um especialista da área a ser analisada. Os métodos de *criatividade* estimulam os pensamentos criativos e originais de uma ou mais pessoas. Os métodos de *interação* são baseados em comunicação – alguns desses métodos estimulam decisões de baixo para cima valorizam a democracia na organização. Os métodos de *evidência* analisam dados úteis para compreender o estado atual da área a ser pesquisada (GEORGIU, 2008) (POPPER, 2008).

Ao criar um *workflow* de FTA, é importante escolher métodos que ocupem ao máximo o diamante. A utilização de métodos provenientes de todos os cantos do diamante faz com que o assunto seja avaliado sob diferentes perspectivas, aumentando as chances de sucesso do estudo realizado.

5.1.2. Abordagem de LEVARY e HAN

A abordagem de seleção de métodos de FTA proposta por LEVARY e HAN (1995) se baseia em determinar o quanto importante é uma série de fatores, e como eles podem afetar a escolha dos métodos de um FTA. Cada fator foi categorizado nos valores pequeno/baixo, médio, e grande/alto e suas combinações. Os fatores identificados são (LEVARY; HAN, 1995):

- **Dinheiro disponível para o desenvolvimento da tecnologia.** O sucesso e o tempo necessário para o desenvolvimento de uma tecnologia são proporcionais à quantidade de dinheiro investido.
- **Disponibilidade de dados.** A quantidade de dados disponíveis para o FTA influencia diretamente na escolha dos métodos utilizados.
- **Validade dos dados.** Os métodos de FTA dependem de diferentes quantidades de dados, assim, cada método produz um grau de incerteza próprio – que pode ser considerado inaceitável para certos FTA.
- **Similaridade com as tecnologias existentes.** A capacidade de realização de uma tecnologia e seu tempo de desenvolvimento são proporcionais à sua similaridade com as tecnologias existentes.
- **Número de variáveis que afetam o desenvolvimento da tecnologia.** Conforme os métodos de FTA manipulam diferentes números de

variáveis, o número de variáveis em si é um fator limitante na escolha dos métodos de FTA.

A abordagem de LEVARY e HAN (1995) para a escolha de um método de FTA pode ser descrito em sete passos:

1. Se familiarizar com as vantagens, desvantagens e condições necessárias para cada método de FTA, conforme apresentado na Tabela 7.

Tabela 7. Pré-requisitos para o uso de métodos de FTA específicos, adaptado de LEVARY e HAN (1995).

Método de FTA	Pré-requisito
<i>Delphi</i>	Todos os participantes devem ser <i>especialistas</i> ⁴ em um dado aspecto da tecnologia.
NGT	Todos os participantes devem ser especialistas em um dado aspecto da tecnologia. É necessário um líder do grupo.
Analogias	Tecnologia complexa com um pequeno número de organizações envolvidas.
Modelos de Difusão	Disponibilidades de dados históricos cobrindo grandes períodos de tempo. Se os períodos forem curtos, a análise é limitada. Necessita de conhecimento sobre o ciclo de vida da tecnologia.
Métodos de Análise de Tendências	Cada método de Análise de Tendências, como a Extrapolação de Tendências, possui premissas próprias. A precisão do FTA depende da capacidade do pesquisador em satisfazer essas premissas.
Análise de Correlação	A tecnologia a ser analisada deve possuir características similares às tecnologias estabelecidas.
AHP	Informações de boa qualidade devem estar disponíveis para comparação em pares.
Simulação de Sistemas	O relacionamento entre todas as variáveis que afetam o processo de desenvolvimento da tecnologia precisa ser conhecido antes da construção do modelo.
Análise de Impacto Cruzado	A inter-relação dos eventos futuros precisa ser conhecida.
Árvores de Relevância	A estrutura hierárquica do desenvolvimento da tecnologia precisa ser conhecida.
Cenários	Os criadores do cenário precisam ser especialistas em todos os aspectos da tecnologia proposta.

2. Identificar os métodos de FTA mais apropriados para cada grau de cada fator que afeta um FTA.

⁴ Existe controvérsia quanto a necessidade da utilização de especialistas em um estudo Delphi. Dependendo das características do estudo, a opinião de leigos pode ser utilizada de forma indistinguível da opinião de especialistas (SACKMAN, 1974) (MASSER; FOLEY, 1987) (KAIVO-OJA; SANTONEN; MYLLYLÄ, 2013).

3. Determinar combinações de graus para todos os fatores que afetam o FTA. Estas combinações geram uma tabela similar a Tabela 8. Note que nem todas as combinações foram geradas; isso ocorre porque certas combinações não possuem métodos de FTA identificados como apropriados.
4. Quando possível, utilize vários métodos de FTA, selecionando o melhor para cada aspecto do desenvolvimento da tecnologia.
5. Analise o FTA.
6. Estime a quantidade necessária de dinheiro para o desenvolvimento tecnológico e consulte especialistas para estimar o seu impacto no tempo de desenvolvimento e na probabilidade de se realizar a tecnologia.
7. Ajuste a análise do FTA realizada no passo 5 com as informações do passo 6.

Tabela 8. Resumo dos métodos mais apropriados para combinações de fatores que afetam um método de FTA, adaptado de LEVARY e HAN (1995).

Disponibilidade de dados	Validade dos dados	Similaridade com as tecnologias existentes	Número de variáveis que afetam o desenvolvimento da tecnologia	Método de FTA
Pequena	Baixa ou Média	Média	Baixa	<i>Delphi</i> , NGT, Cenários
Pequena	Baixa	Pequena	Média	Analogias
Média ou Grande	Média ou Alta	Pequena ou Média	Alta	Análise de Correlação
Média ou Grande	Média ou Alta	Pequena ou Média	Baixa ou Média	Métodos de Análise de Tendências
Média	Média ou Alta	Pequena	Baixa ou Média	Modelos de Difusão
Média	Alta	Média ou Grande	Baixa	AHP, Árvores de Relevância
Média ou Grande	Média ou Alta	Média ou Grande	Média ou Alta	Simulação de Sistemas
Média ou Grande	Média ou Alta	Pequena ou Média	Média ou Alta	Análise de Impacto Cruzado

5.2. O impacto da ordem dos métodos de FTA

Não existe um *workflow* de métodos de FTA eficiente para qualquer problema ou assunto. De maneira similar, a ordem de execução dos métodos de FTA é altamente dependente do tipo de necessidade definida pela organização, ou seja, do problema a ser

analisado. A Divisão de Pesquisa tem a responsabilidade de investigar e encontrar um bom conjunto de métodos, definindo sua ordem e responsáveis – o *workflow*. No final deste processo, a Divisão de Pesquisa espera que o *workflow* definido seja o melhor possível para analisar o problema. No entanto, não é possível garantir esse resultado ótimo. Uma heurística para a formação de um *workflow* eficiente é fomentar sinergias entre os métodos de FTA, suas aplicações e a capacidade técnica de seus responsáveis.

Para demonstrar como a ordem dos métodos é capaz de influenciar um estudo de FTA, nesta seção é apresentado um cenário ilustrativo. Neste cenário, consideramos que a Divisão de Pesquisa define que os métodos de FTA na seguinte ordem: Monitoramento do Ambiente Organizacional, Cenários, SWOT, *Delphi* e Análise dos *Stakeholders*. Em seguida, define que o Monitoramento do Ambiente Organizacional, Cenários, e *Delphi* devem ser realizados em nível operacional, e que o SWOT e a Análise dos *Stakeholders* devem ser realizados em nível estratégico. Para simplificar ao máximo este cenário ilustrativo, vamos considerar apenas um Centro de P&D na organização participando do FTA, executando métodos de maneira operacional. Ao final desta parte do processo, a Divisão de Pesquisa monta o *workflow*, que é representado de forma simplificada na Figura 33.

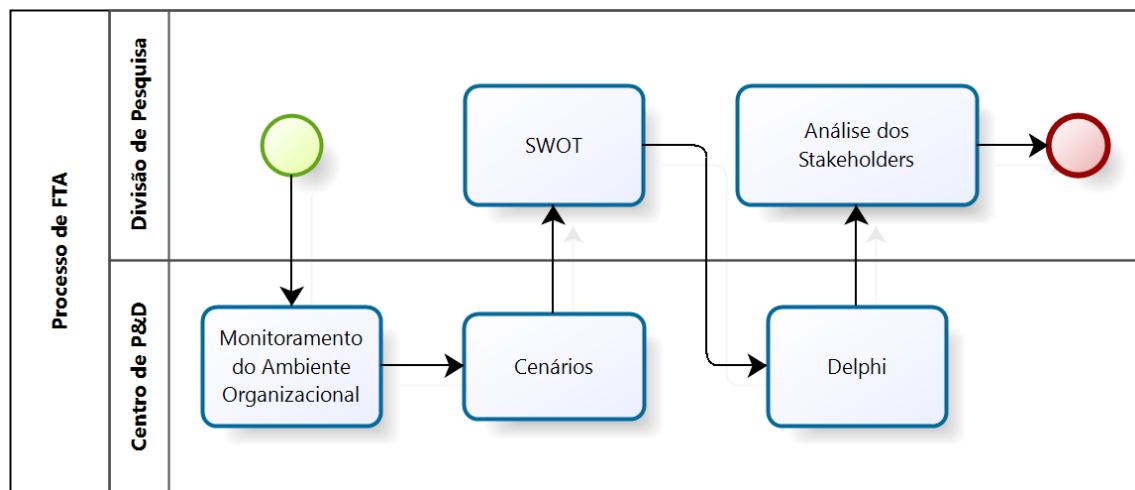


Figura 33. Exemplo de *workflow* de FTA.

A execução *workflow* começa com o Centro de P&D realizando Monitoramento do Ambiente Organizacional. São coletadas e armazenadas as informações relativas as novas tecnologias, práticas, pesquisas e eventos relevantes. O monitoramento também analisa os concorrentes, fornecedores, parceiros, governo e sociedade. Neste momento, são analisadas possíveis oportunidades e ameaças – excelente subsídio para o SWOT. O monitoramento permite com que a organização compreenda sua posição no mercado,

estabeleça um ponto de referência com os concorrentes e descubra oportunidades externas à organização. Os subsídios gerados pelo monitoramento são: uma base de dados coletados, e um relatório analítico com tendências em tecnologias, práticas e pesquisas. Novas oportunidades e ameaças também são listadas.

O segundo passo do *workflow* é o método Cenários. O Centro de P&D usa as tendências descobertas no monitoramento para imaginar cenários possíveis. O foco neste método é selecionar o cenário mais provável, o cenário ideal, e o pior cenário possível, assim como os fatores que levam a eles. O subsídio gerado é um relatório com todos esses cenários e os fatores que os causam.

O terceiro passo do *workflow* é o método SWOT. Conforme definido no *workflow*, a Divisão de Pesquisa realiza a sua execução, usando os dois conjuntos de subsídios (produzidos nos passos anteriores) para definir a matriz TOWS. Os dados contidos nos subsídios anteriores são levados em consideração. O subsídio gerado neste método é um relatório com todos os Pontos Fortes, Fracos, Oportunidades e Ameaças da organização em relação ao assunto do FTA.

O quarto passo é o método *Delphi*. Os subsídios dos passos anteriores são usados na criação de questionários, que contém propostas de possíveis ações. Especialistas do Centro de P&D analisam as ações propostas e capacidade técnica da organização para implementá-las. Uma vez que seja alcançado um consenso, o subsídio gerado é o relatório final do *Delphi*. O relatório detalha o consenso das opiniões dos especialistas, podendo incluir algumas opiniões individuais que representem contrapontos importantes ao consenso, de acordo com a análise dos moderadores do *Delphi*.

O último passo do *workflow* é o método de Análise dos *Stakeholders*. Ele identifica e classifica os indivíduos ou grupos que podem afetar ou serem afetados pelas ações propostas no passo *Delphi*. Este método também pode ser usado para descobrir se uma ação é politicamente inválida ou inviável. O subsídio gerado neste passo é um relatório explicando o impacto de cada ação e indicando as direções em como lidar com as partes interessadas antes da ocorrência dos conflitos.

Ao final da execução, a Divisão de Pesquisa deve compilar todos os subsídios gerados em um relatório completo e o processo TIAMAT típico termina no processo decisório.

Nesta seção iremos analisar se o *workflow* proposto para este cenário ilustrativo é eficiente e como a ordem de execução dos métodos de FTA impacta o resultado final

do FTA. A ordem de execução afeta as entradas disponíveis (subsídios) para cada método de FTA. Neste cenário ilustrativo, colocamos propositalmente o método Cenários em uma posição inapropriada do *workflow*. Desta forma, podemos notar que o FTA resultante parece ser um tanto desarticulado. Uma opção melhor seria produzir cenários apenas após o método SWOT, porque o método Cenários iria receber mais e melhores informações, resultando em cenários mais detalhados e precisos. O método *Delphi*, por sua vez, passaria a ser focado na análise dos cenários produzidos e suas causas. Sendo assim, é importante chamar a atenção ao fato de que é possível realizar diversas combinações na ordenação de métodos de FTA e na escolha de seus responsáveis, implicando em alterações profundas nos dados de entrada e de saída (subsídios) de cada método – até quando comparamos FTAs que utilizam **o mesmo conjunto de métodos**. Essas variações podem ser usadas para dar maior flexibilidade ao FTA, permitindo aos pesquisadores alcançar objetivos diferentes.

A mudança proposta para melhorar o *workflow* apresentado na Figura 33 é trocar a ordem dos métodos Cenários e SWOT, conforme ilustrado na Figura 34. Embora a análise indique que o novo *workflow* seja mais eficiente, não é possível provar se o mesmo é ótimo para resolver o problema.

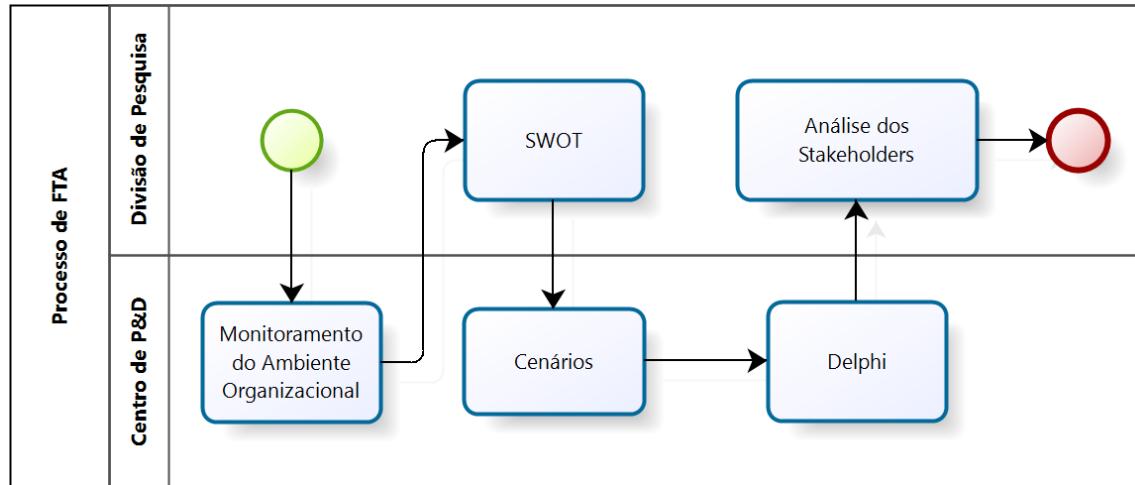


Figura 34. Exemplo de melhoria do *workflow* de FTA.

5.3. Responsabilidades na Execução de um *Workflow*

No processo TIAMAT, métodos de FTA são encadeados no formato de *workflows*, e cada método possui um conjunto de responsáveis e uma estratégia de execução. Quando o responsável possui o papel Centro de P&D, ele executa o FTA em nível operacional, ou seja, ele trabalha com tipos de dados operacionais, de baixo nível, do “chão da fábrica”. Os subsídios gerados em nível operacional produzem geralmente

uma camada de inteligência sobre os dados brutos. Quando o responsável pelo FTA é uma Divisão de Pesquisa, por outro lado, ele executa o FTA no nível estratégico, ou seja, ele analisa dados de relatórios, de alto nível, para gerar novas visões e conciliar opiniões espalhadas pela organização. Os subsídios gerados em nível estratégico são geralmente uma camada de inteligência extra sobre relatórios anteriores.

5.4. Instância: Empresa Farmacêutica Fictícia P

Nesta seção, o processo TIAMAT é aplicado a um caso típico em seu domínio de aplicação, utilizando a empresa fictícia P, como uma continuidade ao modelo instanciado na seção 4.3. Assim, apresentamos uma possível instância de processo de FTA para a empresa P na Figura 35. Esta instância de processo, que não possui dependência de dados com a Pfizer, parte do modelo da empresa P e do cenário ilustrativo em que seu tomador de decisão possui a necessidade de responder aos seguintes questionamentos:

- Quais métodos inovadores de síntese de medicamentos foram descobertos nos últimos 5 anos?
- Como podemos aproveitá-los?
- Qual é são as tendências em um futuro próximo?

Para facilitar a análise e apresentação deste cenário ilustrativo, não julgaremos o mérito dos questionamentos ou se o FTA é o único caminho para a sua solução. Contudo, sabemos que o FTA é uma ferramenta válida para responder a estes questionamentos, sendo assim um caso válido para a aplicação do processo TIAMAT.

Conforme apresentado no modelo TIAMAT instanciado na Figura 27, a empresa P pode ser dividida no paradigma Divisão de Pesquisa/Centros de P&D. No modelo estão listados os seus nove Centros de P&D, localizados em: São Francisco (CA/EUA), Cambridge (MA/EUA), Groton (CT/EUA), La Jolla (CA/EUA), Pearl River (NY/EUA), St. Louis (MO/EUA), Andover (MA/EUA), Sandwich (Reino Unido), e Cambridge (Reino Unido). Devido às diferenças entre os Centros de P&D, podemos considerar que todos ou parte deles trabalham com síntese de medicamentos nível, por pesquisa própria ou através de associações com universidades locais parceiras de pesquisa.

Neste cenário ilustrativo, definimos que os Centros de P&D de São Francisco e La Jolla, nos Estados Unidos, e os de Sandwich e Cambridge, no Reino Unido, se

qualificam para participar do estudo. A Divisão de Pesquisa tem a opção de realizar agrupamentos dos Centros de P&D conforme sua necessidade. Esses agrupamentos lógicos são realizados de acordo com o tema do FTA, como objetivo de estimular sinergias e evitar o retrabalho. Nesta instância, vamos considerar que a Divisão de Pesquisa decidiu agrupar os dois Centros de P&D do Reino Unido. Para esses centros, será realizado um FTA unificado, gerando subsídios únicos para a Divisão de Pesquisa.

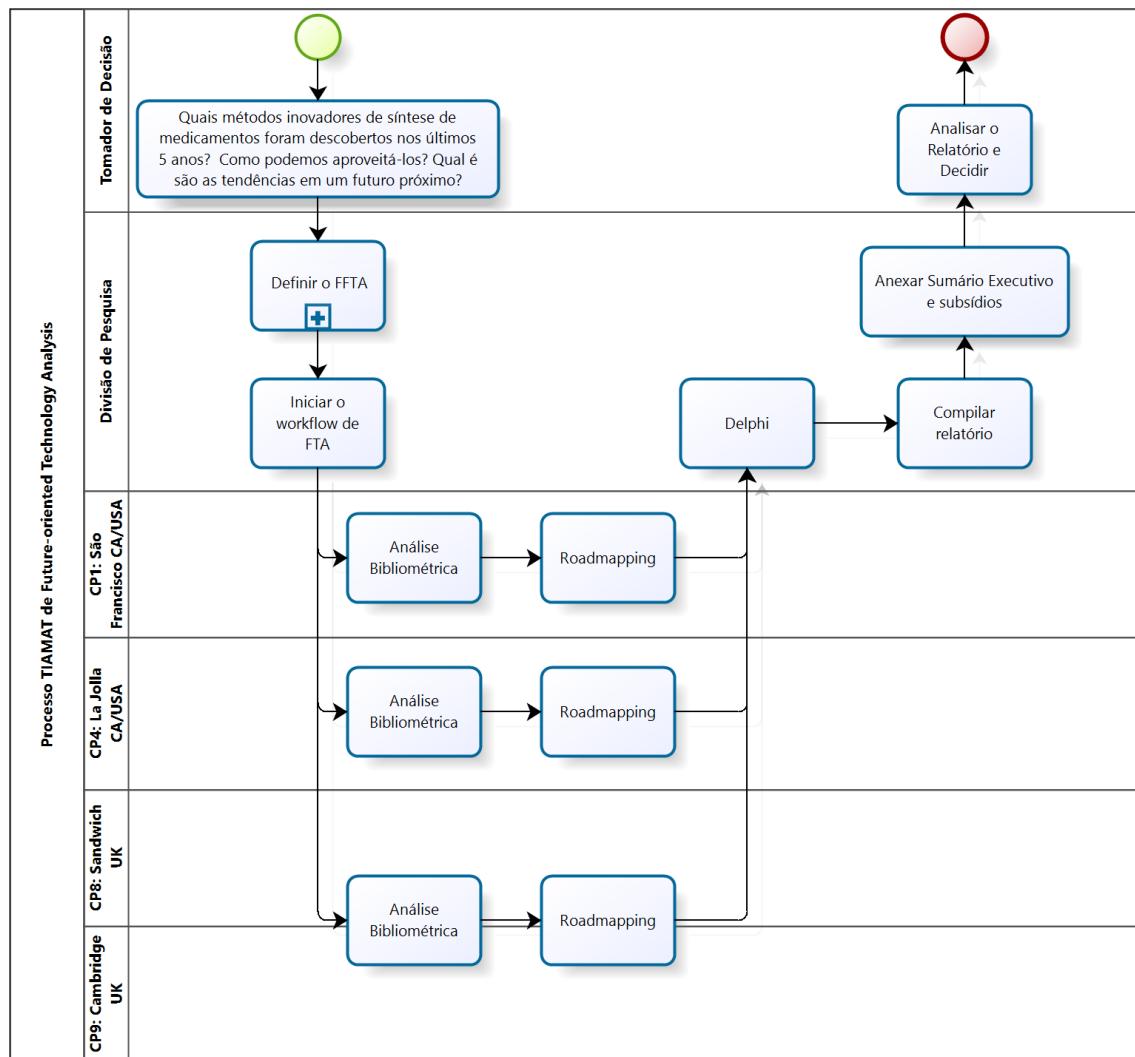


Figura 35. Instância do processo TIAMAT aplicado à empresa farmacêutica fictícia P.

O passo seguinte é a decisão sobre os métodos de FTA utilizados no estudo. Duas abordagens para a definição de métodos de FTA foram apresentadas na seção 5.1. Neste cenário ilustrativo, usaremos o *Foresight Diamond* para escolher as técnicas Análise Bibliométrica, *Roadmapping* e *Delphi*. A Análise Bibliométrica é realizada pelos Centros de P&D com o objetivo de levantar possíveis métodos inovadores de síntese de medicamentos dos últimos 5 anos. Na próxima etapa, os métodos de síntese descobertos na Análise Bibliométrica pelos os Centros de P&D, são analisados através

de *Roadmapping* para cada método de síntese de medicamentos, gerando indicativos sobre quando cada um deles estará em disponível no mercado. Neste cenário ilustrativo, a Divisão de Pesquisa recebe a massa de subsídios produzidos pelos métodos de FTA realizados pelos Centros de P&D, no formato de relatórios. Com esses dados, a Divisão de Pesquisa realiza o método *Delphi*, consultando especialistas por toda a empresa P sobre os questionamentos levantados pelo tomador de decisão imediato, fundamentados nos dados levantados pelos subsídios dos métodos anteriores.

É importante deixar claro que os métodos utilizados poderiam variar entre os Centros de P&D e que, mesmo quando vários centros executam os mesmos métodos de FTA, eles realizam uma análise restrita aos domínios de sua especialidade, evitando o retrabalho. Centros de P&D com especialidades muito próximas ou sobrepostas podem – e em muitos casos devem – ser agrupados.

