



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

sid.inpe.br/mtc-m21c/2018/04.09.13.12-TDI

**METODOLOGIA STH/SD: COMBINANDO A TEORIA
STAKEHOLDER (STH) E A METODOLOGIA SYSTEM
DYNAMICS (SD) EM UM FRAMEWORK DE
MODELAGEM, APLICADO À ANÁLISE E SIMULAÇÃO
DE SISTEMAS ORGANIZACIONAIS COMPLEXOS E
DINÂMICOS**

Sergio Luís de Andrade Silva

Tese de Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia Espaciais/Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais, orientada pelo Dr. Fabiano Luis de Sousa, aprovada em 03 de maio de 2018.

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34R/3QSBQ62>>

INPE
São José dos Campos
2018

PUBLICADO POR:

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Gabinete do Diretor (GBDIR)

Serviço de Informação e Documentação (SESID)

Caixa Postal 515 - CEP 12.245-970

São José dos Campos - SP - Brasil

Tel.:(012) 3208-6923/6921

E-mail: pubtc@inpe.br

**COMISSÃO DO CONSELHO DE EDITORAÇÃO E PRESERVAÇÃO
DA PRODUÇÃO INTELECTUAL DO INPE (DE/DIR-544):****Presidente:**

Maria do Carmo de Andrade Nono - Conselho de Pós-Graduação (CPG)

Membros:

Dr. Plínio Carlos Alvalá - Centro de Ciência do Sistema Terrestre (COCST)

Dr. André de Castro Milone - Coordenação-Geral de Ciências Espaciais e Atmosféricas (CGCEA)

Dra. Carina de Barros Melo - Coordenação de Laboratórios Associados (COCTE)

Dr. Evandro Marconi Rocco - Coordenação-Geral de Engenharia e Tecnologia Espacial (CGETE)

Dr. Hermann Johann Heinrich Kux - Coordenação-Geral de Observação da Terra (CGOBT)

Dr. Marley Cavalcante de Lima Moscati - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CGCPT)

Silvia Castro Marcelino - Serviço de Informação e Documentação (SESID)

BIBLIOTECA DIGITAL:

Dr. Gerald Jean Francis Banon

Clayton Martins Pereira - Serviço de Informação e Documentação (SESID)

REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:

Simone Angélica Del Duca Barbedo - Serviço de Informação e Documentação (SESID)

Yolanda Ribeiro da Silva Souza - Serviço de Informação e Documentação (SESID)

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:

Marcelo de Castro Pazos - Serviço de Informação e Documentação (SESID)

André Luis Dias Fernandes - Serviço de Informação e Documentação (SESID)



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

sid.inpe.br/mtc-m21c/2018/04.09.13.12-TDI

**METODOLOGIA STH/SD: COMBINANDO A TEORIA
STAKEHOLDER (STH) E A METODOLOGIA SYSTEM
DYNAMICS (SD) EM UM FRAMEWORK DE
MODELAGEM, APLICADO À ANÁLISE E SIMULAÇÃO
DE SISTEMAS ORGANIZACIONAIS COMPLEXOS E
DINÂMICOS**

Sergio Luís de Andrade Silva

Tese de Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia Espaciais/Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais, orientada pelo Dr. Fabiano Luis de Sousa, aprovada em 03 de maio de 2018.

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34R/3QSBQ62>>

INPE
São José dos Campos
2018

Silva, Sergio Luís de Andrade.

Si38m Metodologia STH/SD: Combinando a Teoria Stakeholder (STH) e a Metodologia System Dynamics (SD) em um framework de modelagem, aplicado à análise e simulação de sistemas organizacionais complexos e dinâmicos / Sergio Luís de Andrade Silva. – São José dos Campos : INPE, 2018.

xxxii + 427 p. ; (sid.inpe.br/mtc-m21c/2018/04.09.13.12-TDI)

Tese (Doutorado em Engenharia e Tecnologia Espaciais/Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2018.

Orientador : Dr. Fabiano Luis de Sousa.