Após a execução do *workflow*, a Divisão de Pesquisa gera um relatório final, contendo a listagem de métodos inovadores de síntese de medicamentos, as justificativas para essa escolha, e os subsídios gerados por todo o processo. Um sumário executivo é necessário para destacar os pontos principais do documento e facilitar as decisões subsequentes, realizadas pelo tomador de decisão imediato.

Capítulo 6 – A Implementação do TIAMAT

QP4: Como a tecnologia pode ser projetada para apoiar a construção de FTA complexos que apoiem a participação distribuída?

QP5: Como a tecnologia pode ser usada para integrar o FTA executado distribuidamente?

Após a definição do *framework* TIAMAT, composto do modelo TIAMAT e do processo TIAMAT, o artefato apresentado neste capítulo é a implementação deste *framework* em um sistema computacional – denominado TIAMAT e apresentado na Figura 36. O TIAMAT pode ser considerado um sistema de apoio à decisão colaborativo, pois a colaboração entre os usuários é necessária na execução do processo de FTA. Os sistemas de apoio à decisão receberam muitas definições ao longo do tempo, entretanto, no contexto deste trabalho iremos considerar um Sistema de Apoio à Decisão como um sistema de informação adaptável, desenvolvido para auxiliar a tomada de decisão sobre problemas não estruturados, através do julgamento de um decisor humano (SHIM et al., 2002). Entretanto, eles não substituem o decisor e são capazes de apoiar múltiplos níveis de gestão. O TIAMAT é capaz de apoiar a decisão no nível estratégico e no nível operacional. Sistemas de apoio à decisão geram ou analisam informação. No TIAMAT a nomenclatura utilizada para a informação gerada é *subsídio*. Os subsídios são fundamentais para o funcionamento do *framework* TIAMAT, pois eles são o elemento de comunicação formal utilizado pelos executores dos métodos de FTA de um *workflow*.

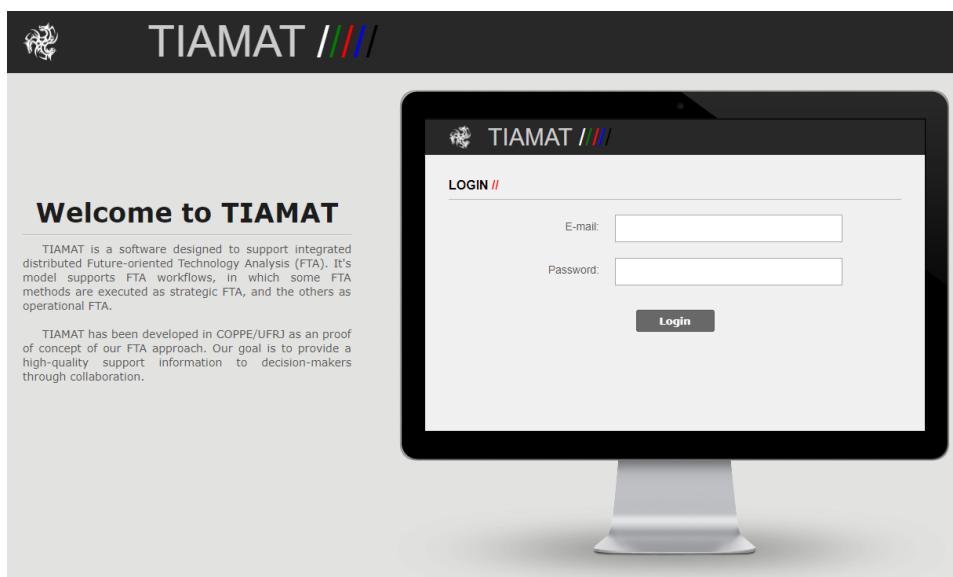


Figura 36. Tela inicial do TIAMAT.

6.1.A Arquitetura do TIAMAT

Com o objetivo de apoiar o FTA distribuído e integrado, o TIAMAT tem sua arquitetura dividida em três camadas: apresentação, negócio e armazenamento – conforme apresentadas na Figura 37. A camada de Apresentação é formada pela interface do usuário, meio pelo qual os usuários interagem com o sistema. A camada de Negócios é responsável por todo o gerenciamento do sistema: nele estão implementados os controles de acesso, as ações administrativas, o gerenciamento pessoas e grupos, o gerenciamento dos *workflows*, o gerenciamento dos Módulos de FTA, o gerenciamento do FTA em execução e os métodos de FTA – que são implementados de maneira modular. Essa implementação modular significa que cada método de FTA é isolado em um módulo, permitindo a adição ou remoção dos mesmos quando necessário. A terceira camada é a de armazenamento. O banco de dados do TIAMAT é o local de armazenamento padrão dos dados do sistema e dos métodos de FTA implementados, todavia, alguns métodos de FTA podem precisar acessar dados externos para o seu funcionamento ideal. Esses dados externos podem estar em outros bancos de dados ou em arquivos.

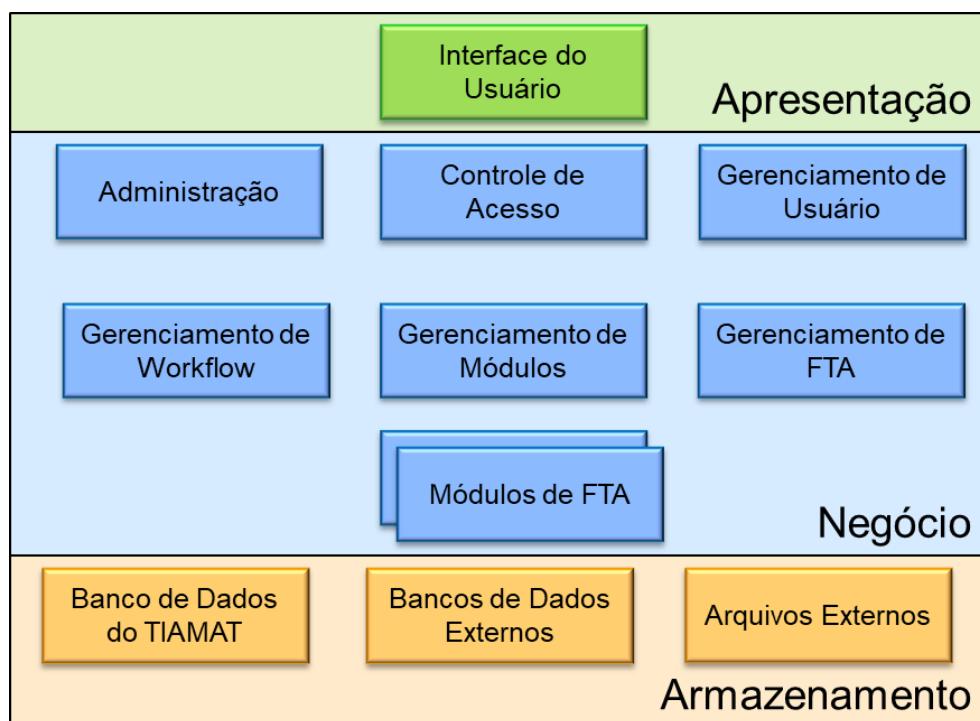


Figura 37. Camadas da arquitetura do TIAMAT.

Os artefatos descritos nas camadas de apresentação, negócios e armazenamento do TIAMAT estão organizados na arquitetura apresentada na Figura 38. Analisando a arquitetura, podemos ver que no acesso do usuário ao sistema, as informações são

trocadas através da interface do usuário, que está intimamente ligada ao controle de acesso do sistema através do *login*.

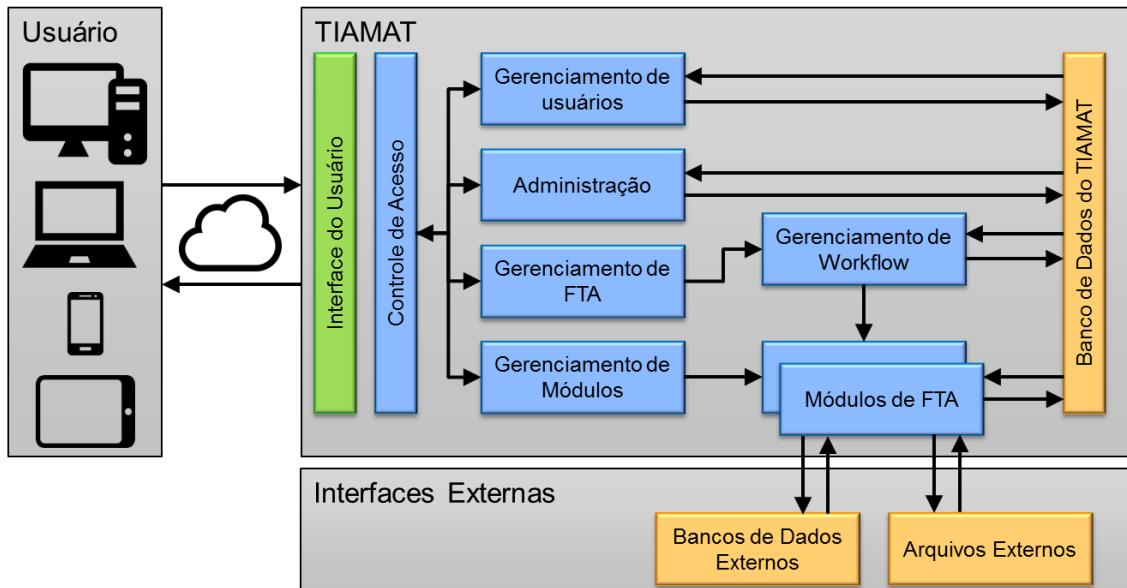
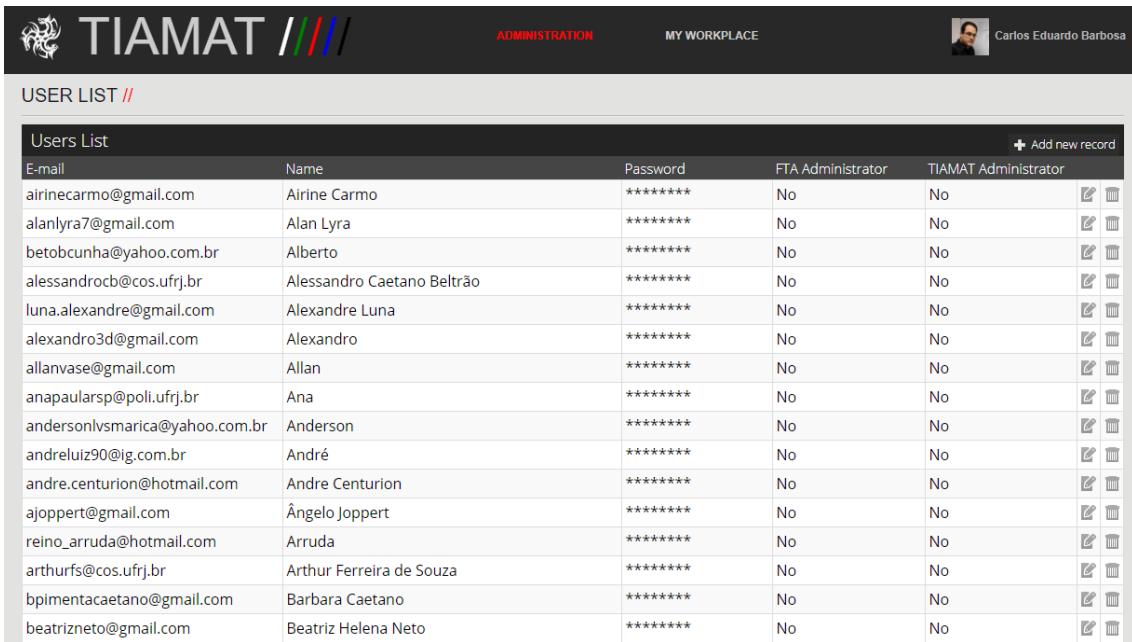


Figura 38. A Arquitetura do TIAMAT.

No gerenciamento de usuário, um usuário pode se cadastrar no sistema e editar seu perfil, conforme apresentado na Figura 39. Já o controle de acesso determina se o usuário pode gerenciar outros usuários, realizar tarefas administrativas, gerenciar um FTA e seu *workflow*, ou gerenciar os módulos instalados no sistema. A arquitetura do TIAMAT preconiza que os métodos de FTA sejam modulares e padronizados, utilizando convenções de entrada e de saída, esta última na forma de subsídios, documento formal para a passagem de informação entre os métodos. Essa abordagem permite a implementação dos métodos em paralelo.

Figura 39. Edição de perfil do usuário.

As tarefas administrativas são fundamentais para a manutenção dos usuários e os *workflows* de FTA do TIAMAT. Ela permite que certos usuários possuam autorização para alterar cadastros no sistema, com o objetivo de corrigir erros nos dados, sejam eles causados pelos usuários ou por algum problema ocorrido no sistema. Caso não houvesse esse tipo de controle, as correções desses erros incluiriam mudanças diretas no banco de dados do TIAMAT. Se a implantação do TIAMAT em questão tiver sua atividade de cadastro de usuário fechado, a única via para a inclusão de novos usuários no sistema é através de usuários administradores. A administração de perfis de usuários é apresentada na Figura 40.



Users List					+ Add new record
E-mail	Name	Password	FTA Administrator	TIAMAT Administrator	
airinecarmo@gmail.com	Airine Carmo	*****	No	No	 
alanlyra7@gmail.com	Alan Lyra	*****	No	No	 
betobcunha@yahoo.com.br	Alberto	*****	No	No	 
alessandrocb@cos.ufrj.br	Alessandro Caetano Beltrão	*****	No	No	 
luna.alexandre@gmail.com	Alexandre Luna	*****	No	No	 
alexandro3d@gmail.com	Alexandro	*****	No	No	 
allanvase@gmail.com	Allan	*****	No	No	 
anapaularsp@poli.ufrj.br	Ana	*****	No	No	 
andersonlvsimarica@yahoo.com.br	Anderson	*****	No	No	 
andreluiz90@ig.com.br	André	*****	No	No	 
andre.centurion@hotmail.com	Andre Centurion	*****	No	No	 
ajoppert@gmail.com	Ângelo Joppert	*****	No	No	 
reino_arruda@hotmail.com	Arruda	*****	No	No	 
arthurfs@cos.ufrj.br	Arthur Ferreira de Souza	*****	No	No	 
bpimentacaetano@gmail.com	Barbara Caetano	*****	No	No	 
beatrizneto@gmail.com	Beatriz Helena Neto	*****	No	No	 

Figura 40. Edição administrativa de perfis de usuários.

O módulo de gerenciamento de FTA é responsável por controlar a criação de novas instâncias de FTA no sistema. Ele analisa se o usuário possui credenciais para criar estudos de FTA e associa o mesmo a uma descrição, objetivo e resultados esperados, assim como a um *workflow* de métodos de FTA. Ao associar um método de FTA a um *workflow*, o usuário deve indicar pessoas para cada papel esperado do método. Por exemplo, o método Entrevistas espera pessoas nos papéis entrevistador e entrevistado. Uma vez completo, um *workflow* de FTA no TIAMAT se assemelha ao *workflow* apresentado na Figura 41. Uma vez definido o *workflow* de FTA, este módulo também é responsável por gerenciar o estado do *workflow*, conforme descrito na seção 6.2.4, incluindo o seu início, sua execução e sua finalização. Apresentamos como exemplos de métodos de FTA, Análise de Opções na Figura 42 e *Roadmapping* na Figura 43.

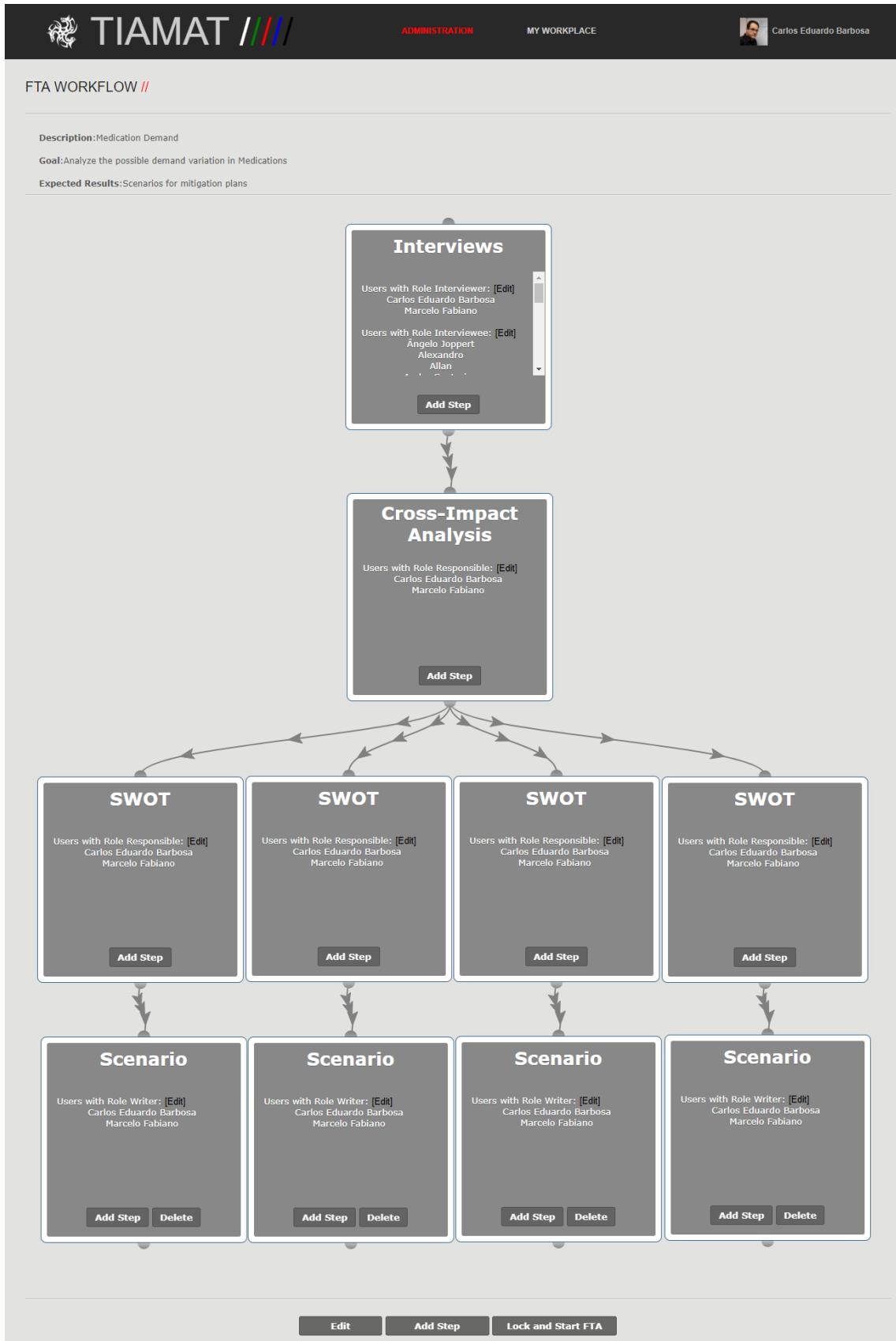


Figura 41. Workflow de FTA no TIAMAT.

TIAMAT //

OPTION ANALYSIS //

ADMINISTRATION MY WORKPLACE Carlos Eduardo Barbosa

Supporting Information Finish

Benefit: Improved health amongst young people

Effect	Nature of Effect	Option 1 Pictures	Option 2 Price	Option 3 Prohibition	Status Quo		
The number of young smokers decreases.	Qualitative	Reduction probable, underlying data uncertain	+	Reduction very probable; good underlying data from comparative countries	++ Reduction probable but low; good underlying data	+	Reduction improbable (according to a study by the health ministry)
	Quantitative	In a survey of 100 young people, 25% of young people said that they would not start smoking due to the deterrent pictures.	+	In neighboring country A, the rate of smoking amongst young people decreased by 30% as a result of a price increase of €2 to €8 for 20 cigarettes.	++ The prohibition of cigarette machines in country B resulted in a reduction of 10% amongst young smokers according to the study "Smokers in B".	+	Approximately 3,000,000 young smokers; 30% of all cancer fatalities are a result of smoking; smoking is the most frequent cause of lung cancer.
	Monetary value	Reducing smoking amongst young people by 25% (approximately 750,000 young people) means a saving of approximately €22 billion per year in health costs.	++	Reducing smoking amongst young people by 30% (approximately 1,000,000 young people) means a saving of approximately €30 billion per year in health costs.	++ Reducing smoking amongst young people by 10% (approximately 300,000 young people) means a saving of approximately €9 billion per year in health costs.	+	Smokers cost the health system approximately €30,000 per year on average.

++ Large positive impact compared to the status quo.
 + Small positive impact compared to the status quo.
 = No impact compared to the status quo.
 - Small negative impact compared to the status quo.
 -- Large negative impact compared to the status quo.
 ? No evidentiary basis for evaluating the effect.

Manage Benefit Manage Effects Manage Options Manage Impacts

Figura 42. Método Análise de Opções no TIAMAT.

TIAMAT //

ROADMAP //

ADMINISTRATION MY WORKPLACE Carlos Eduardo Barbosa

Supporting Information Finish

2030 Utilização de impressão 3D

2027 Maior utilização da robótica na reabilitação

2025 Utilização de tecnologia de transmissão de energia sem fio

2028 Criação de robôs para assistência cirúrgica (anestesia e enfermagem)

2026 Alta portabilidade dos robôs de reabilitação

2025 Aumento da espec

Manage Roadmap Manage Events

Figura 43. Método Roadmapping no TIAMAT.

Os *workflows* ativos são controlados pelo módulo de gerenciamento de *workflow*. Ele é responsável por gerenciar os estados de cada passo do *workflow* – que corresponde a execução de um método de FTA. Os estados de um passo de *workflow* são descritos na seção 6.2.4. O gerenciamento de *workflow* também é responsável pelo controle de *subworkflows*, que são a materialização do conceito de hierarquização do FTA. Um *subworkflow* pode ser entendido como uma delegação de autorização de criação de um *workflow* específico para outro usuário – que é contido pelo *workflow* original. Um *subworkflow* é sincronizado como um passo do *workflow* e seus resultados – na forma de subsídios – são agregados normalmente junto ao *workflow*.

O gerenciamento de módulos é responsável pelo controle de módulos instalados no sistema. Ele permite o desenvolvimento e a instalação dos módulos de FTA de maneira incremental. Métodos diversos, como os de processamento de dados, podem ser ferramentas aplicáveis em um FTA e podem ser considerados métodos de FTA neste contexto (MARTINO, 2003). Ou seja, o TIAMAT deve ser capaz de absorver novos métodos de FTA de forma incremental. Devido ao grande número de métodos de FTA e suas características, nem todos podem ser facilmente transformados em módulos do TIAMAT. O método Grupos Focais, por exemplo, não pode ser traduzido em um sistema computacional sem perda de informação importante. O método pressupõe que os participantes estejam agrupados e interagindo entre si. A implementação de um método de Grupos Focais que permita um grupo distribuído pode influenciar o método de maneira desastrosa. Nesses casos, uma implementação viável de um Grupo Focal seria o cadastro no sistema *a posteriori* das interações principais entre os participantes e o armazenamento de áudio ou vídeo da sessão em grupo.

Os módulos de FTA são a parte fundamental do sistema. Eles permitem que o *workflow* de FTA seja realizado. Eles utilizam o banco de dados do TIAMAT para armazenar seus dados por padrão, porém, alguns métodos podem acessar dados externos para realizar sua função. Cada método se comunica com os métodos subsequentes através dos subsídios produzidos que são armazenados no sistema. Os módulos de FTA implementados no TIAMAT são:

- Análise Bibliométrica
- Análise de Impacto Cruzado
- Análise de Impacto de Tendências
- Análise de Opções
- Análise de *Stakeholders*
- *Brainstormings*
- Cenários
- *Delphi*
- Entrevistas
- Extrapolação de Tendências
- *Futures Wheel*
- SWOT
- *Roadmapping*

6.2.A Modelagem do TIAMAT

Com base nos conceitos apresentados na arquitetura do TIAMAT, definimos modelos que representam diretrizes para a sua construção. Os modelos foram produzidos utilizando diagramas Linguagem de Modelagem Unificada (*Unified Modeling Language - UML*) (BOOCH; JACOBSON; RUMBAUGH, 1999), o modelo de abstração mais comum para o projeto de *software* usado na comunidade empresarial. A UML é uma notação simples e padronizada para descrever modelos orientados a objetos. Ele possui apoio extenso na literatura, além de diversas ferramentas de *software*. Nesta seção, não iremos nos aprofundar na modelagem de cada um dos métodos implementados.

Embora existam mais de uma dúzia de diagramas, nos concentramos em três dos principais diagramas da UML: diagrama de classes, diagrama de caso de uso e diagrama de atividades. Todavia, para facilitar o entendimento das mudanças de estado de *workflows* e seus respectivos passos, diagramas de máquina de estados também foram realizados.

6.2.1. Diagrama de Casos de Uso do TIAMAT

De acordo com BOOCH et al. (1999), diagramas de Casos de Uso são essenciais para modelar o comportamento de um sistema, um subsistema ou uma classe. O diagrama apresenta um conjunto de casos de uso, além de seus atores e relacionamentos. Um caso de uso envolve modelar o contexto de um sistema. Diagramas de caso de uso são importantes para visualizar, especificar e documentar o comportamento de um elemento. O diagrama de caso de uso do TIAMAT é apresentado na Figura 44.

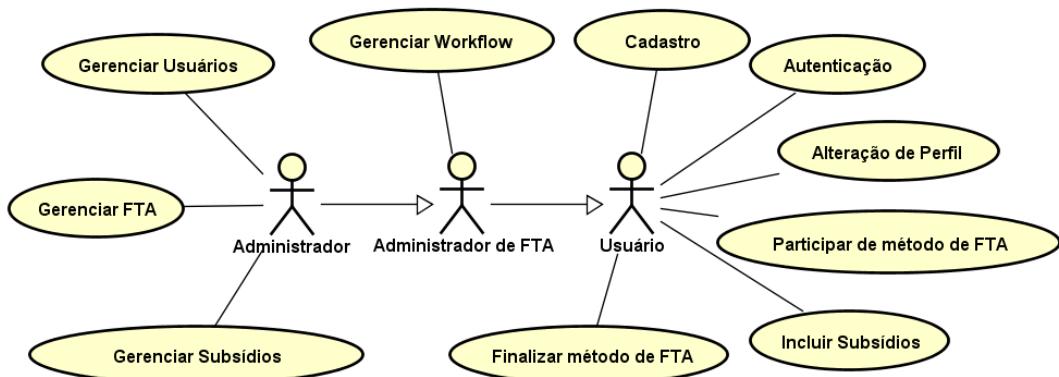


Figura 44. Diagrama de Casos de Uso do TIAMAT.

A lista dos Casos de Uso – e suas respectivas descrições – é apresentada na Tabela 9.

Tabela 9. Descrição dos Casos de Uso do TIAMAT.

Ator	Caso de Uso	Descrição
Usuário	Cadastro	Cadastro do próprio usuário no sistema.
	Autenticação	Verificação do usuário e senha. Inclui a atribuição do nível de acesso do usuário.
	Alteração de Perfil	Modificação do cadastro do usuário autenticado.
	Participar de método de FTA	Realização as atividades do método de FTA ao qual o usuário foi associado.
	Finalizar método de FTA	Marcar um método de FTA como finalizado, ativando os métodos subsequentes no <i>workflow</i> . Caso todos os métodos do <i>workflow</i> estejam finalizados, este caso de uso finaliza o <i>workflow</i> de FTA.
	Incluir Subsídios	Inclusão dos documentos de subsídio no sistema, geralmente no final da execução de um método.
Administrador de FTA	Gerenciar <i>Workflow</i>	Permite a administração de um <i>workflow</i> de FTA e de seus participantes, além de gerenciar a sua execução.
Administrador	Gerenciar Usuários	Permite a edição administrativa do cadastro de usuários no sistema.
	Gerenciar FTA	Permite a edição administrativa do cadastro de <i>workflows</i> de FTA no sistema.
	Gerenciar Subsídios	Permite a edição administrativa do cadastro de Subsídios no sistema.

6.2.2. Diagrama de Classes do TIAMAT

O diagrama de classes é o diagrama UML mais importante, sendo a base para o desenho de outros diagramas. O diagrama de classes é o núcleo da arquitetura e é uma ferramenta importante para documentar um sistema.

Um diagrama de classes apresenta um conjunto de classes, interfaces e colaborações, assim como seus relacionamentos. Diagramas de classe são usados para modelar uma visão estática do projeto do sistema. Um diagrama de classes envolve modelar o vocabulário, as colaborações, ou os esquemas de modelagem do sistema (BOOCH; JACOBSON; RUMBAUGH, 1999). O diagrama de classes para o TIAMAT é apresentado na Figura 45.

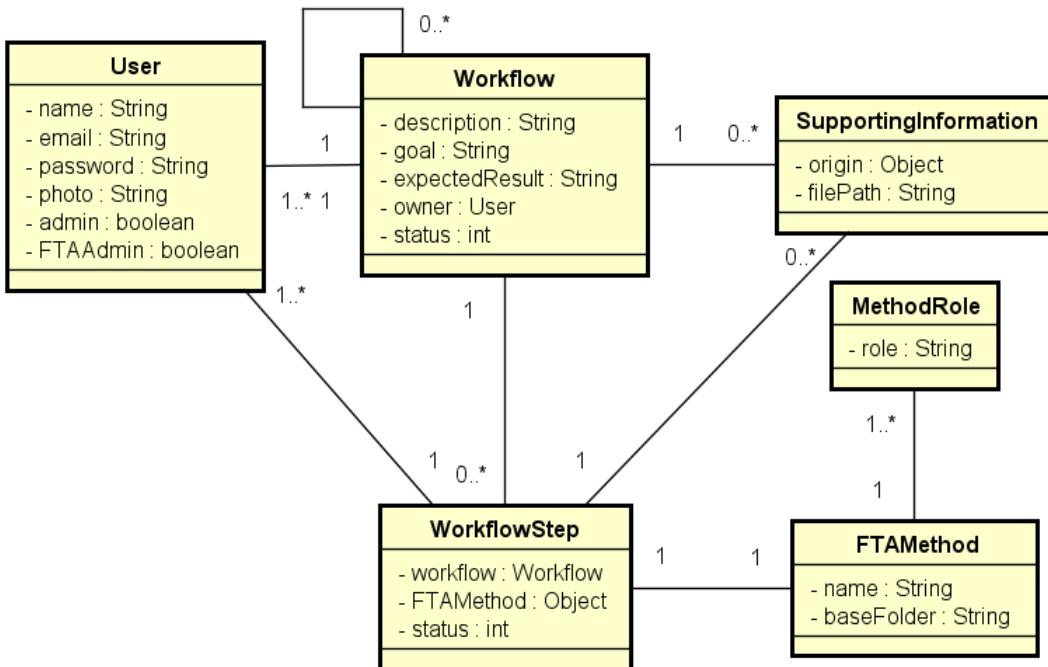


Figura 45. Diagrama de Classes do TIAMAT.

As descrições das classes e suas responsabilidades estão descritas na Tabela 10.

Tabela 10. Descrição das Classes do TIAMAT.

Classe	Responsabilidade
User	Registrar as informações do usuário.
Workflow	Registrar os <i>workflows</i> do sistema, relacionando-os com seu usuário proprietário.
WorkflowStep	Registrar os passos de cada <i>workflow</i> do sistema relacionando-os com os seus devidos <i>workflows</i> , suas dependências e os seus usuários responsáveis.
SupportingInformation	Relacionar subsídios com <i>workflows</i> ou seus passos.
FTAMethod	Relacionar um passo de <i>workflow</i> com um método de FTA, implementado modularmente.
MethodRole	Registrar os papéis de usuário esperados para cada método de FTA.

6.2.3. Diagramas de Atividades do TIAMAT

Os diagramas de atividades são um dos diagramas na UML usados para modelar os aspectos dinâmicos dos sistemas. Um diagrama de atividades é, essencialmente, um fluxograma relativo a passagem de controle de uma atividade para outra (BOOCH; JACOBSON; RUMBAUGH, 1999). Um diagrama de atividades envolve modelar a sequência e o paralelismo dos passos de um processo computacional. O diagrama de atividades do TIAMAT é apresentado na Figura 46.

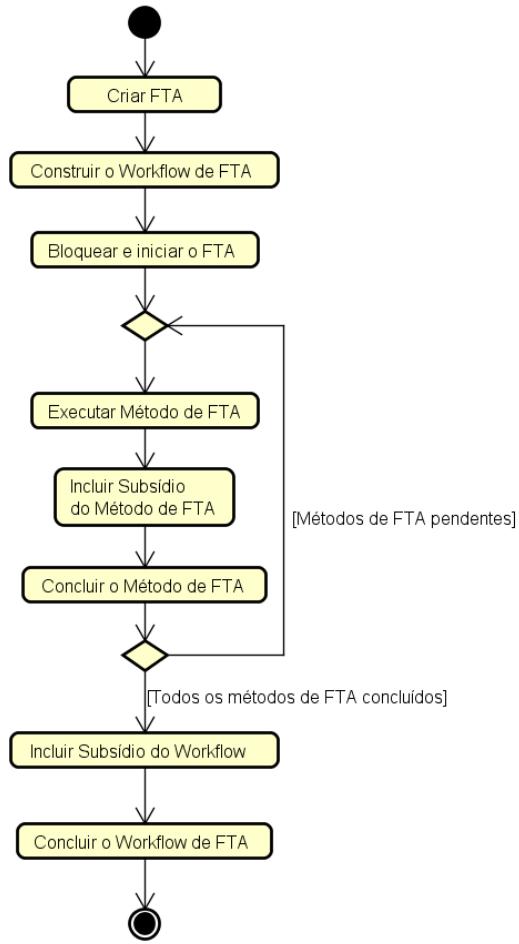


Figura 46. Diagrama de atividades do TIAMAT.

As descrições das atividades e suas descrições estão listadas na Tabela 11.

Tabela 11. Descrição das Atividades do TIAMAT.

Atividade	Descrição
Criar FTA	Cadastrar um FTA no TIAMAT. Inclui a definição de seus objetivos, sua descrição e resultados esperados.
Construir o Workflow de FTA	Especificar um <i>workflow</i> de métodos de FTA associado a um FTA previamente criado. Inclui a definição dos responsáveis para cada um dos papéis do método.
Bloquear e iniciar o FTA	Bloqueia a edição do <i>workflow</i> de FTA por usuários comuns e ativa os métodos de FTA que não possuem dependência do resultado de outros métodos.
Executar Método de FTA	Realiza as atividades definidas pelo método de FTA.
Incluir Subsídio do Método de FTA	Armazena um ou mais subsídios no TIAMAT, associados ao método de FTA.
Concluir o Método de FTA	O usuário sinaliza ao sistema que o método de FTA está finalizado, bloqueando o método de FTA para a edição e permitindo a ativação dos métodos subsequentes no <i>workflow</i> . Caso não existam mais métodos para ser executados, ele finaliza o FTA.
Incluir Subsídio do Workflow	Armazena um ou mais subsídios no TIAMAT, associados ao <i>workflow</i> de FTA. São os subsídios compilados no formato do relatório final.

6.2.4. Diagrama de Máquina de Estados do Workflow do TIAMAT

Uma máquina de estado é uma especificação das sequências de estados que um objeto pode passar durante sua vida útil. As máquinas de estado modelam os aspectos dinâmicos de um sistema. Em sua maioria, envolve a especificação do ciclo de vida das instâncias de uma classe. Essas instâncias podem responder a eventos como sinais, operações ou a passagem do tempo. Quando ocorre um evento, uma atividade é realizada em função do estado atual do objeto. O estado de um objeto é uma situação durante o seu ciclo de vida no qual o objeto satisfaz alguma condição, realiza alguma atividade ou espera por algum evento (BOOCH; JACOBSON; RUMBAUGH, 1999).

Os estados de um *workflow* são: *Inactive* (inativo), *Waiting* (aguardando), *Active* (ativo), e *Concluded* (concluído). O estado *Waiting* é válido apenas para *subworkflows*, após início do *workflow* principal, porém antes do início do *subworkflow*. O diagrama de máquina de estados do *workflow* do TIAMAT é apresentado na Figura 47.

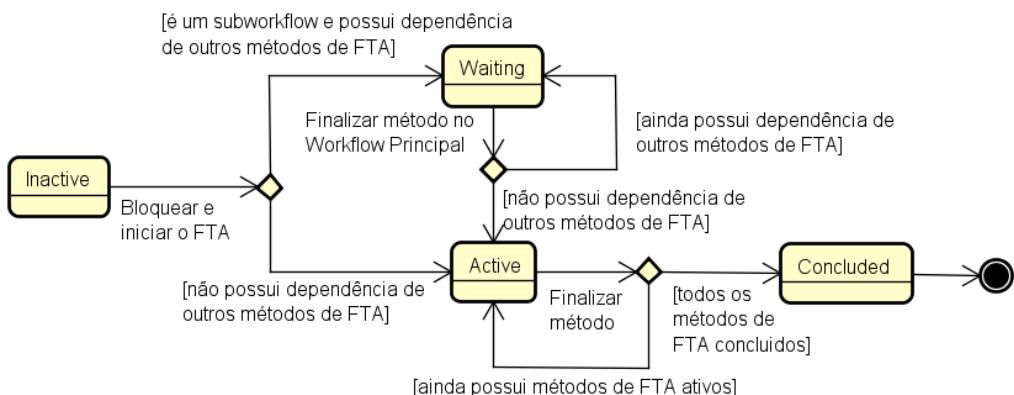


Figura 47. Diagrama de máquina de estados do *workflow* do TIAMAT.

Os estados de um método do *workflow* são: *Unlocked* (desbloqueado), *Locked* (bloqueado), *Active* (ativo), ou *Concluded* (concluído). A transição entre estados ocorre no início da execução do FTA e quando um método é finalizado. O diagrama de máquina de estados dos métodos de um *workflow* do TIAMAT é apresentado na Figura 48.

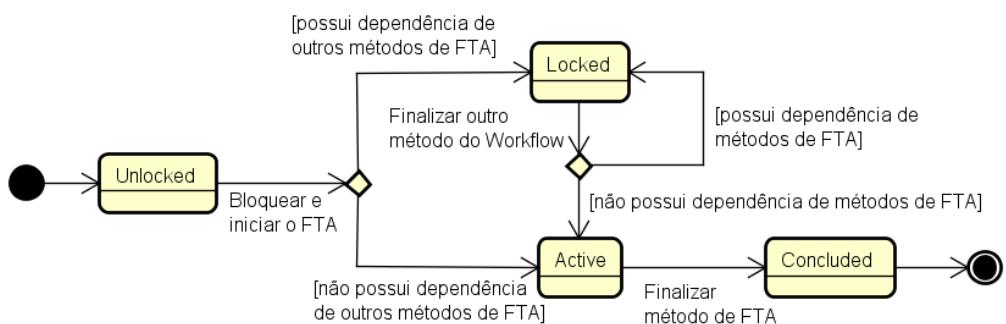


Figura 48. Diagrama de máquina de estados dos métodos de um *workflow* do TIAMAT.

6.3. Diagrama do Banco de Dados do TIAMAT

A modelagem de dados é utilizada para a especificação das regras de negócios e as estruturas de dados de um banco de dados. Quando realizada de maneira correta, evita a ocorrência de redundâncias, otimiza recursos e melhora o desempenho na consulta de informações. O TIAMAT utiliza um banco de dados relacional (CODD, 1970), que armazena as informações no formato de tabelas relacionadas entre si. O modelo relacional de banco de dados é o mais utilizado tanto no ambiente comercial quanto no acadêmico. O Diagrama Entidade Relacionamento – proposto por CHEN (1976) e usando a notação de MARTIN (1989) – do banco de dados do TIAMAT é apresentado na Figura 49.

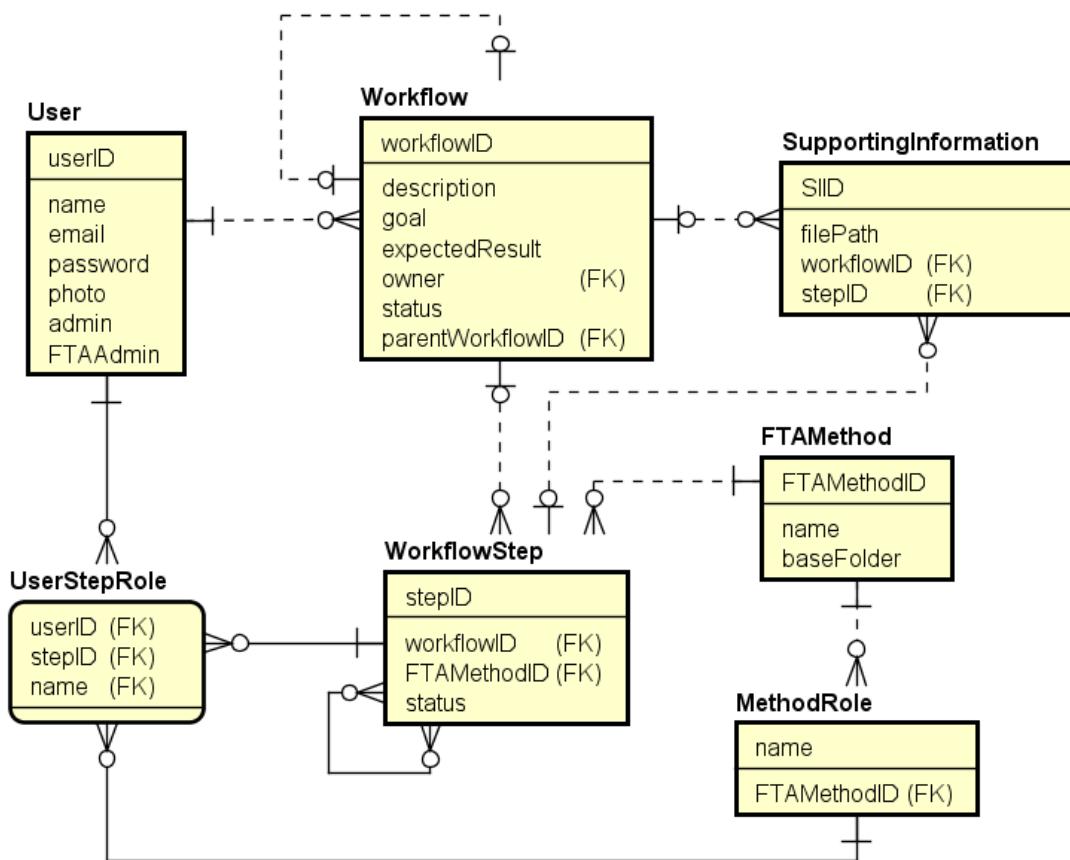


Figura 49. Diagrama Entidade Relacionamento do banco de dados do TIAMAT.

O Diagrama Entidade Relacionamento apresentado na Figura 49 se limita ao núcleo do TIAMAT. Cada método de FTA implementado possui seu conjunto de entidades específicas, sendo conectadas ao restante do sistema por meio da entidade **WorkflowStep**.

Capítulo 7 – Avaliação do TIAMAT

Neste capítulo é apresentada a avaliação do TIAMAT seguindo os preceitos do *Design Science*. A metodologia de avaliação é descrita detalhadamente, dividindo a avaliação em conceitos, modelos, métodos e implementação. Após a apresentação da metodologia utilizada, é realizada a avaliação de cada um dos artefatos aplicando a metodologia de avaliação.

7.1. Metodologia

Conforme discutido na seção 1.3, este trabalho utiliza o *framework* de *Design Science* proposto por MARCH e SMITH (1995), que divide o processo de *Design Science* na construção e na avaliação de conceitos, modelos, métodos, e instanciações. O processo de avaliação dos artefatos desenvolvidos deve ser apropriado para medir a sua fidelidade com os fenômenos do mundo real, sua completeza e consistência interna.

O *framework* de MARCH e SMITH (1995) concilia as atividades de pesquisa com os seus resultados, que podem ser utilizados tanto pelas ciências naturais quanto pelo *Design Science*. Uma pesquisa não precisa cobrir todas as atividades relacionadas. A avaliação realizada sobre esta pesquisa de tese é apresentada na Figura 50.

Atividades da Pesquisa				
Resultados da Pesquisa	Construir	Avaliar	Teorizar	Justificar
Conceitos	Definição dos conceitos básicos para a execução de um FTA distribuído.	Investigar sua fidelidade com o mundo real.	Organizações de P&D existentes.	
Modelo	Definição do modelo TIAMAT, que suporta este trabalho.	Investigar se o modelo é capaz de descrever um FTA distribuído.	Organizações de P&D possuem interfaces com Pesquisa, Mercado e Governo e Sociedade.	Esta interpretação é consoante com o modelo da <i>Triple Helix</i> (ETZKOWITZ; LEYDESDORFF, 1995)
Método	Definição de um Processo de FTA Distribuído, a partir do modelo TIAMAT.	Investigar se o processo é capaz de apoiar um FTA distribuído.	<i>Workflows</i> são capazes de apoiar um FTA de maneira satisfatória.	As instâncias do processo TIAMAT funcionam de maneira satisfatória.
Implementação	Prototipação do sistema TIAMAT, que implementa o <i>framework</i> .	Utilizar o Protótipo em Estudos de Caso.		

Figura 50. Metodologia de Avaliação da Pesquisa do TIAMAT.

Com o objetivo de facilitar o entendimento da metodologia de avaliação utilizada nesta pesquisa, dividimos o processo de construção em objetivos iniciais e seus resultados – os artefatos construídos. De maneira similar, o processo de avaliação foi dividido em métricas e metodologias de avaliação utilizadas. A Figura 51 ilustra a metodologia de avaliação do TIAMAT de forma detalhada.

Construção		Avaliação		
	Objetivo	Resultados	Métricas	Metodologias
Conceitos	Identificar questões relevantes em um FTA distribuído em uma organização	Modelo hierárquico simplificado; interfaces de pesquisa, mercado e governo; e a categorização em parceiros, fornecedores, competidores e consumidores.	Completeza, inteligibilidade	Argumento Lógico
Modelo	Descrever como as partes do FTA distribuído se organizam	O modelo TIAMAT	Fidelidade com o mundo real, inteligibilidade, completeza, consistência interna	Cenário Ilustrativo, Estudo de Caso
Método	Descrever um Processo de FTA Distribuído	O processo TIAMAT	Fidelidade com o mundo real, completeza, consistência interna	Cenário Ilustrativo, Estudo de Caso
Implementação	Aplicar o <i>Framework</i> em aplicações reais	O sistema TIAMAT	Aplicabilidade	Protótipo, Estudo de Caso

Figura 51. Metodologia de Avaliação do TIAMAT.

Para evitar confusão de terminologias como, por exemplo, métodos de FTA, a partir deste ponto será utilizado o termo **Processo** para se referir ao artefato **Método** do *framework* de MARCH e SMITH (1995) produzido neste estudo.

Sobre a seleção de metodologias de avaliação, utilizamos o estudo de PEFFERS et al. (2012), que analisou os tipos de métodos de avaliação, os tipos de artefatos produzidos e o histórico da aplicação de cada método de avaliação para cada artefato produzido. A partir da análise da aplicabilidade de cada um dos métodos para os artefatos produzidos nesta pesquisa (conceitos, modelos, métodos e implementação), foram selecionados os métodos listados na Figura 51, definidos como:

1. Argumento Lógico: Um argumento com validade aparente.
2. Cenário Ilustrativo: Aplicação de um artefato em uma situação real ou sintética, com o objetivo de ilustrar sua adequabilidade ou utilidade.

3. Estudo de Caso: Aplicação de um artefato em uma situação real, avaliando seu efeito nesta situação real.
4. Protótipo: Implementação de um artefato com o objetivo de ilustrar sua adequabilidade ou utilidade.

7.2. Avaliação dos Conceitos

O processo de avaliação dos conceitos do TIAMAT foi realizado utilizando a metodologia de Argumento Lógico, com o objetivo de demonstrar a completeza e inteligibilidade dos conceitos apresentados.