1. Stakeholder. 2. Teoria Stakeholder. 3. Modelagem dinâmica de sistemas. 4. Metodologia de modelagem. 5. Tomada de decisão. I.Título.

CDU 658.56:629.7



Esta obra foi licenciada sob uma Licença [Creative Commons Atribuição-NãoComercial 3.0 Não Adaptada](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/).

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0 Unported License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/).

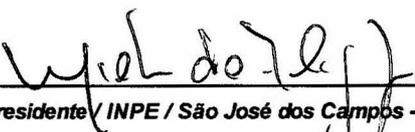
Aluno (a): **Sergio Luis de Andrade Silva**

Título: "METODOLOGIA STH/SD: COMBINANDO A TEORIA STAKEHOLDER (STH) E A METODOLOGIA SYSTEM DYNAMICS (SD) EM UM FRAMEWORK DE MODELAGEM, APLICADO À ANÁLISE E SIMULAÇÃO DE SISTEMAS ORGANIZACIONAIS COMPLEXOS E DINÂMICOS".

Aprovado (a) pela Banca Examinadora em cumprimento ao requisito exigido para obtenção do Título de **Doutor(a)** em

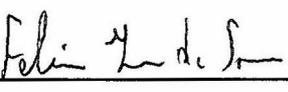
Engenharia e Tecnologia Espaciais/Eng. Gerenc. de Sistemas Espaciais

Dr. Milton de Freitas Chagas Junior



Presidente / INPE / São José dos Campos - SP
() Participação por Video - Conferência

Dr. Fabiano Luis de Sousa



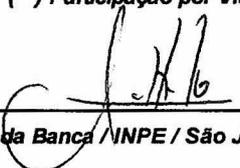
Orientador(a) / INPE / SJC Campos - SP
() Participação por Video - Conferência

Dr. Geilson Loureiro



Membro da Banca / INPE / São José dos Campos - SP
() Participação por Video - Conferência

Dra. Maria de Fátima Mattiello-Francisco



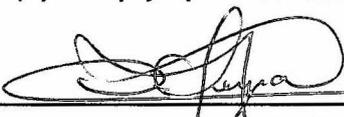
Membro da Banca / INPE / São José dos Campos - SP
() Participação por Video - Conferência

Dr. Petrônio Noronha de Souza



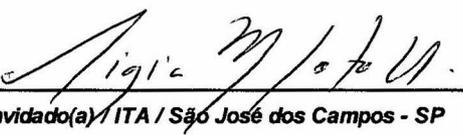
Membro da Banca / AEB / Brasília - DF
() Participação por Video - Conferência

Dra. Mischel Carmen Neyra Belderrain



Convidado(a) / ITA / São José dos Campos - SP
() Participação por Video - Conferência

Dra. Ligia Maria Soto Urbina



Convidado(a) / ITA / São José dos Campos - SP
() Participação por Video - Conferência

Este trabalho foi aprovado por:

() maioria simples

unanimidade

“A mente é um fogo a ser aceso, não um vaso a ser preenchido”.

Plutarco

“O que sabemos é uma gota; o que ignoramos é um o oceano”.

Isaac Newton

“Comece fazendo o que é necessário, depois o que é possível, e de repente você estará fazendo o impossível”.

São Francisco de Assis

Senhor dê-me força para mudar o que pode ser mudado, resignação para aceitar o que não pode ser mudado e sabedoria para distinguir entre uma coisa e outra.

São Francisco de Assis

As atuais teorias de gestão não estão equipadas para lidar com "a quantidade e com os tipos de **mudanças** que estão ocorrendo no ambiente dos negócios". Dentre as mudanças estão; o aumento das fusões e aquisições empresariais, o ativismo, a concorrência estrangeira, as novas relações laborais, o mercado fornecedor de nível mundial, as reformas governamentais, as agências supranacionais, a capacidade de articulação dos consumidores, o aumentando das preocupações ambientais e as mudanças tecnológicas.