Os primeiros conceitos a serem analisados são *Parceiros* e *Competidores*. Tanto na pesquisa quanto no mercado, existe competição na realização de qualquer avanço tecnológico, que de uma maneira ou outra, trará um retorno (geralmente financeiro) no futuro. Em muitos casos se torna importante a parceria entre organizações para acelerar o seu desenvolvimento, o que pode gerar um diferencial entre ser o protagonista de um avanço tecnológico ou perder a disputa para um concorrente. No mundo real vemos diversas parcerias entre organizações – públicas ou privadas – com objetivos similares ou complementares, que promovem uma sinergia para vencer a concorrência. As instituições que não possuem um papel definido como parceira ou competidora são consideradas parte da Sociedade como um todo – e tratadas dentro do conceito de Interface com Governo/Sociedade.

Os próximos conceitos a serem analisados são *Fornecedores* e *Consumidores*. De maneira semelhante aos Parceiros e Competidores, esses conceitos também pertencem à pesquisa e ao mercado. Os fornecedores estão fortemente ligados às fontes de fornecimento de matéria prima, sejam nas cadeias de produção industrial ou no desenvolvimento de novas tecnologias nos Centros de P&D. Já os consumidores são os interessados nos resultados do FTA, sejam eles uma pesquisa científica ou um produto à venda. As pessoas e organizações que não são fornecedores ou consumidores são consideradas como parte da Sociedade como um todo (e tratados dentro do conceito de Interface com Governo/Sociedade).

Os últimos conceitos a serem analisados são as interfaces da organização com o mundo exterior (Pesquisa, Mercado e Governo/Sociedade). As organizações que realizam P&D geralmente produzem pesquisa com o objetivo de criar produtos, o que acarreta nas interfaces de Pesquisa e Mercado. Contudo, um fator importante a ser

considerado é o Governo, que regula o funcionamento das organizações. E finalmente, a Sociedade possui um papel relevante para qualquer organização, uma vez que todos com quem possui interação estão incluídos nela. Uma organização negligente com a Sociedade pode ter dificuldades em se associar com Parceiros, perder Consumidores e ser afetada pelo Governo. Essas interfaces são consoantes com o modelo *Triple Helix* (ETZKOWITZ; LEYDESDORFF, 1995) – o que reforça a nossa percepção de sua completeza e inteligibilidade.

7.3. Avaliação do Modelo

O processo de avaliação do modelo TIAMAT foi realizado utilizando a metodologias de Cenário Ilustrativo e Estudo de Caso, com o objetivo de demonstrar a fidelidade com o mundo real, a inteligibilidade, a completeza, e a consistência interna do modelo apresentado.

A metodologia de avaliação *Cenário Ilustrativo* já foi utilizada no Capítulo 4, demonstrando um cenário típico de aplicação do TIAMAT relativo à empresa fictícia P, apresentado na Figura 27.

Nesta seção são descritos um Cenário Ilustrativo e um Estudo de Caso. O Cenário Ilustrativo é relativo à Marinha do Brasil, com o objetivo de mostrar como organizações governamentais podem utilizar o TIAMAT. O Estudo de Caso é relativo ao Laboratório do Futuro da UFRJ (LABORATÓRIO DO FUTURO, 2017), exemplificando como instituições de pesquisa podem utilizar o TIAMAT.

Esses exemplos demonstram que o TIAMAT pode ser aplicado em instituições privadas, instituições de pesquisa, e instituições governamentais. Contudo, o modelo TIAMAT não está limitado às aplicações descritas nesta pesquisa.

7.3.1. Marinha do Brasil (Cenário Ilustrativo)

O Cenário Ilustrativo de avaliação do modelo TIAMAT apresentado nesta seção é relativo às Instituições Científicas e Tecnológicas (ICT) da Marinha Brasileira. A Diretoria-Geral de Desenvolvimento Nuclear e Tecnológico da Marinha (DGDNTM) comanda o Centro Tecnológico da Marinha no Rio de Janeiro (CTMRJ), que por sua vez, comanda outras três Organizações Militares (OM) na realização de um FTA. Quando estipulado pelo Comando da Marinha, o DGDNTM aciona o CTMRJ, que coordena esforços de FTA sobre as OM subordinadas, com o objetivo de otimizá-los.

Para atingir esse objetivo, o CTMRJ pode dividir o estudo de FTA e distribuir suas partes para a execução em múltiplas OMs. Outra opção é a definição de grupos de trabalho (muitas vezes interdisciplinares), com membros provenientes de várias OMs, para a execução do FTA. O modelo do TIAMAT instanciado para a Marinha do Brasil é apresentado na Figura 52.

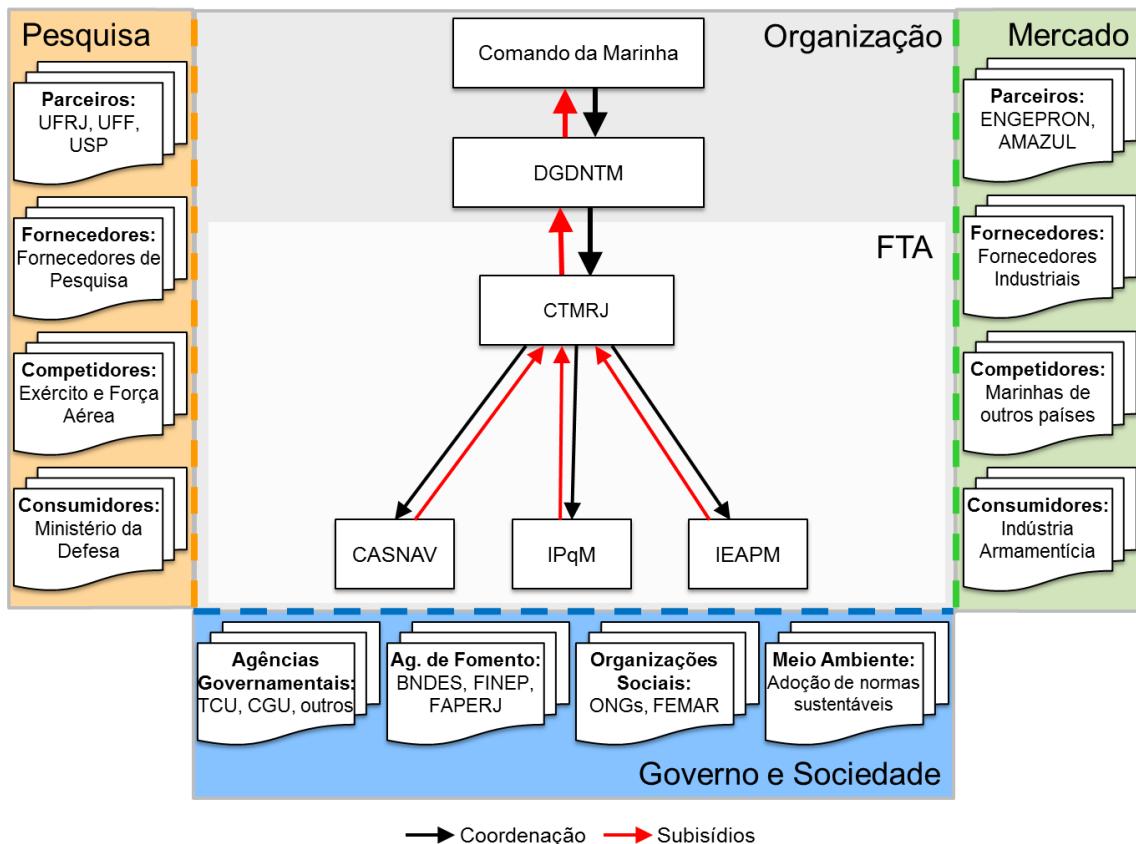


Figura 52. Modelo TIAMAT instanciado para a Marinha do Brasil.

Devido ao tamanho da organização, nada impede que outras iniciativas de FTA ocorram em outras OMs, em maior ou menor escala, para atender a outros tipos de problemas – um exemplo deste tipo de iniciativa é apresentado no estudo de caso da seção 7.5.2.

7.3.2. Laboratório do Futuro (Estudo de Caso)

O Estudo de Caso para a avaliação do modelo TIAMAT apresentado nesta seção é relativo ao Laboratório do Futuro da UFRJ. Nesta seção apresentamos o modelo utilizado na realização de um estudo de futuro sobre o Trabalho do Futuro (no horizonte de 2050), entregue no formato de um relatório técnico para o público em geral.

O Coordenador de Pesquisa designado pelo Laboratório do Futuro propôs o estudo sobre o Trabalho do Futuro, identificando cinco áreas que concentram as

principais tendências relativas ao Trabalho do Futuro: automação, emprego, educação, bem-estar social, e economia. Para cada área, um grupo responsável foi designado, usando a nomenclatura de núcleo. Assim, o Núcleo de Automação, por exemplo, é formado pelos responsáveis por analisar as tendências relacionadas à automação, robótica, inteligência artificial avançada e seus impactos na sociedade do futuro.

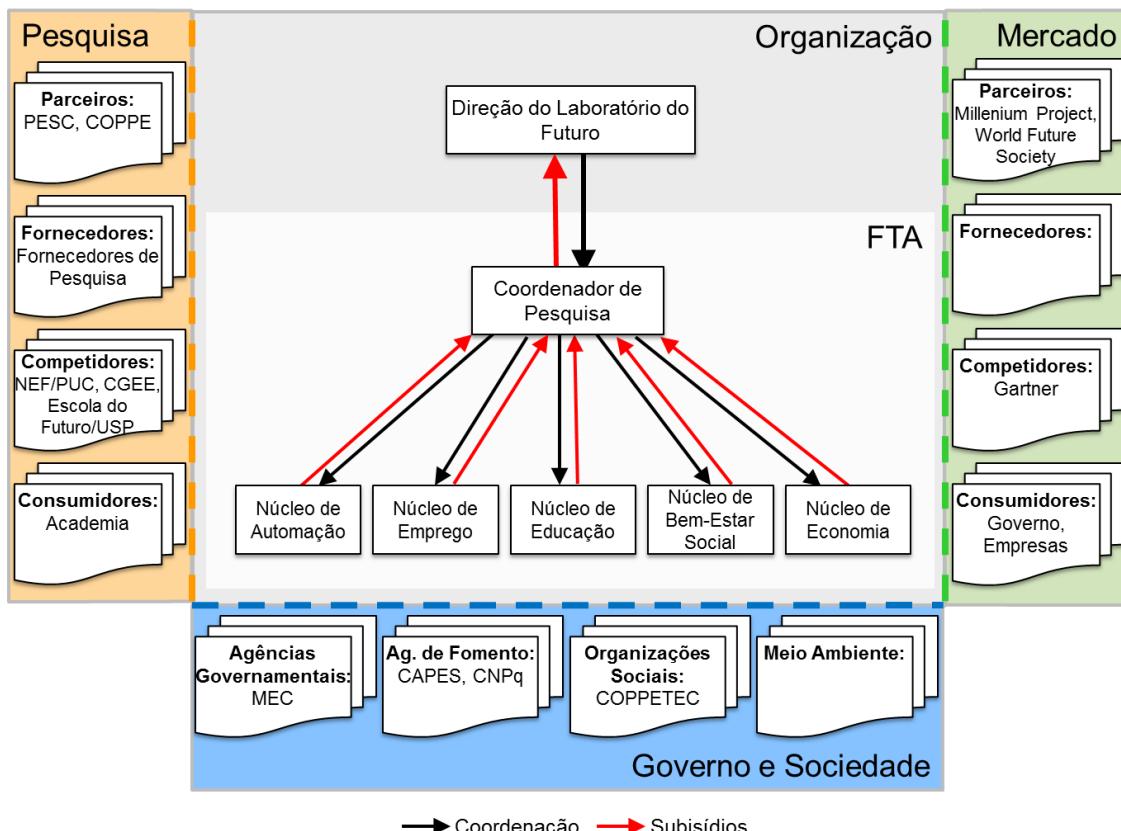


Figura 53. Modelo TIAMAT instanciado para o Laboratório do Futuro da UFRJ.

7.4. Avaliação do Processo

O processo de avaliação do processo TIAMAT foi realizado utilizando a metodologias de Cenário Ilustrativo e Estudo de Caso, de maneira semelhante à avaliação do modelo TIAMAT. Ou seja, nesta seção apresentamos processos que são compatíveis com os modelos apresentados na seção 7.3.

A metodologia de avaliação *Cenário Ilustrativo* já foi utilizada no Capítulo 5, demonstrando o cenário típico de aplicação do TIAMAT em uma empresa fictícia P, conforme apresentado na Figura 35.

Nesta seção são apresentados um Cenário Ilustrativo e um Estudo de Caso. O Cenário Ilustrativo é relativo a Marinha do Brasil, com o objetivo de mostrar como

organizações governamentais podem utilizar o TIAMAT. O Estudo de Caso é relativo ao Laboratório do Futuro, exemplificando como instituições de pesquisa podem utilizar o TIAMAT.

Esses exemplos demonstram que o TIAMAT pode ser aplicado em instituições privadas, instituições de pesquisa, e instituições governamentais. Contudo, o modelo TIAMAT não está limitado às aplicações descritas nesta pesquisa.

7.4.1. Marinha do Brasil (Cenário Ilustrativo)

O Cenário Ilustrativo para a avaliação do processo TIAMAT apresentado nesta seção é relativo à Marinha do Brasil. Neste cenário ilustrativo, partimos da suposição que o DGDNTM encomende um estudo sobre Sonares de Navios à CTMRJ, com o objetivo de desenvolver um sonar capaz de compensar zonas de sombra provocadas por termoclinas⁵. O CTMRJ poderia envolver o Instituto de Pesquisas da Marinha (IPqM) e o Centro de Análises de Sistemas Navais (CASNAV) neste estudo, o primeiro pela capacidade em desenvolver equipamentos eletrônicos militares e o segundo pela sua capacidade em pesquisa operacional e desenvolvimento de *software*. O escopo do estudo estaria limitado a sonares ativos, uma vez que sonares passivos (hidrofones) não possuem limitações relacionadas à termoclinas. Os métodos de FTA escolhidos pelo CTMRJ seriam: (1) Análise Bibliométrica, em nível operacional, realizado pelo CASNAV; (2) *Delphi*, em nível operacional, realizado pelo IPqM; e (3) Análise de Opções em nível estratégico, realizado pelo CTMRJ – executados nesta ordem. A instância do processo TIAMAT é apresentada na Figura 54.

O FTA é iniciado com o CASNAV realizando a pesquisa de patentes sobre sonares em diversas bases, além de pesquisa sobre artigos científicos sobre o estado-da-arte no assunto. As patentes e artigos relevantes são selecionados e analisados. Ao final do método, um relatório sumarizando todas as descobertas é escrito e anexado como subsídio.

O IPqM dá prosseguimento ao FTA, conforme definido no *workflow*, iniciando seus trabalhos com a análise do subsídio gerado pelo CASNAV. De posse do relatório e dos artigos e patentes relevantes, o IPqM inicia o método *Delphi* para selecionar as tecnologias mais promissoras, assim como estimar custos e resultados esperados de seu

⁵ Termoclinia é uma variação brusca da temperatura da água – seja doce ou salgada. Sonares têm suas ondas refratadas pelos termoclinas, gerando zonas de sombra, que são utilizadas pelos submarinos para se aproximar dos navios despercebidamente.

desenvolvimento. Em seu relatório final, anexado como subsídio, o IPqM formaliza a lista das tecnologias mais promissoras e estimativas de custo e resultados. O método é finalizado.

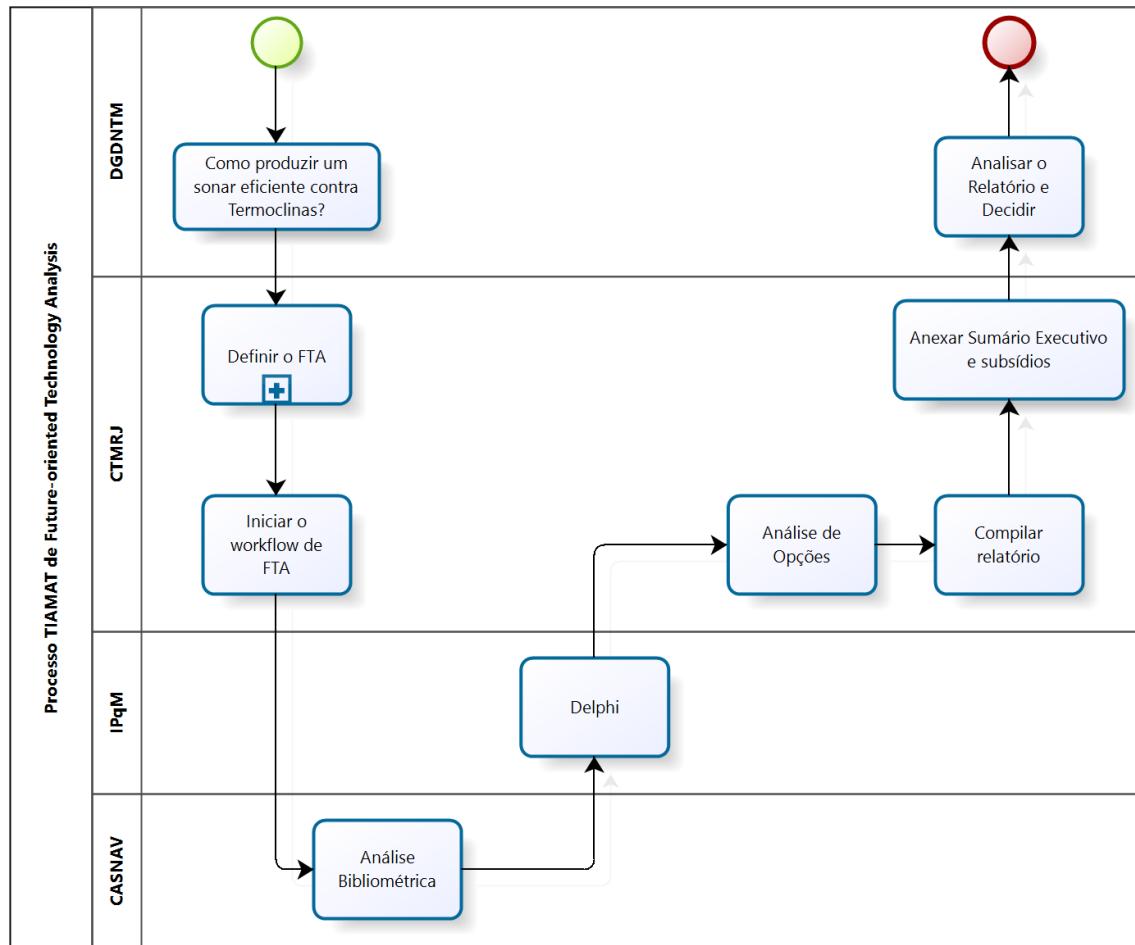


Figura 54. Processo TIAMAT instanciado para a Marinha do Brasil.

Seguindo o *workflow*, o CTMRJ inicia o método de Análise de Opções, no qual os subsídios anteriores são analisados, em especial o relatório do *Delphi* realizado pelo IPqM. As tecnologias promissoras são utilizadas para gerar as alternativas de investimento. O CTMRJ define critérios de comparação para então avaliar as alternativas. Entre os critérios de comparação de alternativas, podem ser utilizados critérios tecnológicos, financeiros, e até mesmo políticos. No entanto, como esta análise está sendo executada pelo CTMRJ, ela deve ter um viés estratégico. Ao final da avaliação das alternativas, as alternativas mais interessantes estrategicamente são selecionadas. Em seu relatório final, anexado como subsídio, o CTMRJ informa os porquês de sua decisão, deixando claros os critérios de comparação utilizados. O método é finalizado.

Terminada a execução do *workflow*, o CTMRJ deve compilar um relatório final do *workflow* de FTA como um todo. Este relatório é um resumo dos subsídios produzidos, sendo feito para o tomador de decisão, usando um linguajar compatível com o consumidor do material. Assim, deve ser escrito sem excesso de termos técnicos. Os subsídios produzidos nos passos do *workflow* são anexados, assim como o Sumário Executivo. O Sumário Executivo tem a função de simplificar a escolha do tomador de decisão, resumindo apenas a informação fundamental para sua tomada de decisão.

O tomador de decisão deve analisar o relatório iniciando pelo Sumário Executivo e, em caso de dúvidas, recorrendo ao relatório completo. Caso as dúvidas ainda persistam, o tomador de decisão poderá analisar os subsídios dos métodos de FTA executados.

É possível notar que o *workflow* de métodos de FTA é parte integrante do processo TIAMAT, contudo, a visão completa do processo facilita o entendimento do mesmo como um todo e as responsabilidades envolvidas.

7.4.2. Laboratório do Futuro (Estudo de Caso)

O Estudo de Caso para a avaliação do processo TIAMAT apresentado nesta seção é relativo à ao Laboratório do Futuro da UFRJ. Nesta aplicação prática do método, foi realizado um estudo sobre o Trabalho do Futuro, no horizonte do ano 2050. Os seus resultados foram publicados no Relatório Técnico denominado *Working in 2050: A view of how changes on the work will affect society* (BARBOSA et al., 2017b).

Este estudo começou com o interesse da direção do Laboratório do Futuro em investigar as tendências futuras para o Trabalho, definindo o ano de 2050 como horizonte futuro. O ano 2050 foi escolhido por não ser muito próximo, o que tornaria o seu resultado muito previsível, nem muito distante, o que implicaria em um erro muito grande na previsão por conta das mudanças disruptivas que eventualmente vão ocorrer.

Após a definição do escopo, dos participantes e dos métodos de FTA utilizados, o FTA foi iniciado. Conforme descrito na seção 7.3.2, o estudo foi dividido em cinco assuntos, denominados Núcleos: Automação, Emprego, Educação, Bem-Estar Social, e Economia.

O primeiro método de FTA a ser executado é o de Análise Bibliométrica, com o objetivo de coletar informações e referências, sobre os assuntos relacionados a cada núcleo. Em seguida, um *Brainstorming* é executado com o objetivo de listar possíveis eventos futuros relativos a cada núcleo de acordo com as informações levantadas no

durante a Análise Bibliométrica. O terceiro passo é o *Futures Wheel*, que tem como objetivo de organizar as relações de causa-e-efeito relativo aos eventos futuros listados durante o *Brainstorming*. Em seguida, o método de Cenários é utilizado para produzir narrativas coerentes e explicar tendências para cada núcleo, utilizando como base o resultado do *Futures Wheel*. Finalmente, os cenários são integrados entre os núcleos, utilizando novamente o método de Cenários – com a participação direta do Coordenador de Pesquisa. A instância do processo TIAMAT para este estudo do Laboratório do Futuro da UFRJ é apresentada na Figura 55.

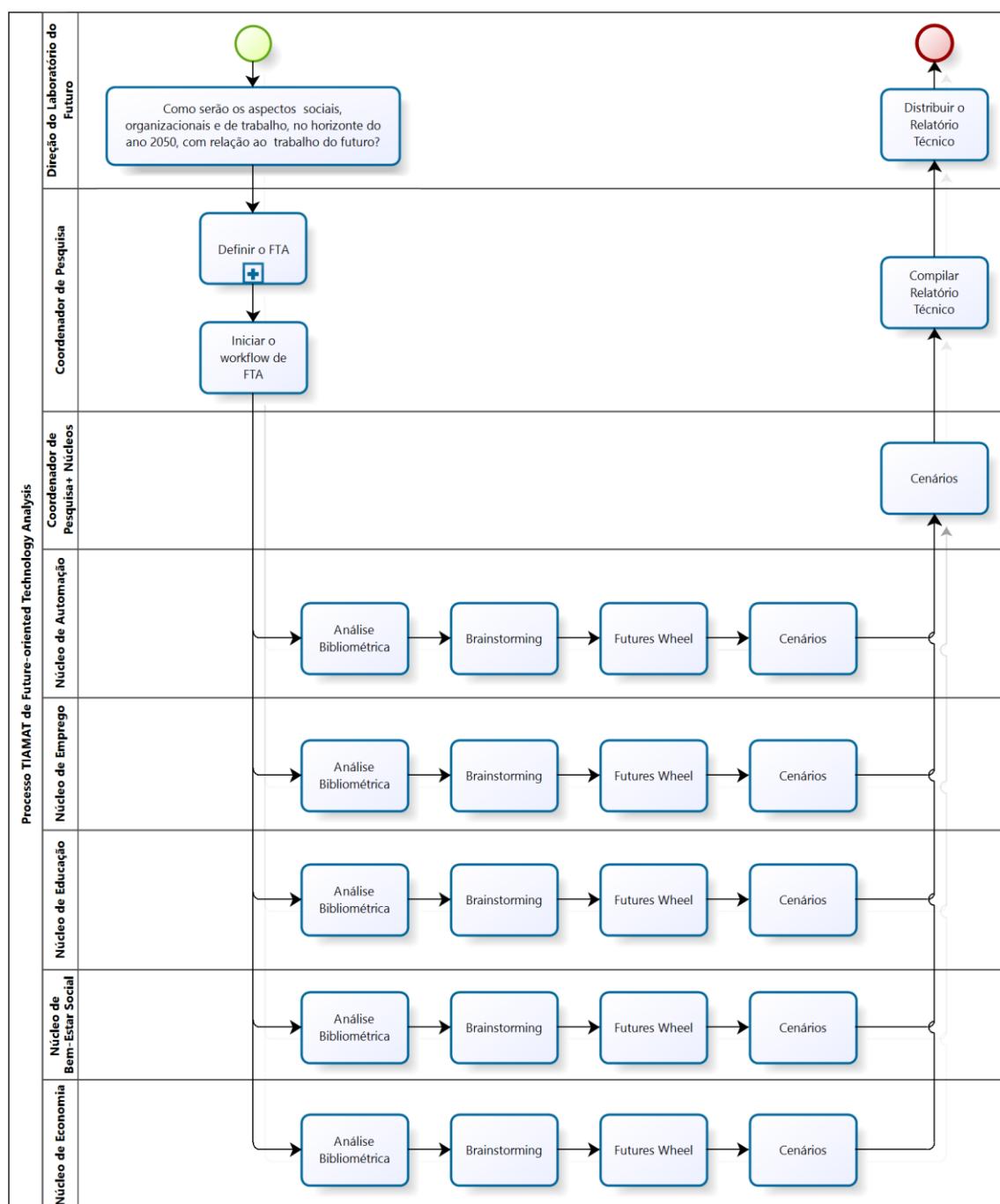


Figura 55. Processo TIAMAT instanciado para o Laboratório do Futuro da UFRJ.

Terminada a execução do *workflow*, o Coordenador de Pesquisa utiliza os dados produzidos, em especial os cenários, em um relatório final. Este relatório é construído para público em geral, uma vez que ele vai ser disponibilizado no site do Laboratório do Futuro. Neste relatório não é necessário anexar os subsídios produzidos durante a execução do *workflow*. Já o Sumário Executivo é opcional, e o Coordenador de Pesquisa optou por não incluí-lo, uma vez que o objetivo do relatório não é fundamentar uma decisão específica. Com a aprovação por parte da direção do Laboratório do Futuro, o Relatório Técnico é publicado.

7.5. Avaliação da Implementação

O processo de avaliação da implementação do TIAMAT foi realizado utilizando a metodologias de Protótipo e Estudo de Caso. Dois estudos de caso descritos nesta seção podem ser classificados como estudos de viabilidade do TIAMAT em aplicações diversas. O protótipo desenvolvido é descrito em maiores detalhes no Capítulo 6 e nesta seção apresentamos Estudos de Caso realizados com base no sistema desenvolvido. Os Estudos de Caso foram realizados no decorrer de um longo período de tempo, utilizando diferentes versões do TIAMAT, que foi atualizado para suprir as falhas identificadas nos estudos de caso iniciais. Os estudos de caso estão descritos em ordem cronológica.

O primeiro estudo de caso foi realizado nas dependências da UFRJ, pelo Centro de Apoio a Políticas de Governo (CAPGov) da COPPE (LIMA; BARBOSA; SOUZA, 2017). Neste estudo, o TIAMAT foi utilizado como ferramenta de apoio em um estudo sobre Governança Ágil e Gestão do Conhecimento.

O segundo estudo de caso foi realizado em conjunto com militares da Diretoria de Abastecimento da Marinha (OLIVEIRA; BARBOSA; SOUZA, 2017). Neste estudo, o TIAMAT atuou como ferramenta de apoio para a produção de cenários utilizados em estratégias de mitigação na aquisição de suprimentos, usando como exemplo representativo suprimentos relacionados à emergências médicas.

O terceiro estudo de caso foi realizado em conjunto com o Laboratório do Futuro da UFRJ. Neste estudo, o TIAMAT foi utilizado para apoiar um FTA sobre o Trabalho do Futuro (BARBOSA et al., 2017b).

7.5.1.CAPGov

O primeiro estudo de caso que utilizou o TIAMAT foi realizado pelo CAPGov, em um estudo sobre Gestão do Conhecimento aplicada à Governança Ágil de TI. O objetivo do estudo é traçar o cenário do governo federal brasileiro em relação à governança ágil e a gestão do seu conhecimento (LIMA; BARBOSA; SOUZA, 2017). Apesar de ser bastante diferente da aplicação descrita no Capítulo 4, este estudo de caso nos permite avaliar a viabilidade do TIAMAT para esta situação específica, além de avaliar sua flexibilidade em apoiar soluções para problemas diferentes da proposta original.

LIMA et al. (2017) definiu que a sua metodologia do estudo deveria incluir as metodologias SWOT, Análise de Impacto Cruzado e Entrevistas. O TIAMAT foi escolhido como ferramenta de apoio por fornecer a implementação desses métodos.

O estudo realizou a análise de dois processos de Governança Ágil – PES e MAnGve – utilizando as metodologias SWOT e Análise de Impacto Cruzado, nesta ordem; ao final das análises individuais, foi conduzida uma rodada de entrevistas com especialistas da área, com o objetivo de coletar conhecimento tácito que não tenha sido descoberto nas etapas anteriores. O *workflow* realizado neste experimento do TIAMAT é apresentado na Figura 56.

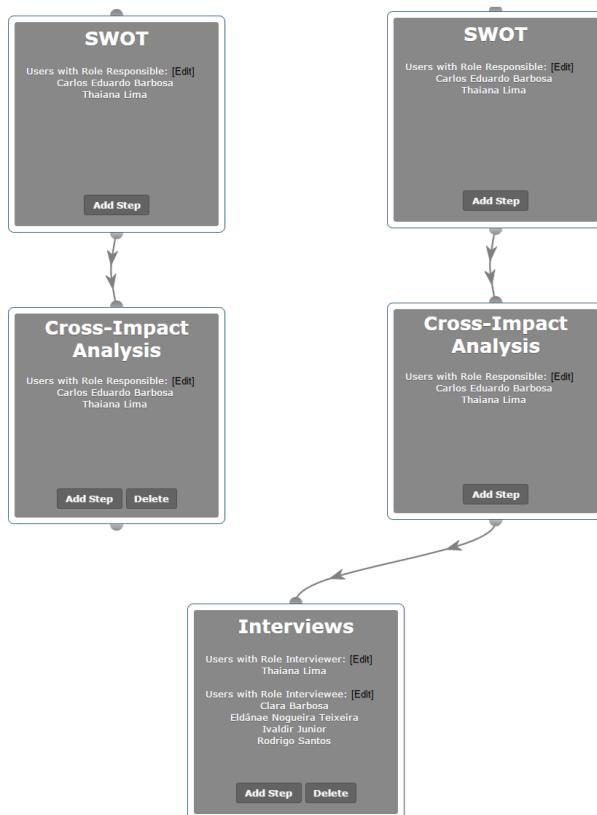


Figura 56. *Workflow* utilizado no TIAMAT em LIMA et al. (2017).

O TIAMAT foi capaz de apoiar o estudo de LIMA et al. (2017), contudo foi possível observar como limitação a incapacidade do sistema em sincronizar a última atividade do *workflow* de maneira correta – ou seja, o TIAMAT não permitia a ligação do método Análise de Impacto Cruzado (à esquerda na Figura 56) ao método Entrevistas, pois este último já estava ligado a outra instância do método Análise de Impacto Cruzado (à direita na Figura 56). Contudo, esta limitação não afetou os resultados do estudo e pudemos verificar que o TIAMAT possui flexibilidade para apoiar aplicações diferentes das quais ele foi projetado.

O TIAMAT – nesta versão – falhou no teste de completeza, pois o sincronismo dos *workflows* é uma funcionalidade imprescindível para a correta representação do estudo.

Durante a execução do estudo, pudemos identificar que a falta da capacidade do sistema em apoiar *workflows* com múltiplas dependências entre métodos – conforme apresentado na Figura 56 – um problema sério a ser resolvido. Como a execução do *workflow* foi especialmente controlada com consciência deste problema, os resultados obtidos não foram afetados. Além disso, notamos que a ausência do conceito de grupos pode aumentar consideravelmente o esforço do usuário durante a confecção de um *workflow*. Esta limitação não é um fator impeditivo para a utilização do TIAMAT, principalmente durante a fase de execução do *workflow*.

As principais conclusões que pudemos extrair deste Estudo de Caso são: (1) o conceito de *workflow* de métodos de FTA utilizado no TIAMAT é viável; (2) os métodos de FTA utilizados no Estudo funcionam apropriadamente; (3) o TIAMAT pode ser utilizado em outras aplicações, neste caso, como uma ferramenta mais genérica de apoio a decisão; e (4) o TIAMAT pode ser utilizado em ambiente governamental.

7.5.1.1. *Descobertas Principais*

Este estudo teve como objetivo comparar as principais ferramentas de Governança de TI ágil: PES e MAnGve. Nesta comparação, o MAnGve se mostrou com maior possibilidade de interrupções de projeto, principalmente por ser menos flexível que o PES, que permite a realocação de recursos humanos durante a execução do projeto.

No mesmo estudo, foi pedido para um grupo de especialistas para classificar possíveis pontos de melhoria nos processos de Governança Ágil de TI. Os pontos de melhoria considerados mais relevantes (com todos os entrevistados concordando que

são muito importantes) estão o *Compartilhamento do Conhecimento Adquirido* e *Adaptar-se à Necessidades Dinâmicas da Sociedade*. Esses pontos de melhoria indicam que o processo pode ser melhorado no sentido de dar maior capacidade de comunicação interna da equipe do projeto (e da organização) – destacado pelo ponto de melhoria relacionado ao compartilhamento de conhecimento – e na capacidade da equipe do projeto em perceber mudanças no meio externo – destacado pelo ponto de melhoria relacionado à necessidade de adaptação às mudanças rápidas e constantes da sociedade.

7.5.2. Marinha do Brasil

O segundo estudo de caso que utilizou o TIAMAT foi realizado com dados da Marinha do Brasil. O objetivo do estudo é explorar o uso de métodos de FTA para analisar fatores econômicos que podem influenciar como o governo realiza a aquisição de suprimentos, em especial os necessários em situações emergenciais – como catástrofes naturais, gerando cenários utilizados em estratégias de mitigação (OLIVEIRA; BARBOSA; SOUZA, 2017). De maneira semelhante ao estudo anterior, a aplicação do TIAMAT é diferente da descrita no Capítulo 4, contudo este estudo de caso nos permite avaliar a viabilidade do TIAMAT para esta situação específica, além de avaliar sua flexibilidade em apoiar soluções em problemas de aplicações diferentes da proposta original.

OLIVEIRA et al. (2017) definiu que o estudo deveria incluir as metodologias Entrevistas, Análise de Impacto Cruzado, SWOT e Cenários. O TIAMAT foi escolhido como ferramenta de apoio, pois ele implementa esses métodos.

A metodologia do estudo utilizou Entrevistas, Análise de Impacto Cruzado, SWOT e Cenários para analisar como uma crise econômica pode influenciar a capacidade de aquisição de suprimentos da administração pública. Desta forma, o estudo analisa o uso de Licitações, Registro de Preços e Dispensa de Licitação em cenários de crise econômica. O estudo teve foco em suprimentos médicos e usou luvas cirúrgicas como suprimento representativo para situações emergenciais, uma vez que elas podem ser utilizadas em qualquer tipo de emergência médica. O *workflow* realizado neste estudo de caso é apresentado na Figura 57.

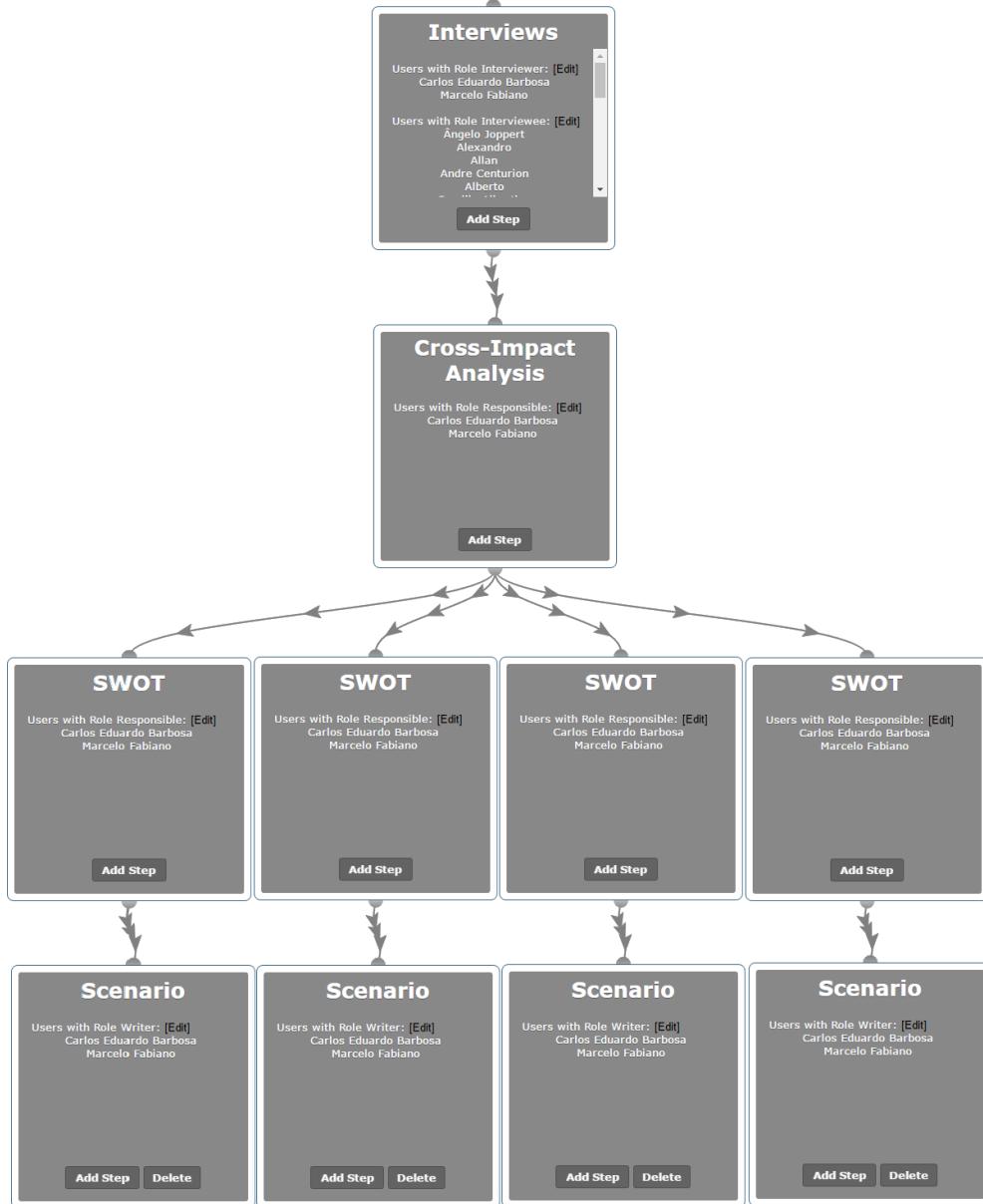


Figura 57. Workflow utilizado no TIAMAT em OLIVEIRA et al. (2017).

O TIAMAT foi capaz de apoiar o estudo de OLIVEIRA et al. (2017), reforçando a ideia que o TIAMAT possui flexibilidade para apoiar soluções de problemas em aplicações diferentes. Neste estudo, o TIAMAT passou no teste de completeza, até porque o sincronismo de *workflows* não foi exigido neste estudo de caso. A versão do TIAMAT utilizada foi a mesma do estudo do CAPGov.

A execução deste Estudo de Caso decorreu sem grandes imprevistos ou problemas – com o TIAMAT se comportando conforme o esperado.

As principais conclusões que podemos extrair deste Estudo de Caso são semelhantes ao do Estudo de Caso anterior. Contudo, podemos adicionar que o TIAMAT pode ser utilizado em ambiente governamental.

7.5.2.1. Descobertas Principais

Entre as principais descobertas realizadas neste estudo, podemos destacar que a utilização de uma estratégia de aquisição baseada no modelo de Registro de Preços tende a ser mais efetiva na aquisição de suprimentos em momentos de crise econômica, quando comparado com Licitações. As compras emergenciais – que são realizadas com dispensa de licitação – ainda serão necessárias em momentos de catástrofes.

É importante notar que o Registro de Preços não pode ser aplicado a todo o tipo de aquisição do Governo e, sendo assim, a Licitação possui papel fundamental na compra de diversos tipos de suprimentos.

7.5.3. Laboratório do Futuro

O terceiro estudo de caso que utilizou o TIAMAT foi realizado na UFRJ, em conjunto com o seu Laboratório do Futuro. Com o objetivo de realizar um estudo de futuro, disseminado no formato de relatório técnico, sobre o Trabalho do Futuro. O estudo foi denominado *Working in 2050: A view of how changes on the work will affect society* (BARBOSA et al., 2017b). O estudo utilizou a *framework* TIAMAT para realizar o FTA. Sendo assim, este estudo de caso permite validar a aplicabilidade do TIAMAT em apoiar um FTA, a aplicação para a qual o *framework* foi desenvolvido.

A metodologia do estudo incluiu Análise Bibliométrica, *Brainstorming*, *Futures Wheel* e Cenários. O uso extensivo do método Cenários neste FTA foi utilizado para integrar as informações previamente produzidas, com o objetivo de comunicar resultados aos usuários em geral – conforme comentado na seção 2.4.4.7. O estudo foi realizado com o objetivo de validar o *framework* TIAMAT. O Relatório Técnico produzido identifica as principais tendências sobre o Trabalho do Futuro, além de formular cenários coerentes. O *workflow* realizado neste experimento do TIAMAT é apresentado na Figura 58.

O TIAMAT foi capaz de apoiar o este estudo, que além de complexo, envolveu a coordenação das 11 pessoas que efetivamente utilizaram os métodos. Neste estudo, o TIAMAT já havia sido atualizado com relação aos dois primeiros estudos, corrigindo as deficiências até então encontradas. Foram encontradas novas deficiências, como por exemplo, permitir a um usuário poder abrir os passos do *workflow* que já tenham sido realizados, para consulta – o que foi implementado durante o próprio estudo.



Figura 58. *Workflow* utilizado no TIAMAT em BARBOSA et al. (2017b).

Neste estudo, o TIAMAT foi aplicado de acordo com o seu projeto, para a execução distribuída de um *workflow* de FTA por pequenos grupos distintos e independentes. Além da troca de informação presencial, em reuniões semanais, os núcleos do estudo submeteram seus resultados parciais na forma de subsídios, que neste estudo específico são: listas de documentos (como artigos, livros, etc.) selecionados na Análise Bibliométrica, documentos descrevendo as ideias levantadas no *Brainstorming*, imagens dos *Futures Wheel* e documentos descrevendo os Cenários desenvolvidos. Assim, o conhecimento produzido durante o processo de FTA foi materializado formato de subsídios, que foi então compilado em um Relatório Técnico. Este Relatório Técnico então passou por uma fase de pós-produção (revisão e editoração) e disponibilizado na Internet pelo Laboratório do Futuro.

No momento da execução deste Estudo de Caso, a limitação em apoiar *workflows* com múltiplas dependências entre métodos – conforme descrito na seção 7.5.1 – já havia sido sanada. Entre a concepção e execução deste *workflow*, foi necessário implementar novos módulos – Análise Bibliométrica e *Brainstormings* – que ainda haviam sido implementados no sistema. Assim, durante a execução do FTA foram encontrados alguns defeitos que foram prontamente corrigidos. Alguns participantes do estudo indicaram melhorias na interface do usuário que também foram incorporadas ao sistema. O principal problema de interface identificado foi a ausência de um mecanismo que permitisse ao usuário comum (não administrador) a visualização dos passos concluídos do *workflow*. Este problema afetava a cadênciia entre os passos do *workflow* de FTA, uma vez que os usuários comuns ficavam sem acesso aos subsídios gerados nos passos anteriores. Até a correção do sistema, os subsídios foram distribuídos por e-mail aos participantes. Nos estudos apresentados nas seções 7.5.1 e 7.5.2, o administrador do *workflow* estava envolvido diretamente na execução de todos os passos, mascarando esta limitação do sistema. Outra dificuldade encontrada foi a inexperiência em FTA dos participantes do estudo. Esse desconhecimento sobre como alguns dos métodos de FTA funcionam foi resolvido com a explicação prévia sobre como cada passo deveria ser realizado, acompanhado por uma avaliação constante e correção dos eventuais desvios metodológicos.

As principais conclusões que podemos extrair deste Estudo de Caso são semelhantes aos dos Estudos de Caso anteriores. Contudo, podemos adicionar que o TIAMAT é uma ferramenta capaz de apoiar estudos de FTA; e que o TIAMAT pode ser utilizado em ambiente acadêmico.

7.5.3.1. Descobertas Principais

O estudo de caso produziu um extenso relatório, composto uma descrição de tendências com capacidade de afetar o futuro do trabalho, separados para cada um dos núcleos de estudo (Automação, Emprego, Educação, Bem-Estar Social, e Economia). Essas tendências foram analisadas e integradas em três cenários: um cenário otimista, um cenário pessimista e um cenário mais provável. Iremos destacar as principais tendências com relação ao futuro do trabalho, retiradas do cenário mais provável.

A primeira tendência é o aumento da computerização – a automação do trabalho por meio de equipamentos controlados por computadores, reduzindo empregos em diversas carreiras. As ocupações com maior probabilidade de computerização são

aquelas com menores salários e menor formação exigida. Ocupações que exigem criatividade e comunicação interpessoal estão mais protegidas.

A segunda tendência é o crescimento das Novas Formas Alternativas de Emprego – com acordos de trabalho que diferem do “padrão”, entre os quais estão: o emprego temporário, o emprego em tempo parcial e sob demanda, o emprego terceirizado, e o emprego disfarçado ou auto-emprego dependente. Esta tendência vai gerar impactos na renda dos trabalhadores, assim como maior exposição a riscos, tanto a saúde, quanto a riscos relacionados à falta de seguridade social e ao desemprego.

A terceira tendência é uma mudança profunda na educação. Com a combinação do desemprego tecnológico (i.e., causado pela implantação de novas tecnologias) e a utilização de novos recursos de aprendizado resultantes da Internet (como os Cursos Online Abertos e Massivos – *Massive Online Open Courses*) permitem que as pessoas possam ter um aprendizado continuado durante a vida inteira. Através de iniciativas que estimulam ao livre compartilhamento de conhecimento de artigos científicos, o *Open Access*, é possível inclusive que pessoas possam adquirir conhecimentos técnicos fora do ambiente acadêmico.

A quarta tendência é o aumento da igualdade de gênero. Apesar da tendência positiva, neste ritmo a igualdade de gênero só seria alcançada por volta de 2100. Campos como saúde e educação possuem atualmente um bom índice de igualdade; contudo, a desigualdade de gênero é grande no campo econômico e, principalmente, no campo político.

A quinta tendência é a reinvenção dos sindicatos. Os sindicatos vão precisar se adaptar às mudanças na forma de trabalho que ocorrerão. Em especial, eles devem se preparar para um distanciamento geográfico dos trabalhadores digitais, as Novas Formas Alternativas de Emprego e as mudanças na legislação trabalhista. Os sindicatos podem, contudo, usar as mesmas tecnologias disruptivas do trabalho para apoiar a sua missão e manter sua representatividade na sociedade.