FREEMAN 1984, Livro: *Strategic Management: A Stakeholder Approach*

A revolução das novas experiências, que a sociedade tem vivenciando, no campo da engenharia, da química, da mecânica, da comunicação, devido aos avanços tecnológicos do pós-guerra, vem exigindo que a humanidade desenvolva **novas formas de se relacionar**, com as máquinas, com as finanças, com a economia, com a sociedade e com a política. Fazendo surgir uma série de novos problemas, complexos e interconectados.

BERTALANFFY 1968, Livro: *Teoria Geral dos Sistemas*.

A Deus

Fonte de todo o bem e de toda força.

Aos meus pais

Jose e Elza

Que são um exemplo de como enfrentar com retidão, esperança, entusiasmo, fé e sabedoria todos os obstáculos que a vida proporciona.

À minha esposa

Rosana

Amiga e companheira, sempre presente e atuante. Cúmplice fiel e amorosa em todos os nossos projetos.

Às minhas filhas

Bruna e Carolina

Que são a inspiração para todas as batalhas.

A todos os meus mestres professores.

A esses homens e mulheres, extraordinários, das escolas públicas e privadas que frequentei, desde os primórdios de minha educação básica até a educação superior. Por terem despertado e aguçado em mim o desejo pelo saber e terem lapidado junto comigo o “conhecimento”.

AGRADECIMENTOS

O trabalho de doutorado é um trabalho individual que exige muito esforço e dedicação. Em alguns momentos é semelhante ao trabalho de um arquiteto que imagina e constrói “pontes” ou que planeja e materializa projetos. Todavia, é impossível fazê-lo sozinho. Neste espaço registro “alguns” dos agentes, que ao longo do “tempo”, foram contribuindo para adicionar os tijolos, materiais e imateriais, deste trabalho.

A Deus pelo dom da vida, pela saúde, pela inteligência e pela disposição.

A minha família; pais, esposa e filhas, por entenderem minhas ausências, pelo incentivo, paciência, compreensão e cumplicidade em todos os momentos e durante esses anos de trabalho acadêmico.

Ao INPE pela oportunidade. Por ser um campo fértil para a aplicação e o aprendizado de C&T&I no Brasil. Aos homens e mulheres dessa notável instituição que preservam e continuam construindo, com luta muito árdua, o patrimônio tecnológico e científico espacial brasileiro e por disponibilizá-los, por meio de produtos, serviços e de sua pós-graduação, à sociedade brasileira e internacional.

Aos professores do INPE e do ITA que são uma verdadeira dádiva. Por sua natureza investigativa, pelos conhecimentos compartilhados e por serem um exemplo de perseverança na busca e aplicação desses conhecimentos.

Ao meu orientar prof. Dr. Fabiano Luís de Sousa, por ter acreditado em mim e ter se disposto a trilhar junto comigo este caminho acadêmico. Por sua paciência e incentivo, durante estes anos de orientação. Por seu contagiante desejo de trabalhar, contribuir, edificar e progredir. Pelas reuniões e pelos pontos de vista convergentes e divergentes que suscitaram inúmeros debates, sobre os quais edificamos esta tese.

Aos funcionários da Biblioteca do INPE e do ITA, pela disponibilidade e ajuda nas consultas e revisões bibliográficas.

Aos membros da Banca Examinadora pela atenção dispensada ao lerem esta monografia, pelos comentários e sugestões e pela forma com que acolheram, criticaram e contribuíram para melhorar este trabalho.

Ao meu atual colega de sala no INPE, Dr. Arcélio Costa Louro e ao meu colega de projeto Dr. Sebastião Varotto, por seu companheirismo e incentivo.

Aos atuais colegas de trabalho da DSE/ETE (Divisão de Sistemas Espaciais da Engenharia do INPE), por apoiarem este trabalho.