Além das cinco tendências descritas acima, foram discutidos no relatório fatores econômicos, como o crescimento relativo entre países e o remanejamento dos empregos resultantes desta mudança; o aumento da desigualdade econômica entre os mais ricos e mais pobres; novas políticas de bem-estar social, como iniciativas de distribuição de renda, por exemplo, o *Universal Basic Income*; e o avanço da Economia do Conhecimento e suas consequências no emprego.

7.5.4. Problemas Ocorridos nos Estudos de Caso

Após análise, podemos agrupar os problemas encontrados durante os Estudos de Caso em duas grandes áreas: os problemas relacionados à execução em geral, descobertos pelo administrador do FTA; e os problemas relacionados a erros, ausência, ou possíveis melhorias nos métodos de FTA, relatados pelos participantes durante os Estudos de Caso. Os problemas encontrados no primeiro grupo são em geral mais impactantes nos estudos, sendo em sua maioria prioritários. Os problemas apontados pelos participantes, por outro lado, incluíam diversas melhorias ou mudanças que não poderiam ser efetuadas durante a execução do estudo, sendo implementadas as mudanças para solucionar os problemas que realmente impediam o prosseguimento do trabalho.

Com relação aos problemas relacionados ao *workflow* e aos usuários, podemos destacar os quatro principais problemas listados nos estudos de caso. No estudo do CAPGov foi identificada a incapacidade do TIAMAT em representar workflows com múltiplos passos como pré-requisito, que foi corrigido para estudos posteriores; e a falta de uma noção de grupos de usuários, o que foi considerado como não impeditivo para o prosseguimento dos estudos de caso, sendo deixado para uma implementação futura. No estudo do Laboratório do Futuro, foi observado que faltava um mecanismo de exibição dos passos finalizados do *workflow*, o que foi implementado; além de uma necessidade em treinar os participantes a utilizar o TIAMAT e também como realizar cada método de FTA do estudo. O resumo dos problemas identificados durante a execução dos Estudos de Caso é apresentado na Tabela 12.

Tabela 12. Resumo dos problemas identificados no TIAMAT.

Estudo de Caso	Problema Identificado	Ações Tomadas
CAPGov	Múltiplos passos como pré-requisito	Atualização do Sistema
CAPGov	Grupos de Usuários	—
Laboratório do Futuro	Exibição dos passos já realizados	Atualização do Sistema
Laboratório do Futuro	Participantes iniciantes em FTA	Ensinar os métodos de FTA Avaliar e corrigir desvios

Com relação aos problemas relatados pelos participantes durante a execução dos *workflows* de FTA, foram levantados vários pontos de melhoria e alguns erros. No módulo de Análise Bibliométrica, ocorreram erros no *upload* de arquivos para o

sistema, que foram corrigidos imediatamente; além de um pedido para a inclusão de um campo de observações, para que o participante possa incluir informações pertinentes para cada documento levantado. No módulo de *Brainstormings*, foi pedido que um participante pudesse editar uma ideia proposta por outro participante, o que vai de encontro com os requisitos levantados para o módulo; no entanto, esta funcionalidade foi implementada temporariamente e mantida até o fim do estudo. Outro problema relatado no módulo de *Brainstormings* foi a ausência de um mecanismo de exclusão de ideias, o que foi implementado após o término do estudo. No método de *Futures Wheel*, foi indicado um problema relacionado à ligação de um evento com outro de nível diferente, o que foi implementado após o estudo. Outro problema relatado é relacionado ao tamanho da área útil de tela destinada ao *Futures Wheel*, que foi considerada pequena – sendo aumentada ainda durante o estudo. Finalmente, os participantes relataram que faltam funcionalidades que permitam uma maior movimentação na área de trabalho do *Futures Wheel*, como por exemplo, usar o recurso de arrastar-e-soltar para reposicionar o mapa gerado na tela, e disponibilizar ferramentas de *zoom*. Essas melhorias de *design* não impedem o uso do sistema e ficaram como trabalhos futuros. No método de Cenários, foi notado que o mesmo não permitia a inclusão de imagens integradas ao texto, o que foi implementado ainda durante o estudo de caso. O resumo dos problemas relatados pelos participantes dos Estudos de Caso é apresentado na Tabela 13.

Tabela 13. Resumo dos problemas relatados nos métodos do TIAMAT.

Método	Problema Relatado	Tipo de Correção
Análise Bibliométrica	Erro no upload de arquivo	Imediata
Análise Bibliométrica	Ausência de um campo para observações para o usuário	Futura
<i>Brainstormings</i>	Ausência de edição de uma ideia por outro participante	Implementado Temporariamente
<i>Brainstormings</i>	Ausência de exclusão de uma ideia	Após o Estudo
<i>Futures Wheel</i>	Ausência de ligação com múltiplos eventos de níveis diferentes	Após o Estudo
<i>Futures Wheel</i>	Aumento do tamanho da área de trabalho.	Imediata
<i>Futures Wheel</i>	Melhoria na área de trabalho com capacidade de ser movimentada (via arrastar-e-soltar) e ampliada	Futura
Cenários	Ausência da opção de incluir imagens junto ao texto	Imediata

Capítulo 8 – Considerações Finais

8.1. Epílogo

O *Future-oriented Technology Analisys* é uma área interdisciplinar, que provém da década de 1950, fragmentada em diversos grupos com objetivos e metodologias distintas. Este trabalho de pesquisa tenta resgatar toda a bagagem teórica construída neste período para a construção de um *framework* de FTA distribuído e integrado. Este *framework* foi materializado em um sistema computacional, denominado TIAMAT, que é capaz de executar um FTA usando conceitos de *workflows*.

O *framework* TIAMAT, o principal artefato desenvolvido nesta pesquisa, é composto pelo modelo TIAMAT e pelo processo TIAMAT. O modelo TIAMAT representa a estrutura organizacional envolvida no FTA e suas interfaces com aspectos de *Pesquisa, Mercado, e Governo e Sociedade*. Já o processo TIAMAT organiza o FTA na forma de um *workflow* que pode ser executado de maneira distribuída e integrada. A abordagem se encontra ancorada na literatura, em seu amplo reconhecimento da importância combinação de métodos de FTA distintos e complementares (ARMSTRONG, 1986) (CLEMEN, 1989) (MAKRIDAKIS; WINKLER, 1983).

Com relação à avaliação dos artefatos construídos nesta pesquisa, foi utilizado o *framework* de *Design Science* proposto por MARCH e SMITH (1995), que divide o processo de *Design Science* na construção e na avaliação de conceitos, modelos, métodos, e instanciações. O processo de avaliação dos artefatos desenvolvidos deve ser apropriado para medir a sua fidelidade com os fenômenos do mundo real, sua completeza e sua consistência interna. Os conceitos, o modelo TIAMAT, o processo TIAMAT, e o sistema TIAMAT foram avaliados segundo as metodologias de Argumento Lógico, Cenário Ilustrativo, Estudo de Caso e Protótipo (PEFFERS et al., 2012).

Neste último capítulo, começaremos na seção 8.2 revisitando as questões de pesquisa levantadas no Capítulo 1, mostrando como a pesquisa realizada nesta tese abordou cada uma delas. Na seção 8.3, as principais contribuições de pesquisa são apresentadas e a originalidade deste trabalho é discutida. Na seção 8.4, as limitações desta pesquisa são apresentadas. Finalmente, na seção 8.5, algumas oportunidades de trabalho futuro são apresentadas.

8.2.Revisitando as Questões de Pesquisa

No primeiro capítulo foi apresentado um conjunto de Questões de Pesquisa (QP), visando clarificar os objetivos iniciais desta Tese. Nesta seção, iremos revisitar cada uma destas questões, analisando os resultados obtidos durante o trabalho.

QP1: Como o FTA está fundamentado em suas bases teóricas, quais são seus métodos e como eles funcionam?

A revisão da literatura apresentada no Capítulo 2 identificou as bases teóricas do FTA, descrevendo como os seus métodos funcionam, são classificados, e são agrupados. Discutimos a história e as aplicações do FTA, assim como o consenso entre os pesquisadores sobre a melhoria dos resultados a combinação de métodos de FTA distintos e complementares (ARMSTRONG, 1986) (CLEMEN, 1989) (MAKRIDAKIS; WINKLER, 1983). A questão sobre como montar um FTA com métodos complementares foi discutida no Capítulo 5, quando apresentamos abordagens para seleção de métodos de FTA, como o *Foresight Diamond* (MILES; POPPER, 2008) (POPPER, 2008). Este estudo foi a base para a implementação dos módulos de FTA presentes no TIAMAT.

QP2: Qual o estado da arte das plataformas e aplicações de FTA?

O estudo apresentado no Capítulo 3 nos permitiu obter uma compreensão dos tipos de ferramentas de FTA disponíveis no mercado e quais são suas aplicações típicas. Muitas dessas ferramentas podem se classificar em três categorias: ferramentas de *forecasting* de séries temporais, ferramentas de mineração de textos especializados para a análise de patentes e artigos científicos, e ferramentas de pesquisa e análise de Propriedade Intelectual.

QP3: Qual o estado da arte da pesquisa acadêmica sobre as plataformas de FTA?

O estudo apresentado no Capítulo 3 também nos permitiu obter uma compreensão sobre como as ferramentas de FTA são utilizadas em pesquisa. Nossa maior descoberta nesta área foi uma ausência da descrição da ferramenta de *software* utilizada em estudos. Por exemplo, no *Technological Forecasting and Social Change*, um periódico com mais de 4.500 publicações, encontramos apenas 36 artigos de utilizam ferramentas comerciais de FTA – uma taxa menor que 1%. No caso do *journal Futures*, apenas 1 artigo em um total de mais de 5100 publicações. Apesar de não

termos realizado uma varredura de todos os artigos dos periódicos – uma tarefa inviável devido ao grande número de publicações, em nenhum dos artigos analisados durante esta pesquisa foi encontrado a descrição de uma plataforma de FTA científica.

QP4: Como a tecnologia pode ser projetada para apoiar a construção de FTA complexos que apoiem a participação distribuída?

Os conceitos, o modelo, o processo, e o sistema TIAMAT, descritos nos capítulos 4, 5 e 6, permitiram a criação e a execução de estudos de FTA, conforme os estudos de caso apresentados no Capítulo 7. A metodologia adotada para a realização de estudos de futuro no Laboratório do Futuro da UFRJ se baseia na utilização do *framework* TIAMAT como arcabouço metodológico e com o sistema TIAMAT como ferramenta de apoio. Além disso, o sistema TIAMAT se mostrou flexível em apoiar outras aplicações, diferentes de um FTA tradicional.

QP5: Como a tecnologia pode ser usada para integrar o FTA executado distribuidamente?

Os conceitos, o modelo, o processo, e o sistema TIAMAT, descritos nos capítulos 4, 5 e 6, acompanhado do estudo de caso do Laboratório do Futuro, conduzido no Capítulo 7, mostram que a utilização do conceito de subsídios para transmitir o conhecimento produzido entre as etapas e pessoas responsáveis pelo FTA permitem a integração entre os participantes. Esta integração via subsídios se torna mais evidente quando os participantes estão separados em núcleos, cada qual responsável por um método de FTA.

8.3. Contribuições

Como consequência do trabalho realizado durante esta pesquisa, podemos destacar um conjunto de contribuições, listadas a seguir:

- Uma extensiva revisão da literatura sobre FTA – incluindo suas definições, classificações e métodos – realizada no Capítulo 2.
- Uma investigação exploratória das plataformas atuais de FTA, apresentada no Capítulo 3.

- Um *framework* de execução de FTA utilizando o paradigma de *workflows* de métodos de FTA, permitindo sua execução distribuída por uma multidão de pessoas, apresentados nos Capítulos 4 e 5.
- A divisão do FTA em níveis organizacionais (operacional e estratégico), que diferenciam os objetivos de um método de FTA desde a concepção do *workflow*, impactando diretamente na capacidade de distribuição de atividades por diversas seções da organização.
- A organização do conhecimento produzido no processo de FTA no formato de subsídios, onde conjuntos de relatórios parciais são agrupados em um relatório final, agregando os principais resultados dos relatórios anteriores para apoiar o processo decisório.
- Uma metodologia para a realização de estudos de futuro no Laboratório do Futuro, derivada diretamente do TIAMAT, conforme realizado no Estudo de Caso do Laboratório do Futuro.
- O uso do TIAMAT para apoiar diferentes tipos de estudo, conforme realizado nos estudos de caso do CAPGov e Marinha do Brasil, mostrando que a implementação pode ser utilizada em situações diversas, além do FTA.
- Um *case* da utilização da metodologia *Design Science* na avaliação dos artefatos produzidos nesta pesquisa.
- A plataforma de FTA TIAMAT propriamente dita, que pode ser utilizada e estendida em outros projetos de pesquisa envolvendo FTA ou não, dentro e fora do nosso grupo de pesquisa do Programa de Engenharia de Sistemas e Computação da COPPE. O Laboratório do Futuro já utiliza o TIAMAT como ferramenta e sua base metodológica na produção de seus Relatórios Técnicos.

A Tabela 14 complementa as contribuições listadas acima com as publicações que foram aceitas ou submetidas durante o período desta pesquisa, relacionadas direta ou indiretamente à pesquisa desta tese.

Finalmente, torna-se importante destacar que a originalidade deste trabalho se apresenta na ausência de ferramentas similares. Não foi encontrada abordagem similar de FTA baseada em *workflows* de métodos de FTA, de maneira distribuída e integrada,

no estudo exploratório realizado no Capítulo 3. Além disso, as ferramentas de FTA as quais temos conhecimento não possuem o mesmo foco que o sistema TIAMAT.

Tabela 14. Publicações realizadas durante a pesquisa do doutorado.

#	Título	Local e Ano de Publicação
1	<i>Crowdsourcing Environments in e-Learning Scenario: A classification based on educational and collaboration criteria</i>	SMC 2013
2	<i>Challenges on designing a distributed collaborative UML editor</i>	CSCWD 2014
3	<i>Conceptual crowdsourcing models for e-learning</i>	SMC 2014
4	<i>Empowering the Delphi decision-making process using expert search from social networks</i>	SMC 2014
5	<i>Ontology to Recover Delphi's Decisions</i>	SMC 2015
6	<i>Selecting Experts using Data Quality Concepts</i>	IJDMS 2015
7	<i>Analyzing the collaborative aspects of the Future-oriented Technology Analysis</i>	CSCWD 2016
8	<i>Features of domain-independent mobile knowledge management systems</i>	IJKMS 2016
9	<i>Analysing Agile Governance Processes in the Brazilian Government Scenario</i>	IJMMD 2017
10	<i>TransReport: Collaborative Supervision of the Public Transportation</i>	SAC 2017
11	<i>WeCollaborate: Citizen Collaboration for Government Problem-Solving</i>	CSCWD 2017
12	<i>Producing and Analyzing Potential Future Scenarios: a Case Study with Medical Supplies</i>	SMC 2017
13	<i>Mobile Recommendation System with Crowdsourcing and Geospatial Data</i>	ERSI 2017
14	<i>Working in 2050: A view of how changes on the work will affect society</i>	Laboratório do Futuro 2017
15	<i>Using Knowledge Management to Create a Data Hub and Leverage the Usage of a Data Lake</i>	Aceito para o IJKMS
16	<i>Coordination, Communication & Competition on eSports: A Comparative Analysis of Teams of Two Action Games</i>	Submetido para ECSCW
17	<i>A Framework to Support Integration of Future Studies Methods</i>	Submetido para ESWA

8.4. Limitações

Realizando uma análise crítica sobre esta pesquisa de tese, após a construção dos e suas avaliações realizadas, é possível identificarmos algumas limitações. Podemos categorizar as limitações em dois tipos: limitações da pesquisa e limitações do TIAMAT.

Entre as limitações da pesquisa, podemos destacar a falta de estudos de caso em organizações que realizam P&D. Estudos de caso mais amplos forneceriam um *feedback* maior, com outros tipos de FTA sendo realizados. Enfim, a pesquisa poderia contar com estudos de caso de outras organizações, abrangendo outras com necessidades. Com isso, uma série de qualidades do TIAMAT não foi testada na prática: não foi realizada a avaliação do comportamento do TIAMAT com relação à hierarquização, *subworkflows*, e a divisão do FTA em níveis organizacionais (operacional ou estratégico). Finalmente, o estudo de caso principal, do Laboratório do Futuro, não utilizou a capacidade o TIAMAT em apoiar o FTA distribuído geograficamente – os participantes tinham facilidade de acesso uns aos outros. Contudo, o estudo de caso do CAPGov realizou entrevistas à distância, o que é uma avaliação parcial da capacidade do TIAMAT em integrar um FTA distribuído.

Entre as limitações do sistema TIAMAT, podemos destacar a ausência de apoio a processos de FTA iterativos, que necessitam de um controle de fluxo dinâmico para a execução de ciclos. Como FTA cíclicos são incomuns, esta qualidade foi deixada de fora do escopo desta pesquisa. A solução adotada para mitigar esta limitação é, quando existir a necessidade de realizar uma nova execução de um FTA, o mesmo deve ser criado em um novo *workflow*. Outra limitação do sistema TIAMAT é a ausência de apoio a grupos. Durante os estudos de caso foi notado que esta característica iria facilitar a criação de *workflows* de FTA, em especial para grupos grandes. No entanto, esta modificação no sistema implicaria em modificações extensas no seu núcleo. Como esta limitação não afeta a experiência de uso do usuário comum, foi deixada como trabalho futuro. A simplicidade de implementação de alguns métodos de FTA também é uma limitação. Esses métodos podem ser substituídos por métodos mais robustos. O método Análise Bibliométrica, por exemplo, é extremamente simplista – sendo neste caso necessário o seu aprimoramento ou mesmo a substituição do módulo por um que contemple todas as funcionalidades necessárias deste método de FTA. Finalmente, o número de métodos de FTA implementados no TIAMAT é limitado – consequência do grande número de métodos disponíveis e das limitações de tempo e recursos humanos para o desenvolvimento e testes.

8.5.Trabalhos Futuros

Os conhecimentos obtidos através do desenvolvimento desta pesquisa podem ser ampliados através de novos estudos de caso, aplicando o *framework* TIAMAT com objetivos de FTA diferentes dos utilizados nos estudos de caso apresentado nesta tese.

Além da ampliação da ferramenta e sua aplicação em futuros estudos, esta pesquisa já demonstrou um conjunto de limitações que o sistema TIAMAT possui e que podem ser resolvidas, como a implementação de apoio a grupos de usuários e de *workflows* interativos (cíclicos). Outras melhorias são relativas aos métodos de FTA implementados: é importante implementar mais métodos, o que aumenta a flexibilidade do TIAMAT, assim como é necessário evoluir os métodos existentes – como, por exemplo, o método de Análise Bibliométrica – para garantir-lhes maior robustez. Finalmente, após *feedback* do uso do sistema TIAMAT, foi possível perceber oportunidades de melhoria na interface do usuário, que podem refletir em uma melhor e experiência de uso do sistema.

Além da evolução do TIAMAT através da sua expansão – com a inclusão de novos métodos de FTA – e correção de suas limitações, existem outras investigações que podem ser realizadas. Na área de FTA, o TIAMAT pode implementar no futuro as metodologias de contrução de FTA descritas na seção 5.1. Envolvendo outras áreas de pesquisa, é possível destacar: (i) formalizar os subsídios usando o modelo de metadados Dublin Core (WEIBEL et al., 1998) (ii) investigar o fluxo do conhecimento produzido durante uma prospecção tecnológica e o seu armazenamento no TIAMAT, (iii) analisar formas de apoiar prospecção tecnológica com grandes grupos (multidões), e (iv) analisar FTA como um processo de geração de conhecimento e o seu lugar nos processos de Gestão de Conhecimento.

Referências Bibliográficas

- ABT, C. C. **Serious games**. [s.l.] University Press of America, 1987.
- ALDERSON, R. C.; SPROULL, W. C. Requirement analysis, need forecasting, and technology planning using the honeywell PATTERN technique. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 3, p. 255–265, 1971.
- ALENCAR, M. S. M.; PORTER, A. L.; ANTUNES, A. M. S. Nanopatenting patterns in relation to product life cycle. **Technological Forecasting and Social Change**, Three Special Sections: Assessment of China's and India's Science and Technology Literature Nanotechnology Policy Minding the Gap: Previewing the Potential of Breakthrough Technologies. v. 74, n. 9, p. 1661–1680, nov. 2007.
- ALTSCHULLER, G.; SHULYAK, L.; RODMAN, S. **The innovation algorithm: TRIZ, systematic innovation and technical creativity**. [s.l.] Technical Innovation Center, Inc., 1999.
- AMANATIDOU, E. Beyond the veil — The real value of Foresight. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 87, p. 274–291, set. 2014.
- AMERICAN CHEMICAL SOCIETY. **STN AnaVist**. Disponível em: <<https://www.cas.org/products/stn/anavist>>. Acesso em: 25 abr. 2016a.
- AMERICAN CHEMICAL SOCIETY. **CAS History**. Disponível em: <<https://www.cas.org/about-cas/cas-history>>. Acesso em: 25 abr. 2016b.
- ANANDA, J.; HERATH, G. A critical review of multi-criteria decision making methods with special reference to forest management and planning. **Ecological Economics**, v. 68, n. 10, p. 2535–2548, 2009.
- ARMSTRONG, J. S. The ombudsman: research on forecasting: A Quarter-Century Review, 1960-1984. **Interfaces**, v. 16, n. 1, p. 89–109, 1986.
- ARMSTRONG, J. S. Combining forecasts. In: **Principles of forecasting**. [s.l.] Springer, 2001. p. 417–439.
- AUTOMATIC FORECASTING SYSTEMS, INC. **Autobox**. Disponível em: <<http://www.autobox.com/cms/>>. Acesso em: 29 fev. 2016.
- ÁVILA-ROBINSON, A.; MIYAZAKI, K. Dynamics of scientific knowledge bases as proxies for discerning technological emergence — The case of MEMS/NEMS technologies. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 80, n. 6, p. 1071–1084, jul. 2013.
- BARBIERI, N. Fuel prices and the invention crowding out effect: Releasing the automotive industry from its dependence on fossil fuel. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 111, p. 222–234, out. 2016.
- BARBOSA, C. E. et al. **Future-Oriented Technology Analysis: a Starter Guide**. 2017a.
- BARBOSA, C. E. et al. **Working in 2050: A view of how changes on the work will affect society**. Disponível em: <<http://labfuturo.cos.ufrj.br/reports/working2050.pdf>>.
- BASS, F. M. A New Product Growth for Model Consumer Durables. **Management Science**, v. 15, n. 5, p. 215–227, 1969.
- BAYER AG. **Bayer**. Disponível em: <<http://www.bayer.com/>>. Acesso em: 1 out. 2015.
- BEAUMONT, C. D. Forecasting with micros. **Futures**, v. 18, n. 1, p. 84–91, 1 fev. 1986.
- BELL, F. et al. Science fiction prototypes: Visionary technology narratives between futures. **Futures**, Exploring Future Business Visions Using Creative Fictional Prototypes. v. 50, p. 5–14, 2013.

BENGISU, M.; NEKHILI, R. Forecasting emerging technologies with the aid of science and technology databases. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 73, n. 7, p. 835–844, 2006.

BENOÎT, C. et al. **Guidelines for social life cycle assessment of products: social and socio-economic LCA guidelines complementing environmental LCA and Life Cycle Costing, contributing to the full assessment of goods and services within the context of sustainable development**. [Paris, France]: United Nations Environment Programme, 2009.

BERRY, B. J. L.; KIM, H.; KIM, H.-M. Are long waves driven by techno-economic transformations?: Evidence for the U.S. and the U.K. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 44, n. 2, p. 111–135, 1993.

BEZOLD, C. Alternative futures for communities. **Futures**, v. 31, n. 5, p. 465–473, 1999.

BEZOLD, C. et al. Using Vision in Futures. **Futures Research Methodology version 3.0**, 2009.

BISHOP, P.; HINES, A.; COLLINS, T. The current state of scenario development: an overview of techniques. **Foresight - The journal of future studies, strategic thinking and policy**, v. 9, n. 1, p. 5–25, 2007.

BLACKMAN JR., A. W. A mathematical model for trend forecasts. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 3, p. 441–452, 1971.