Aos ex-colegas do INPE: a Cristian Duenas, pela chefia austera e competente (nos idos dos anos 1979 e 1980, quando trabalhei como Estagiário Técnico no Laboratório de Combustão e Propulsão do INPE), por ter me apresentado o mundo da eletrônica espacial e principalmente por ter sido um exemplo de como trabalhar com diligência, competência, seriedade e qualidade; ao Dr. Massa e Dr. Demétrio que me acolheram no Departamento de Manufatura no INPE (quando iniciei minha carreira como Engenheiro), por terem me apresentado os projetos da MECB e terem me incentivado a trabalhar com desenvolvimento tecnológico com inovação e pesquisa. À Edenilse Orlandi, pelo acolhimento e ensinamentos (nos idos de 1990, quando trabalhei na Divisão de Segmento Solo, DSS/INPE), por ter me encorajado a progredir na carreira de C&T. A Mário Quintino, por ter-me acolhido na DSE/ETE e pelos ensinamentos sobre sistemas, estratégia e gestão, nos trabalhos com o satélite Amazonia-1. À Terezinha Ribeiro Carvalho, a Marcus Vinícius Cisotto e a Wilson Yamaguti, ex-colegas de sala, pelos inúmeros debates sobre o INPE e sobre o que seria possível fazer para melhorá-lo; à Silvana Rabay, pelos conhecimentos compartilhados sobre Garantia da Qualidade, Controle de Configuração, PLM e Processos Licitatórios. Aos ex-colegas da DSS/ETE por seu protagonismo ao projetar e implementar boa parte do sistema de solo que, atualmente, dá sustentação às missões satelitais do PEB e por terem se tornado uma referência de equipe de trabalho.

Aos ex-colegas da Ericsson do Brasil, pelos conhecimentos compartilhados sobre grandes projetos (no planejamento e implantação das redes de telefonia móvel celular no Brasil e no exterior). Por terem me apresentado (nos idos dos anos 2001) o mundo dos “negócios corporativos”, com seus peculiares requisitos de tempo, custo e qualidade, e por terem se tornado uma referência de equipe de trabalho.

Às instituições de Ensino que frequentei; EEPG Dr. Evangelista Rodrigues, EEPG Comendador Oliveira Gomes, EESG Severino Moreira Barbosa e Colégio Técnico Delta, na cidade de Cachoeira Paulista/SP. Ao Instituto Nacional de Telecomunicações (INATEL), em Santa Rita do Sapucaí/MG. Ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) e a pós-graduação do INPE, em São J. dos Campos/SP. À Fundação Getúlio Vargas (FGV/SP e RJ). Por seu protagonismo em todas as fases de minha educação, por sua atuação como celeiro, incubadoras e catalizadoras na construção do conhecimento.

A todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

A todos, sinceramente, muito obrigado.

RESUMO

Este trabalho de tese de doutorado apresenta uma nova metodologia de modelagem e simulação de sistemas complexos e dinâmicos, que pode ser utilizada para auxiliar no processo de gestão de recursos e tomada de decisão. A nova metodologia foi nominada como “Metodologia STH/SD” e utiliza a Teoria *Stakeholder* (T. STH) e a Metodologia *System Dynamics* (M. SD) como elementos seminais para construção de sua estrutura básica. A Metodologia STH/SD é apresentada por meio de *Workflows* e *Frameworks*, que combinam a T. STH e a M. SD para produzir modelos enxutos que capturam, do sistema em análise, seus STHs mais relevantes, sua rede de interações e a dinâmica de seu funcionamento. A Metodologia STH/SD permite explicitar as principais atividades de cada STH, envolvido no sistema, e sugere que tais atividades sejam organizadas e traduzidas em elementos da modelagem dinâmica e sejam representadas por uma rede de STHs, com uma arquitetura típica da M. SD (os diagramas de fluxos e estoques). Por meio da simulação dos modelos pode-se conhecer a dinâmica do comportamento dos STHs e conseqüentemente do sistema, pode-se estudar potenciais cenários de atuação para o sistema e sua sensibilidade às potenciais mudanças/distúrbios em seus elementos. Para explicar a utilidade da metodologia, ela foi aplicada a um estudo de caso onde a estrutura de STHs do PEB (Programa Espacial Brasileiro) foi modelada e possíveis cenários futuros para o programa foram simulados.

Palavras-chave: *Stakeholder*. Teoria *Stakeholder*. Modelagem Dinâmica de Sistemas. Metodologia de Modelagem. Tomada de Decisão.