BLAIR, A. R. et al. Forecasting foreign exchange rates: an expert judgment approach. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 21, n. 6, p. 363–369, 1987.

BLANNING, R. W.; REINIG, B. A. Cross-impact analysis using group decision support systems: an application to the future of Hong Kong. **Futures**, v. 31, n. 1, p. 39–56, 1999.

BLOOM, M. F. Time-dependent event cross-impact analysis: Results from a new model. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 10, n. 2, p. 181–201, 1977.

BOOCH, G.; JACOBSON, I.; RUMBAUGH, J. **The Unified Modeling Language User Guide**. [s.l.] Addison Wesley, 1999.

BOOTH, H. Demographic forecasting: 1980 to 2005 in review. **International Journal of Forecasting**, v. 22, n. 3, p. 547–581, 2006.

BORZO, J.; LOFTHOUSE, G. **Scattering the seeds of invention: The globalisation of research and development**. [s.l.] Economist Intelligence Unit, 2004.

BROWN, V. R.; PAULUS, P. B. Making Group Brainstorming More Effective: Recommendations From an Associative Memory Perspective. **Current Directions in Psychological Science**, v. 11, n. 6, p. 208–212, 2002.

BRUGHA, R.; VARVASOVSKY, Z. Stakeholder analysis: a review. **Health Policy and Planning**, v. 15, n. 3, p. 239–246, 9 jan. 2000.

BUNN, D. W.; SALO, A. A. Forecasting with scenarios. **European Journal of Operational Research**, v. 68, n. 3, p. 291–303, 1993.

BUSINESS FORECAST SYSTEMS, INC. **Welcome to Forecast Pro - Software for sales forecasting, inventory planning, demand planning and collaborative planning**. Disponível em: <<http://www.forecastpro.com/>>. Acesso em: 29 fev. 2016.

CANTER, L. W. Environmental impact assessment. In: [s.l.] McGraw-Hill New York, 1999.

CASELLES-MONCHO, A. An empirical comparison of cross-impact models for forecasting sales. **International Journal of Forecasting**, v. 2, n. 3, p. 295–303, 1986.

CATINO, M. **Organizational Myopia: Problems of Rationality and Foresight in Organizations**. [s.l.] Cambridge University Press, 2013.

CAVIGGIOLI, F.; UGHETTO, E. Buyers in the patent auction market: Opening the black box of patent acquisitions by non-practicing entities. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 104, p. 122–132, mar. 2016.

Centers for Therapeutic Innovation. Disponível em: <<https://www.pfizercti.com/>>. Acesso em: 1 out. 2015.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, v. 2, n. 6, p. 429–444, nov. 1978.

CHEN, P. P.-S. The Entity-relationship Model—Toward a Unified View of Data. **ACM Trans. Database Syst.**, v. 1, n. 1, p. 9–36, mar. 1976.

CHIPMAN, J. S. The Multi-Sector Multiplier. **Econometrica**, v. 18, n. 4, p. 355–374, 1950.

CHOI, C.; KIM, S.; PARK, Y. A patent-based cross impact analysis for quantitative estimation of technological impact: The case of information and communication technology. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 74, n. 8, p. 1296–1314, 2007.

CLARKE, A. C. Extra-terrestrial relays. **Wireless world**, v. 51, n. 10, p. 305–308, 1945.

CLARKE, A. C. **Profiles of the Future**. [s.l.] Hachette UK, 1962.

CLEMEN, R. T. Combining forecasts: A review and annotated bibliography. **International Journal of Forecasting**, v. 5, n. 4, p. 559–583, 1989.

CLEMEN, R. T.; REILLY, T. **Making hard decisions with DecisionTools**. 2. ed. [s.l.] Pacific Grove, CA : Duxbury, 2001.

COATES, J. F. Some methods and techniques for comprehensive impact assessment. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 6, p. 341–357, 1974.

COCCIA, M. The Asymmetric path of Economic Long Waves. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 77, n. 5, p. 730–738, 2010.

COCCIA, M.; WANG, L. Path-breaking directions of nanotechnology-based chemotherapy and molecular cancer therapy. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 94, p. 155–169, maio 2015.

CODD, E. F. A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks. **Commun. ACM**, v. 13, n. 6, p. 377–387, jun. 1970.

COLEMAN, J. S. et al. **Medical innovation: A diffusion study**. [s.l: s.n.].

COURSEAULT TRUMBACH, C.; PAYNE, D.; KONGTHON, A. Technology mining for small firms: Knowledge prospecting for competitive advantage. **Technological Forecasting and Social Change**, Tech Mining: Exploiting Science and Technology Information ResourcesTech Mining: Exploiting Science and Technology Information Resources. v. 73, n. 8, p. 937–949, out. 2006.

COYLE, R. G.; CRAWSHAY, R.; SUTTON, L. Futures assessment by field anomaly relaxation: A review and appraisal. **Futures**, v. 26, n. 1, p. 25–43, 1994.

CUNNINGHAM, S. W.; PORTER, A. L.; NEWMAN, N. C. Special issue on tech mining. **Technological Forecasting and Social Change**, Tech Mining: Exploiting Science and Technology Information ResourcesTech Mining: Exploiting Science and Technology Information Resources. v. 73, n. 8, p. 915–922, out. 2006.

CURRAN, C.-S.; BRÖRING, S.; LEKER, J. Anticipating converging industries using publicly available data. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 77, n. 3, p. 385–395, mar. 2010.

CURRAN, C.-S.; LEKER, J. Patent indicators for monitoring convergence – examples from NFF and ICT. **Technological Forecasting and Social Change**, Using Technological Intelligence for Strategic Decision Making in High Technology Environments. v. 78, n. 2, p. 256–273, fev. 2011.

DAIM, T. U. et al. Forecasting emerging technologies: Use of bibliometrics and patent analysis. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 73, n. 8, p. 981–1012, out. 2006.

DALKEY, N. C. Delphi. 1967.

DALKEY, N. C. An elementary cross-impact model. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 3, p. 341–351, 1971.

DE GROOT, B.; FRANSES, P. H. Stability through cycles. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 75, n. 3, p. 301–311, 2008.

DE GROOT, B.; FRANSES, P. H. Common socio-economic cycle periods. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 79, n. 1, p. 59–68, 2012.

DECANIO, S. J. The future through yesterday: long-term forecasting in the novels of H. G. Wells and Jules Verne. **The Centennial Review**, v. 38, n. 1, p. 75–93, 1994.

DELBECQ, A. L.; VEN, A. H. V. DE. A Group Process Model for Problem Identification and Program Planning. **The Journal of Applied Behavioral Science**, v. 7, n. 4, p. 466–492, 1971.

DENDENA, B.; CORSI, S. The Environmental and Social Impact Assessment (ESIA): a further step towards an integrated assessment process. **Journal of Cleaner Production**, 2015.

DEVEZAS, T. Crises, depressions, and expansions: Global analysis and secular trends. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 77, n. 5, p. 739–761, 2010.

DIEHL, M.; STROEBE, W. Productivity loss in brainstorming groups: Toward the solution of a riddle. **Journal of Personality and Social Psychology**, v. 53, n. 3, p. 497–509, 1987.

DINC, M. Regional and local economic analysis tools. **The World Bank, Washington DC**, 2002.

DREBORG, K. H. Essence of backcasting. **Futures**, v. 28, n. 9, p. 813–828, 1996.

DUPERRIN, J. C.; GODET, M. SMIC 74—A method for constructing and ranking scenarios. **Futures**, v. 7, n. 4, p. 302–312, 1975.

DYER, J. S. Remarks on the Analytic Hierarchy Process. **Management Science**, v. 36, n. 3, p. 249–258, 1 mar. 1990.

DYSON, R. G. Strategic development and SWOT analysis at the University of Warwick. **European Journal of Operational Research**, v. 152, n. 3, p. 631–640, 2004.

EDWARDS, W. How to Use Multiattribute Utility Measurement for Social Decisionmaking. **IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics**, v. 7, n. 5, p. 326–340, maio 1977.

ELI LILLY AND COMPANY. **Eli Lilly and Company**. Disponível em: <<http://www.lilly.com/>>. Acesso em: 1 out. 2015.

ELIAS, A. A.; CAVANA, R. Y.; JACKSON, L. S. Stakeholder analysis for R&D project management. **R&D Management**, v. 32, n. 4, p. 301–310, 2002.

ENDSLEY, M. R. Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. **Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society**, v. 37, n. 1, p. 32–64, 1995.

EPSTEIN, J. M.; AXTELL, R. **Growing artificial societies: social science from the bottom up.** Washington, DC, USA: The Brookings Institution, 1996.

ETZKOWITZ, H.; LEYDESDORFF, L. The Triple Helix–University-industry-government relations: A laboratory for knowledge based economic development. **Easst Review**, v. 14, n. 1, p. 14–19, 1995.

ETZKOWITZ, H.; LEYDESDORFF, L. The dynamics of innovation: from National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of university–industry–government relations. **Research Policy**, v. 29, n. 2, p. 109–123, fev. 2000.

FAHEY, L.; KING, W. R. Environmental scanning for corporate planning. **Business Horizons**, v. 20, n. 4, p. 61–71, 1977.

FAHEY, L.; KING, W. R.; NARAYANAN, V. K. Environmental scanning and forecasting in strategic planning—The state of the art. **Long Range Planning**, v. 14, n. 1, p. 32–39, 1981.

FERREIRA, D. E. et al. **Analyzing the collaborative aspects of the Future-oriented Technology Analysis.** Proceedings of the 2016 IEEE 20th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD). **Anais...IEEE**, 2016

FERTEL, C. et al. Canadian energy and climate policies: A SWOT analysis in search of federal/provincial coherence. **Energy Policy**, v. 63, p. 1139–1150, Dezembro 2013.

FIRAT, A. K.; WOON, W. L.; MADNICK, S. Technological Forecasting—A Review. **Composite Information Systems Laboratory (CISL), Massachusetts Institute of Technology**, 2008.

FISHER, J. C.; PRY, R. H. A simple substitution model of technological change. **Technological forecasting and social change**, v. 3, p. 75–88, 1972.

FIZ KARLSRUHE GMBH. **STN International: STN AnaVist.** Disponível em: <http://www.stn-international.de/stn_anavist.html>. Acesso em: 25 abr. 2016.

FLORIDA, R. The globalization of R&D: Results of a survey of foreign-affiliated R&D laboratories in the USA. **Research Policy**, v. 26, n. 1, p. 85–103, mar. 1997.

FLOYD, A. Trend forecasting: A methodology for figure of merit. **Technological forecasting for industry and government**, p. 95–109, 1968.

FORRESTER, J. W. System dynamics and the lessons of 35 years. In: **A systems-based approach to policymaking.** [s.l.] Springer, 1993. p. 199–240.

FORRESTER, J. W. Designing the future. **Work presented at Universidad de Sevilla**, v. 15, 1998.

FORRESTER, J. W. Some basic concepts in system dynamics. **Sloan School of Management. Massachusetts Institute of Technology. Cambridge, MA**, 2009.

FRANKS, D. **Social impact assessment of resource projects** International Mining for Development Centre, , 2012. . Acesso em: 28 jul. 2013

FUKS, H. et al. **Inter- and intra-relationships between communication coordination and cooperation in the scope of the 3C Collaboration Model.** 12th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design, 2008. CSCWD 2008. **Anais...** In: **12TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER SUPPORTED COOPERATIVE WORK IN DESIGN, 2008. CSCWD 2008.** 2008.

GALINA, S. V.; MOURA, P. G. Internationalization of R&D by Brazilian Multinational Companies. **International Business Research**, v. 6, n. 8, 25 jul. 2013.

GAMMELTOFT, P. Internationalisation of R&D: trends, drivers and managerial challenges. **International journal of technology and globalisation**, v. 2, n. 1–2, p. 177–199, 2006.

GAO, L. et al. Technology life cycle analysis method based on patent documents. **Technological Forecasting and Social Change**, Future-Oriented Technology Analysis. v. 80, n. 3, p. 398–407, mar. 2013.

GARCIA, M. L.; BRAY, O. H. **Fundamentals of technology roadmapping**. [s.l.] Citeseer, 1997.

GAUSEMEIER, J.; FINK, A.; SCHLAKE, O. Scenario Management: An Approach to Develop Future Potentials. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 59, n. 2, p. 111–130, 1998.

GEORGE, G.; HAAS, M. R.; PENTLAND, A. Big data and management. **Academy of Management Journal**, v. 57, n. 2, p. 321–326, 2014.

GEORGHIU, L. **The handbook of technology foresight: concepts and practice**. [s.l.] Edward Elgar Publishing, 2008.

GESCHKA, H. From experience: Creativity workshops in product innovation. **Journal of Product Innovation Management**, v. 3, n. 1, p. 48–56, mar. 1986.

GILDER, N. M. A social impact assessment approach using the reference group as the standard of impact analysis: The case of hana: Hawaiians and the proposed golf course. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 15, n. 2, p. 179–193, 1995.

GLAXOSMITHKLINE PLC. **GSK**. Disponível em: <<http://www.gsk.com/>>. Acesso em: 1 out. 2015.

GLENN, J. C. The futures wheel. In: **Futures Research Methodology**. 2. ed. [s.l.] American Council for The United Nations University, 1994.

GLENN, J. C. Participatory methods. In: **Futures Research Methodology**. [s.l.] American Council for The United Nations University, 2003.

GLENN, J. C.; GORDON, T. J. **2006 State of the future**. Washington, DC.: American Council for the United Nations University, 2006.

GOMPERTZ, B. On the Nature of the Function Expressive of the Law of Human Mortality, and on a New Mode of Determining the Value of Life Contingencies. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, v. 115, p. 513–583, 1825.

GOODWIN, P.; WRIGHT, G. The limits of forecasting methods in anticipating rare events. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 77, n. 3, p. 355–368, 2010.

GORDON, T. Trend Impact Analysis. In: GLENN, J. (Ed.). . **Futures Research Methodology, v2.0**. [s.l.] American Council for the UNU, 2003a.

GORDON, T. et al. Producing state of the future indexes using the international futures model. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 78, n. 1, p. 75–89, 2011.

GORDON, T. J. State of the Future Index (SOFI) Method. In: **Futures Research Methodology 2.0**. [s.l.] American Council for The United Nations University, 2003b.

GORDON, T. J. A simple agent model of an epidemic. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 70, n. 5, p. 397–417, 2003c.

GORDON, T. J.; HAYWARD, H. Initial experiments with the cross impact matrix method of forecasting. **Futures**, v. 1, n. 2, p. 100–116, 1968.

GREEN, K. C.; ARMSTRONG, J. S. Structured analogies for forecasting. **International Journal of Forecasting**, v. 23, n. 3, p. 365–376, jul. 2007.

GRIMALDI, M. et al. The patent portfolio value analysis: A new framework to leverage patent information for strategic technology planning. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 94, p. 286–302, maio 2015.

GRUPP, H.; LINSTONE, H. A. National Technology Foresight Activities Around the Globe: Resurrection and New Paradigms. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 60, n. 1, p. 85–94, 1999.

GÜLPINAR, N.; RUSTEM, B.; SETTERGREN, R. Simulation and optimization approaches to scenario tree generation. **Journal of Economic Dynamics and Control**, v. 28, n. 7, p. 1291–1315, 2004.

GUO, J. et al. Subject–action–object-based morphology analysis for determining the direction of technological change. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 105, p. 27–40, abr. 2016.

GUO, Y. et al. Tech mining to generate indicators of future national technological competitiveness: Nano-Enhanced Drug Delivery (NEDD) in the US and China. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 97, p. 168–180, ago. 2015.

GUPTA, U. G.; CLARKE, R. E. Theory and applications of the Delphi technique: A bibliography (1975–1994). **Technological Forecasting and Social Change**, v. 53, n. 2, p. 185–211, 1996.

GUSTAFSSON, J.; SALO, A.; GUSTAFSSON, T. PRIME Decisions: An Interactive Tool for Value Tree Analysis. In: KÖKSALAN, P. M.; ZIONTS, P. S. (Eds.). **Multiple Criteria Decision Making in the New Millennium**. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems. [s.l.] Springer Berlin Heidelberg, 2001. p. 165–176.

GUSTAFSSON, R.; KUUSI, O.; MEYER, M. Examining open-endedness of expectations in emerging technological fields: The case of cellulosic ethanol. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 91, p. 179–193, fev. 2015.

GUTWIN, C.; GREENBERG, S. The importance of awareness for team cognition in distributed collaboration. **Team cognition: Understanding the factors that drive process and performance**, v. 201, p. 1–33, 2004.

HAMALAINEN, R. P.; SALO, A. A.; POYSTI, K. **Observations about consensus seeking in a multiple criteria environment**. Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference on System Sciences, 1992. *Anais...* In: **PROCEEDINGS OF THE TWENTY-FIFTH HAWAII INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEM SCIENCES**, 1992. jan. 1992

HARTWICH, F.; JANSSEN, W. Setting research priorities: an example from agriculture using the Analytic Hierarchy Process. **Research Evaluation**, v. 9, n. 3, p. 201–210, 12 jan. 2000.

HELMER, O. Cross-impact gaming. **Futures**, v. 4, n. 2, p. 149–167, 1972.

HESLIN, P. A. Better than brainstorming? Potential contextual boundary conditions to brainwriting for idea generation in organizations. **Journal of Occupational and Organizational Psychology**, v. 82, n. 1, p. 129–145, 2009.

HOLLAND, J. H. Studying complex adaptive systems. **Journal of Systems Science and Complexity**, v. 19, n. 1, p. 1–8, 2006.

HONGYING, L. **Geothermal environmental impact assessment studies in Hebei Province, China**. [s.l.] United Nations University, 2000. . Acesso em: 3 mar. 2014.

HUENTELER, J. et al. Technology life-cycles in the energy sector — Technological characteristics and the role of deployment for innovation. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 104, p. 102–121, mar. 2016.

HUI, A.; KIGGUNDU, M. **Internationalization of research and development: Trends, patterns, and the evidence**. . In: BUSINESS INNOVATION AND TECHNOLOGY MANAGEMENT (APBITM), 2011 IEEE INTERNATIONAL SUMMER CONFERENCE OF ASIA PACIFIC. jul. 2011

HYNDMAN, R. J.; ATHANASOPOULOS, G. **Forecasting: principles and practice**. [s.l.] OTexts, 2014.

ILEVBARE, I. M.; PROBERT, D.; PHAAL, R. A review of TRIZ, and its benefits and challenges in practice. **Technovation**, v. 33, n. 2, p. 30–37, 2013.

ISO 14040. **Environmental Management: Life Cycle Assessment: Principles and Framework**. [s.l.] International Organization for Standardization, 2006. v. 14040

ISO 14044. **Environmental management-Life cycle assessment-Requirements and guidelines**. [s.l.] International Organization for Standardization, 2006. v. 14044

JI-WU, W. et al. **An Integrated Method for Commercialization Potential Evaluation of Emerging Technology Based on TFA**. . In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MANAGEMENT SCIENCE AND ENGINEERING, 2007. ICMSE 2007. 2007

JOHNSON, B. D. **Science Fiction Prototypes Or: How I Learned to Stop Worrying about the Future and Love Science Fiction**. Intelligent Environments. *Anais...*2009

JOHNSTON, R. Historical Review of the Development of Future-Oriented Technology Analysis. In: CAGNIN, C. et al. (Eds.). . **Future-Oriented Technology Analysis**. [s.l.] Springer Berlin Heidelberg, 2008. p. 17–23.

JOINT RESEARCH CENTRE-EUROPEAN COMMISSION. **Handbook on constructing composite indicators: Methodology and User guide**. [s.l.] OECD publishing, 2008.

JORO, T.; KORHONEN, P.; WALLENIUS, J. Structural Comparison of Data Envelopment Analysis and Multiple Objective Linear Programming. **Management Science**, v. 44, n. 7, p. 962–970, jul. 1998.

JULIEN, B.; FENVES, S. J.; SMALL, M. J. An environmental impact identification system. **Journal of Environmental Management**, v. 36, n. 3, p. 167–184, 1992.

KAIVO-OJA, J.; SANTONEN, T.; MYLLYLÄ, Y. **The Crowdsourcing Delphi: Combining the Delphi Methodology and Crowdsourcing Techniques**. ISPIM Conference Proceedings. *Anais...*The International Society for Professional Innovation Management (ISPIM), 2013Disponível em: <<http://search.proquest.com/openview/66c2dca56f8181dee18b6e3eed52fd17/1?pq-origsite=gscholar>>. Acesso em: 2 jun. 2016

KAMEOKA, A.; YOKOO, Y.; KUWAHARA, T. A challenge of integrating technology foresight and assessment in industrial strategy development and policymaking. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 71, n. 6, p. 579–598, 2004.

KANE, J. A primer for a new cross-impact language— KSIM. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 4, n. 2, p. 129–142, 1972.

KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. The Balanced Scorecard - Measures that Drive Performance. **Harvard Business Review**, p. 71–79, 1992.

KAYA, Y.; ISHIKAWA, M.; MORI, S. A revised cross-impact method and its applications to the forecast of urban transportation technology. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 14, n. 3, p. 243–257, 1979.

KEENEY, R. L. **Value-focused thinking: a path to creative decisionmaking**. Cambridge, Mass: Harvard University Press, 1992.

KEENEY, R. L. Developing a Foundation for Strategy at Seagate Software. **Interfaces**, v. 29, n. 6, p. 4–15, dez. 1999.

KEENEY, R. L.; MCDANIELS, T. L. Identifying and Structuring Values to Guide Integrated Resource Planning at BC Gas. **Operations Research**, v. 47, n. 5, p. 651–662, 1 out. 1999.

KELLER, P.; LEDERGERBER, U. Bimodal System Dynamic A Technology Assessment and Forecasting Approach. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 58, n. 1–2, p. 47–52, 1998.

KITZINGER, J.; BARBOUR, R. **Developing Focus Group Research: Politics, Theory and Practice**. [s.l.] SAGE, 1999.

KOIVISTO, R. et al. Integrating future-oriented technology analysis and risk assessment methodologies. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 76, n. 9, p. 1163–1176, 2009.

KONDRATIEV, N. D. The major economic cycles. **Voprosy Konjunktury**, v. 1, n. 1, p. 28–79, 1925.

KOROTAYEV, A.; ZINKINA, J.; BOGEVOLNOV, J. Kondratieff waves in global invention activity (1900–2008). **Technological Forecasting and Social Change**, Contains Special Section: Emerging Technologies in Emerging Markets. v. 78, n. 7, p. 1280–1284, 2011.

KOSTOFF, R. N.; PATEL, U. Literature-related discovery and innovation: Chronic kidney disease. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 91, p. 341–351, fev. 2015.

KWAKKEL, J. H. et al. Visualizing geo-spatial data in science, technology and innovation. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 81, p. 67–81, jan. 2014.

LABORATÓRIO DO FUTURO. **Laboratório do Futuro**. Disponível em: <<http://labfuturo.cos.ufrj.br/>>. Acesso em: 2 maio. 2017.

LAPIN, J. D. Using external environmental scanning and forecasting to improve strategic planning. **Journal of Applied Research in the Community College**, v. 11, n. 2, p. 105–113, 2004.

LECZ, R. C.; LANFORD, H. W. Trend extrapolation: workhorse of technological forecasting. **Industrial Marketing Management**, v. 3, n. 1, p. 57–65, 1973.

LEITGEB, U.-P. D.-I. D. N. How safe is safe enough? In: **Safety of Electromedical Devices**. [s.l.] Springer Vienna, 2010. p. 39–70.

LEONTIEF, W. W. **The Structure of American Economy, 1919-1929**. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1941.

LEVARY, R. R.; HAN, D. Choosing a technological forecasting method. **Industrial Management**, v. 37, n. 1, p. 14–18, 1995.

LEXISNEXIS GMBH. **New LexisNexis® PatentStrategiesSM Enables Patent-Driven Companies, M&A Teams to Make Better Strategic Monetization and Licensing Decisions**, 4 jun. 2015. Disponível em: <<http://www.lexisnexis.de/blog/produktinformationen/lexisnexis-patentstrategies>>. Acesso em: 21 abr. 2016

LI, X. et al. Integrating bibliometrics and roadmapping methods: A case of dye-sensitized solar cell technology-based industry in China. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 97, p. 205–222, ago. 2015.