STH/SD METHODOLOGY:

COMBINING THE STAKEHOLDER (STH) THEORY AND SYSTEM DYNAMICS (SD) METHODOLOGY IN A MODELING FRAMEWORK, APPLIED TO THE ANALYSIS AND SIMULATION OF COMPLEX AND DYNAMIC ORGANIZATIONAL SYSTEMS.

ABSTRACT

This thesis presents a new methodology for modeling and simulation of complex and dynamic systems that can be used as an aid in the process of resource management and decision making. The new methodology was named STH/SD Methodology and uses the Stakeholders Theory (STH T.) and the System Dynamics Methodology (SD M.) as seminal elements for the construction of its basic structure. The STH/SD Methodology is presented through Workflows and Frameworks, which combine the STH T. and SD M. to produce lean models that capture, from the system under analysis, its most relevant STHs, its network of interactions and the dynamics of its behaviour. The STH/SD Methodology allows to explain the main activities of each STH involved in the system, and suggests that such activities be organized and translated into elements of dynamic modeling and represented by a STHs' network, with a typical architecture of SD M. (the stocks and flows diagrams). Through the simulation of the models it is possible to know the dynamics of the behavior of the STHs and consequently of the system, it is possible to study potential scenarios of performance for the system and its sensitivity to the potential changes/disturbances in its elements. To explain the usefulness of the methodology, it was applied to a case study where the structure of STHs of the Brazilian Space Program was modeled and possible future scenarios for the program were simulated.

Keywords: Stakeholder. Stakeholder Theory. System Dynamics Modeling. Modeling Methodology. Decision Making.

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
Figura 1.1 – Tipificação da Pesquisa Científica Utilizada na Tese.	11
Figura 1.2 - Ano de Publicação das Ref. Bibliográficas citadas na Tese.	12
Figura 1.3 – Esboço do fluxograma utilizado para combinar recursivamente a Teoria Stakeholder (T. STH) e a Metodologia System Dynamics (M. SD).	17
Figure 2.1 – Representação dos Principais Atores (<i>Stakeholders</i>) do SINDAE.	23
Figura 3.1(a) – Síntese da evolução histórica da Teoria <i>Stakeholder</i>	39
Figura 3.1(b) – Síntese da evolução histórica da Teoria <i>Stakeholder</i> , contendo os trabalhos seminais que dão sustentação teórica a este trabalho de tese.	42
Figura 3.2 – Ramos da Teoria <i>Stakeholder</i> (T. STH).	50
Figura 3.3 – Exemplos de Modelos Corporativos.	52
Figura 3.4– Tipologia dos <i>Stakeholders</i> (STH).	57
Figura 3.4 – Heterogeneidade dos <i>Stakeholders</i>	59
Figura 3.5 – Variabilidade do grau de relevância dos <i>Stakeholders</i>	60
Figura 3.6 – Representação gráfica dos múltiplos <i>links</i> entre <i>Stakeholders</i>	60
Figura 3.7 – Rede hipotética de quatro <i>Stakeholders</i> (STH) classificados segundo os atributos poder, legitimidade e urgência.	61
Figura 3.8 – Análise Bibliométrica para “ <i>Stakeholder Theory</i> ”.	67
Figura 3.9 – Formas possíveis de se mapear a disposição dos <i>Stakeholders</i> (STHs) em um sistema.	71
Figura 3.10 – Comportamento dinâmico dos <i>Stakeholders</i> (STH).	73
Figura 3.11 – Ramos Descrito, Normativo e Instrumental da Teoria <i>Stakeholder</i>	75
Figura 4.1 – Análise Bibliométrica para “ <i>System Dynamics</i> ”.	82
Figura 4.2 – Classificação de modelos.	87
Figura 4.3 – Exemplo de fontes de Informação disponíveis para captura e representação do modelo de simulação.	88