LIBERATORE, M. J. An extension of the analytic hierarchy process for industrial R&D project selection and resource allocation. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. EM-34, n. 1, p. 12–18, fev. 1987.

LIMA, T.; BARBOSA, C. E.; SOUZA, J. M. DE. Knowledge Management and Agile Governance: the Brazilian Government Scenario. **International Journal of Management and Decision Making**, v. 16, n. 2, p. 131–150, 2017.

LIN, J. T. et al. Analysis of the supply and demand in the TFT–LCD market. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 73, n. 4, p. 422–435, maio 2006.

LINSTONE, H. A. et al. The multiple perspective concept: With applications to technology assessment and other decision areas. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 20, n. 4, p. 275–325, 1981.

LINSTONE, H. A. Multiple perspectives: Concept, applications, and user guidelines. **Systems practice**, v. 2, n. 3, p. 307–331, 1989.

LINSTONE, H. A.; TUROFF, M. **The Delphi Method: Techniques and Applications**. United States: [s.n.].

LITTLER, C. R.; INNES, P. The Paradox of Managerial Downsizing. **Organization Studies**, v. 25, n. 7, p. 1159–1184, 9 jan. 2004.

LIVINGSTON, D. Science fiction survey. **Futures**, v. 10, n. 6, p. 523–526, 1978.

LUNA, S. M. **Prospecção Tecnológica como Fator de Incremento do Poder Naval Brasileiro**. [s.l.] Escola de Guerra Naval, 2016.

MADEIRA, L. S.; BORSCHIVER, S.; PEREIRA JR., N. On the assignment of biopharmaceutical patents. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 80, n. 5, p. 932–943, jun. 2013.

MAHAJAN, V.; MULLER, E. Timing, diffusion, and substitution of successive generations of technological innovations: The IBM mainframe case. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 51, n. 2, p. 109–132, fev. 1996.

MAKRIDAKIS, S.; WINKLER, R. L. Averages of forecasts: Some empirical results. **Management Science**, v. 29, n. 9, p. 987–996, 1983.

MANN, D. L. Better technology forecasting using systematic innovation methods. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 70, n. 8, p. 779–795, 2003.

MANSFIELD, E. Technical change and the rate of imitation. **Econometrica: Journal of the Econometric Society**, p. 741–766, 1961.

MARCH, S. T.; SMITH, G. F. Design and Natural Science Research on Information Technology. **Decis. Support Syst.**, v. 15, n. 4, p. 251–266, dez. 1995.

MARCIAL, G. **Pfizer Partners With Young Little Known Biotech For Products With Huge Potential Value**. Disponível em: <<http://www.forbes.com/sites/genemarcial/2014/12/18/pfizer-partners-with-young-little-known-biotech-for-products-with-huge-potential-value/>>. Acesso em: 1 out. 2015.

MARINAKIS, Y. D. Forecasting technology diffusion with the Richards model. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 79, n. 1, p. 172–179, 2012.

MARKUS, M. L.; MENTZER, K. Foresight for a responsible future with ICT. **Information Systems Frontiers**, v. 16, n. 3, p. 353–368, 2014.

MARSHALL, R. Application of mitigation and its resolution within environmental impact assessment: an industrial perspective. **Impact Assessment and Project Appraisal**, v. 19, n. 3, p. 195–204, 2001.

MARTIN, B. R. The origins of the concept of ‘foresight’ in science and technology: An insider’s perspective. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 77, n. 9, p. 1438–1447, nov. 2010.

MARTIN, J. **Information Engineering: Planning and analysis**. [s.l.] Prentice Hall, 1989. v. 2

MARTINO, J. P. Using precursors as leading indicators of technological change. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 32, n. 4, p. 341–360, 1987.

MARTINO, J. P. **Technological forecasting for decision making**. 3. ed. [s.l.] McGraw-Hill, 1993.

MARTINO, J. P. A review of selected recent advances in technological forecasting. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 70, n. 8, p. 719–733, 2003.

MASSER, I.; FOLEY, P. Delphi Revisited: Expert Opinion in Urban Analysis. **Urban Studies**, v. 24, n. 3, p. 217–225, 1987.

MCCOY, A. P.; THABET, W.; BADINELLI, R. Understanding the role of developer/builders in the concurrent commercialization of product innovation. **European Journal of Innovation Management**, v. 12, n. 1, p. 102–128, 23 jan. 2009.

MCFARLAND, D.; GOMEZ, C. J. **Organizational Analysis**. [s.l.] Stanford University, 2012.

MEADE, N.; ISLAM, T. Modelling and forecasting the diffusion of innovation – A 25-year review. **International Journal of Forecasting**, v. 22, n. 3, p. 519–545, 2006.

MICHALAKELIS, C.; VAROUTAS, D.; SPHICOPoulos, T. Innovation diffusion with generation substitution effects. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 77, n. 4, p. 541–557, 2010.

MILES, I. The development of technology foresight: A review. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 77, n. 9, p. 1448–1456, nov. 2010.

MILES, I.; POPPER, R. **The Handbook of Technology Foresight: Concepts and Practice**. [s.l: s.n.].

MILLET, I.; HARKER, P. T. Globally effective questioning in the Analytic Hierarchy Process. **European Journal of Operational Research**, Desicion making by the analytic hierarchy process: Theory and applications. v. 48, n. 1, p. 88–97, 5 set. 1990.

MISHRA, S.; DESHMUKH, S. ; VRAT, P. Matching of technological forecasting technique to a technology. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 69, n. 1, p. 1–27, 2002.

MONCADA-PATERNO-CASTELLO, P.; VIVARELLI, M.; VOIGT, P. Drivers and impacts in the globalization of corporate R&D: an introduction based on the European experience. **Industrial and Corporate Change**, v. 20, n. 2, p. 585–603, 1 abr. 2011.

MORRIS, S. et al. diva: a visualization system for exploring document databases for technology forecasting. **Computers & Industrial Engineering**, v. 43, n. 4, p. 841–862, 2002.

MÜLLERT, N.; JUNGK, R. **Future Workshops: How to create desirable futures**. [s.l.] London, 1987.

MUSTAJOKI, J.; HAMALAINEN, R. P. Web-HIPRE: global decision support by value tree and AHP analysis. **INFOR Journal**, v. 38, n. 3, p. 208–220, 2000.

NAKAMURA, H. et al. Knowledge combination modeling: The measurement of knowledge similarity between different technological domains. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 94, p. 187–201, maio 2015.

NUTT, A. et al. Data sources for trend extrapolation in technological forecasting. **Long Range Planning**, v. 9, n. 1, p. 72–76, 1976.

OBJECT MANAGEMENT GROUP. **Business Process Model and Notation 2.0.2**, 2013.

OGAWA, T.; KAJIKAWA, Y. Assessing the industrial opportunity of academic research with patent relatedness: A case study on polymer electrolyte fuel cells. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 90, Part B, p. 469–475, jan. 2015.

OLIVEIRA, M. F.; BARBOSA, C. E.; SOUZA, J. M. DE. **Producing and Analyzing Potential Future Scenarios: a Case Study with Medical Supplies.** . In: 2017 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS (SMC). Banff, Canada: 2017

OSBORN, A. F. *Applied imagination*, 1957. **Scribner, New York**, 1957.

O'SHAUGHNESSY, J. **Inquiry and Decision (Routledge Revivals)**. [s.l.] Routledge, 2014.

OZCAN, S.; ISLAM, N. Collaborative networks and technology clusters — The case of nanowire. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 82, p. 115–131, fev. 2014.

PALM, E.; HANSSON, S. O. The case for ethical technology assessment (eTA). **Technological Forecasting and Social Change**, v. 73, n. 5, p. 543–558, 2006.

PAULUS, P. B.; YANG, H.-C. Idea generation in groups: A basis for creativity in organizations. **Organizational behavior and human decision processes**, v. 82, n. 1, p. 76–87, 2000.

PEFFERS, K. et al. Design Science Research Evaluation. In: PEFFERS, K.; ROTHENBERGER, M.; KUECHLER, B. (Eds.). **Design Science Research in Information Systems. Advances in Theory and Practice: 7th International Conference, DESRIST 2012, Las Vegas, NV, USA, May 14-15, 2012. Proceedings**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2012. p. 398–410.

PETERS, T. J.; WATERMAN, R. H. *In search of excellence*. 1982.

PETRA, C. The specific methods use for identifying environmental effects and impacts. **Scientific Bulletin of the Petru Maior University of Tîrgu Mureş**, v. 6, 2009.

PETROV, V. **The Laws of System Evolution**. Disponível em: <<http://www.triz-journal.com/laws-system-evolution/>>. Acesso em: 21 jan. 2016.

PFIZER INC. **Biocon and Pfizer Enter Into Global Commercialization Agreement**. Disponível em: <<http://press.pfizer.com/press-release/biocon-and-pfizer-enter-global-commercialization-agreement>>. Acesso em: 1 out. 2015.

PFIZER INC. **Biocon And Pfizer Conclude Commercialization Agreement**. Disponível em: <<http://press.pfizer.com/press-release/biocon-and-pfizer-conclude-commercialization-agreement>>. Acesso em: 1 out. 2015.

PFIZER INC. **Pfizer: One of the world's premiere biopharmaceutical companies**. Disponível em: <<http://www.pfizer.com/>>. Acesso em: 1 out. 2015a.

PFIZER INC. **Research and Development Ecosystem**. Disponível em: <http://www.pfizer.com/research/rd_partnering/rd_ecosystem>. Acesso em: 30 set. 2015b.

PFIZER INC. **Pfizer's Green Journey**. Disponível em: <http://www.pfizer.com/responsibility/protecting_environment/green_journey>. Acesso em: 22 jun. 2016.

PHAAL, R.; FARRUKH, C. J. P.; PROBERT, D. R. Technology roadmapping—A planning framework for evolution and revolution. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 71, n. 1–2, p. 5–26, 2004.

PIMENTEL, J. et al. **Towards anticipating requirements changes through studies of the future**. Research Challenges in Information Science (RCIS), 2011 Fifth International Conference on. **Anais...IEEE**, 2011Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=6006858>. Acesso em: 6 mar. 2014

PLSEK, P. Redesigning health care with insights from the science of complex adaptive systems. **Crossing the quality chasm: A new health system for the 21st century**, p. 309–322, 2001.

- POPPER, R. How are foresight methods selected? **foresight**, v. 10, n. 6, p. 62–89, 2008.
- PORTER, A. L. Tech forecasting an empirical perspective. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 62, n. 1–2, p. 19–28, ago. 1999.
- PORTER, A. L. et al. Technology futures analysis: Toward integration of the field and new methods. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 71, n. 3, p. 287–303, mar. 2004.
- PORTER, A. L. QTIP: Quick technology intelligence processes. **Technological Forecasting and Social Change**, New Horizons and Challenges for Future-Oriented Technology Analysis: The 2004 EU-US SeminarNew Horizons and Challenges for Future-Oriented Technology Analysis: The 2004 EU-US Seminar. v. 72, n. 9, p. 1070–1081, nov. 2005.
- PORTER, A. L. et al. **Forecasting and management of technology**. [s.l.] Wiley. com, 2011.
- PORTER, A. L.; CUNNINGHAM, S. W. **Tech mining: exploiting new technologies for competitive advantage**. [s.l.] Wiley, 2005.
- PORTER, A. L.; ZHANG, Y. Text Mining of Science & Technology Information Resources for Future-oriented Technology Analyses. **Text Mining**, 2009.
- PORTER, M. E. How competitive forces shape strategy. **Harvard Business Review**, v. 57, n. 2 (March-April), p. 137–145, 1979.
- PREST, A. R.; TURVEY, R. Cost-Benefit Analysis: A Survey. **The Economic Journal**, v. 75, n. 300, p. 683–735, 1965.
- RAFOLS, I. et al. Big Pharma, little science?: A bibliometric perspective on Big Pharma's R&D decline. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 81, p. 22–38, jan. 2014.
- RAI, L. Appropriate models for technology substitution. **Journal of Scientific and Industrial Research**, v. 58, p. 14–18, 1999.
- RAMANATHAN, R. Comparative Risk Assessment of energy supply technologies: a Data Envelopment Analysis approach. **Energy**, v. 26, n. 2, p. 197–203, fev. 2001.
- RAO, A. K.; BABU, A. S. **Industrial Dynamics to Systems Thinking**. 18th International System Dynamics Conference proceedings. **Anais...** In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE SYSTEM DYNAMICS SOCIETY. 2000. Acesso em: 19 out. 2015
- RATCLIFFE, J. Scenario planning: strategic interviews and conversations. **foresight**, v. 4, n. 1, p. 19–30, 2002.
- RAZMI, J.; RAHNEJAT, H.; KHAN, M. K. The new concept of manufacturing “DNA” within an analytic hierarchy process-driven expert system. **European Journal of Innovation Management**, v. 3, n. 4, p. 199–211, 2000.
- REED ELSEVIER PROPERTIES. **Alibaba: The Story of One of China's Greatest Innovators**, 2015.
- REED TECHNOLOGY AND INFORMATION SERVICES INC. **LexisNexis PatentStrategies Brochure**, 2015. Disponível em: <http://internationalsales.lexisnexis.com/pdf/PatentStrategies_brochure.pdf>
- REED TECHNOLOGY AND INFORMATION SERVICES INC. **LexisNexis**. Disponível em: <<https://app.lexisnexispatentstrategies.com/>>. Acesso em: 25 abr. 2016.
- REFORMKOMPASS. **Options Analysis: Reformkompass**. Disponível em: <<http://www.reformkompass.de/en/tools/options-analysis/>>. Acesso em: 3 ago. 2013.
- RHYNE, R. Field anomaly relaxation: the arts of usage. **Futures**, v. 27, n. 6, p. 657–674, 1995.

RITCHEY, T. **Fritz Zwicky, Morphologie and Policy Analysis**. . In: 16TH EURO CONFERENCE ON OPERATIONAL ANALYSIS. 1998

RITCHEY, T. Problem structuring using computer-aided morphological analysis. **Journal of the Operational Research Society**, v. 57, n. 7, p. 792–801, 2006.

RITCHEY, T. General Morphological Analysis (GMA). In: RITCHEY, T. (Ed.). . **Wicked Problems – Social Messes**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2011. p. 7–18.

ROBINSON, J. B. Futures under glass: A recipe for people who hate to predict. **Futures**, v. 22, n. 8, p. 820–842, 1990.

RODGERS, J. L.; NICEWANDER, W. A. Thirteen Ways to Look at the Correlation Coefficient. **The American Statistician**, v. 42, n. 1, p. 59–66, 1 fev. 1988.

ROMANOFF, E. The economic base model: A very special case of input-output analysis. **Journal of Regional Science**, v. 14, n. 1, p. 121–129, 1974.

RUTTAN, V. W. **Is war necessary for economic growth? Military procurement and technology development**. [s.l.] Oxford University Press, USA, 2006.

SAATY, R. W. The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. **Mathematical Modelling**, v. 9, n. 3–5, p. 161–176, 1987.

SAATY, T. L. How to make a decision: The analytic hierarchy process. **European Journal of Operational Research**, v. 48, n. 1, p. 9–26, 1990.

SACKMAN, H. **Delphi assessment: Expert opinion, forecasting, and group process**. [s.l.] DTIC Document, 1974. Disponível em: <<http://oai.dtic.mil/oai/oai?verb=getRecord&metadataPrefix=html&identifier=AD0786878>>. Acesso em: 2 jun. 2016.

SALO, A. A.; HAMALAINEN, R. P. Preference ratios in multiattribute evaluation (PRIME)-elicitation and decision procedures under incomplete information. **IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans**, v. 31, n. 6, p. 533–545, nov. 2001.

SALO, A.; GUSTAFSSON, T.; RAMANATHAN, R. Multicriteria methods for technology foresight. **Journal of Forecasting**, v. 22, n. 2–3, p. 235–255, 2003.

SAS INSTITUTE INC. **SAS Forecast Server Fact Sheet**, 2015. Disponível em: <http://www.sas.com/content/dam/SAS/en_us/doc/factsheet/sas-forecast-server-102236.pdf>

SCHOEMAKER, P. J. Scenario planning: a tool for strategic thinking. **Sloan management review**, v. 36, p. 25–25, 1995.

SCHWEITZER, M. The basic-questions approach to social impact assessment. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 2, n. 3, p. 294–299, 1981.

SEAMANS JR., R. C. Action and reaction. **Technological Forecasting**, v. 1, n. 1, p. 17–32, 1969.

SEARCH TECHNOLOGY, INC. **Home - The VantagePoint**. Disponível em: <<https://www.thevantagepoint.com/>>. Acesso em: 18 abr. 2016.

SHARIF, M. N.; KABIR, C. A generalized model for forecasting technological substitution. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 8, n. 4, p. 353–364, 1976.

SHIM, J. P. et al. Past, present, and future of decision support technology. **Decision Support Systems**, Decision Support System: Directions for the Next Decade. v. 33, n. 2, p. 111–126, 1 jun. 2002.

SHIN, T. Using Delphi for a Long-Range Technology Forecasting, and Assessing Directions of Future R&D Activities The Korean Exercise. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 58, n. 1–2, p. 125–154, 1998.

SIVARAMA PRASAD, A. V.; SOMASEKHARA, N. The analytic hierarchy process for choice of technologies: An application. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 38, n. 2, p. 151–158, set. 1990.

SLOCUM, M. S.; LUNDBERG, C. O. Technology Forecasting: From Emotional to Empirical. **Creativity and Innovation Management**, v. 10, n. 2, p. 139–152, 2001.

SLOCUM, N. **Participatory Methods Toolkit: A practitioner's manual**. [s.l: s.n.].

SMITH, C. G. Understanding technological substitution: Generic types, substitution dynamics, and influence strategies. **Journal of Engineering and Technology Management**, v. 9, n. 3–4, p. 279–302, 1992.

SOCIETY FOR RISK ANALYSIS. **About the Society for Risk Analysis**. Disponível em: <<http://sra.org/about-society-risk-analysis>>. Acesso em: 14 jul. 2015.

SUROWIECKI, J. **The wisdom of crowds**. [s.l.] Anchor, 2005.

SWAGER, W. L. Technological forecasting in planning: A method of using relevance trees. **Business Horizons**, v. 16, n. 1, p. 37–44, 1973.

SWANSON, E. B. **Distributed decision support systems: a perspective**. Twenty-Third Annual Hawaii International Conference on System Sciences. **Anais...** In: TWENTY-THIRD ANNUAL HAWAII INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEM SCIENCES. jan. 1990

TAGUE, N. R. **The quality toolbox**. [s.l.] ASQ Quality Press Milwaukee, WI, 2005. v. 600

THOMAS, P. S. Environmental scanning— the state of the art. **Long Range Planning**, v. 13, n. 1, p. 20–28, 1980.

THOMSON REUTERS CORPORATION. **Thomson Innovation: The World's Most Comprehensive IP Research and Analysis Platform**, 2010. Disponível em: <http://www.wipo.int/export/sites/www/aspi/en/doc/thomson_innovation_summary.pdf>

THOMSON REUTERS CORPORATION. **Thomson Innovation**. Disponível em: <<http://thomsonreuters.com/en/products-services/intellectual-property/patent-research-and-analysis/thomson-innovation.html>>. Acesso em: 18 abr. 2016a.

THOMSON REUTERS CORPORATION. **Collaborate**. Disponível em: <<http://info.thomsoninnovation.com/en/features/collaborate>>. Acesso em: 18 abr. 2016b.

TSENG, F.-M.; CHENG, A.-C.; PENG, Y.-N. Assessing market penetration combining scenario analysis, Delphi, and the technological substitution model: The case of the OLED TV market. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 76, n. 7, p. 897–909, 2009.

TUROFF, M. An alternative approach to cross impact analysis. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 3, p. 309–339, 1971.

TYLER, M.; WILKINSON, A. The tyranny of corporate slenderness: 'corporate anorexia' as a metaphor for our age. **Work, Employment & Society**, v. 21, n. 3, p. 537–549, 9 jan. 2007.

U. S. ENVIRONMENTAL FUTURES COMMITTEE. **Beyond the horizon: using foresight to protect the environmental future**. [s.l.] Science Advisory Board, 1995.

VAIDYA, O. S.; KUMAR, S. Analytic hierarchy process: An overview of applications. **European Journal of Operational Research**, v. 169, n. 1, p. 1–29, 2006.

VAN DEN ENDE, J. et al. Traditional and Modern Technology Assessment: Toward a Toolkit. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 58, n. 1–2, p. 5–21, 1998.

VANCLAY, F. International Principles For Social Impact Assessment. **Impact Assessment and Project Appraisal**, v. 21, n. 1, p. 5–12, 2003.

VANGUNDY, A. B. Brain writing for new product ideas: An alternative to brainstorming. **Journal of Consumer Marketing**, v. 1, n. 2, p. 67–74, 1984.

VARVASSOVSKY, Z.; BRUGHA, R. A stakeholder analysis. **Health Policy and Planning**, v. 15, n. 3, p. 338–345, 9 jan. 2000.

VERNE, J. **Vingt mille lieues sous les mers**. [s.l.] Hayrapetyan Brothers, 1871. v. 1

VEUGELERS, M.; BURY, J.; VIAENE, S. Linking technology intelligence to open innovation. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 77, n. 2, p. 335–343, fev. 2010.

VIDAL, R. V. V. The Future Workshop: Democratic problem solving. **Economic Analysis Working Papers (2002-2010). Atlantic Review of Economics (2011-2013)**, v. 5, p. 1–25, 2006.

WANG, X. et al. Identification of technology development trends based on subject–action–object analysis: The case of dye-sensitized solar cells. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 98, p. 24–46, set. 2015.

WATTS, R. J.; PORTER, A. L. Innovation forecasting. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 56, n. 1, p. 25–47, 1997.

WATTS, R. J.; PORTER, A. L. R&D cluster quality measures and technology maturity. **Technological Forecasting and Social Change**, TF Highlights from ISF 2002. v. 70, n. 8, p. 735–758, out. 2003.

WEIBEL, S. et al. **Dublin core metadata for resource discovery**. [s.l.: s.n.].

WILL, N. Data-mining: Improvement of university library services. **Technological Forecasting and Social Change**, Tech Mining: Exploiting Science and Technology Information ResourcesTech Mining: Exploiting Science and Technology Information Resources. v. 73, n. 8, p. 1045–1050, out. 2006.

WOLF, C. P. Social Impact Assessment: Methodological Overview. In: **Environmental Impact Assessment**. NATO ASI Series. [s.l.] Springer, Dordrecht, 1983. p. 253–279.

WU, D. D.; OLSON, D. L. Introduction to special section on “Risk and Technology”. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 77, n. 6, p. 837–839, 2010.

WU, F.-S. et al. A systematic approach for integrated trend analysis—The case of etching. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 78, n. 3, p. 386–407, mar. 2011.

YOON, B.; PARK, Y. A systematic approach for identifying technology opportunities: Keyword-based morphology analysis. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 72, n. 2, p. 145–160, fev. 2005.

ZACKIEWICZ, M.; JANNUZZI, G.; MACEDO, I. **Technology futures analysis as a decision problem: the case of Brazilian Energy Technology Foresight**. EU-US Seminar: New Technology Foresight, Forecasting & Assessment Methods. **Anais...**Seville: 2004

ZHANG, Y. et al. “Term clumping” for technical intelligence: A case study on dye-sensitized solar cells. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 85, p. 26–39, jun. 2014.

ZHANG, Y. et al. Topic analysis and forecasting for science, technology and innovation: Methodology with a case study focusing on big data research. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 105, p. 179–191, abr. 2016.

ZHU, D.; PORTER, A. L. Automated extraction and visualization of information for technological intelligence and forecasting. **Technological Forecasting and Social Change**, TF Highlights from ISF 2001. v. 69, n. 5, p. 495–506, jun. 2002.

ZOFÍO, J. L.; PRIETO, A. M. Environmental efficiency and regulatory standards: the case of CO₂ emissions from OECD industries. **Resource and Energy Economics**, v. 23, n. 1, p. 63–83, jan. 2001.

ZWICKY, F. The morphological approach to discovery, invention, research and construction. In: **New methods of thought and procedure**. [s.l.] Springer, 1967. p. 273–297.