Figura 4.4– Cinco passos do processo de Modelagem SD.....	91
Figura 4.5 – Modelagem SD inserida em um contexto mais amplo.	92
Figura 4.6 – Representação Física de Sistemas de Tomada de Decisão.....	94
Figura 4.7 – Exemplo de Modelagem SD de Sistemas de Tomada de Decisão.	95
Figura 4.8 – Sistema de enchimento e dreno de um reservatório.	98
Figura 4.9 – Modelagem SD - Processo de encher um copo de água até um limite desejado.	99
Figura 4.10 – Exemplo de um CLD utilizado para modelar o crescimento populacional.	101
Figura 4.11 – Exemplos de CLDs e suas respostas sistêmicas (comportamento).	102
Figura 4.12 – Elementos básicos de um SFD e sua representação gráfica...	103
Figura 4.13 – Exemplos de modelagem, da dinâmica de sistemas, utilizando fluxo e estoque.	104
Figura 4.14 – Representação do Atraso, de 1ª ordem, de material (a) usando o CLD e (b) usando o SFD.....	105
Figura 4.15 – Representação do Atraso, de 1ª ordem, de informação (a) usando o CLD e (b) usando o SFD.	105
Figura 4.16: Exemplo completo de modelagem SD, usando um circuito elétrico RC.	106
Figura 4.17 – Simulação do circuito RC utilizando o software Vensim.....	107
Figura 4.18(a)– Arquitetura para o “Modelo Crescimento de Mercado”.	109
Figura 4.18(b)– Exemplo do CLD para o “Modelo Crescimento de Mercado”.110	
Figura 4.18(c) – Exemplo do SFD para o “Modelo Crescimento de Mercado”.	110
Figura 4.18(d) – Comportamento geral e endógeno do “Modelo de Crescimento de Mercado” proposto por Forrester (1968a).	111
Figura 4.19 – Interfaces entre a Engenharia de Sistemas e outras Áreas do Conhecimento.	114
Figura 4.20 – Mapa de evolução da Ciência da Complexidade.	115
Figura 4.21(a) – Modelo de célula básica da atividade de gestão de projeto. 117	

Figura 4.21(b) – Célula básica, da atividade de gestão de projeto, expandida.	118
Figura 4.22 – Síntese da evolução histórica da Metodologia <i>System Dynamics</i> (M. SD) e da Teoria <i>Stakeholder</i> (T. STH), contendo os trabalhos seminais que dão sustentação teórica a este trabalho de tese... 126	126
Figura 5.0 – Idealizando a Metodologia STH/SD.	129
Figura 5.1 – <i>Framework</i> Geral, proposto para combinar a Teoria <i>Stakeholder</i> (T. STH) e a Metodologia <i>System Dynamics</i> (M. SD).	130
Figura 5.2 – <i>Workflow</i> para a Modelagem STH/SD.....	133
Figura 5.3 – Novo <i>Framework</i> combinando as Teorias <i>Stakeholder</i> (T. STH) e a Metodologia <i>System Dynamics</i> (M. SD).	134
Figura 5.4 – Exemplo de como modelar um sistema particular de STHs, utilizando o Novo <i>Framework</i> que combina a T. STH e a M. SD. 136	136
Figura 5.5 – CLD-1 “ <i>Stakeholders</i> mostrados na Figura 5.4”.....	142
Figura 5.6 – CLD-2, exemplo de diagrama causal considerando os <i>Stakeholders</i> STH-1, STH-2 e STH-3 (vistos na Figura 5.4) e os elementos/variáveis da Tabela 5.1.....	143
Figura 5.7 – SFD-1 (Baseado no CLD-2 e na Tabela 5.1)	144
Figura 5.8 – CLD-3, exemplo de diagrama causal considerando os <i>Stakeholders</i> STH-1, STH-2 e STH-4 e os elementos/variáveis da Tabela 5.1.	145
Figura 5.9 – SFD-2 (Detalhamento do CLD-3).	146
Figura 5.10 – CLD-4, exemplo de diagrama causal considerando todos os 4 <i>Stakeholders</i> da Figura 5.5 e os elementos/variáveis da Tabela 5.1	147
Figura 5.11 – SFD-3 (Detalhamento do CLD-4).....	147
Figura 5.12 – <i>Framework</i> STH/SD dinâmico, representativo da modelagem STH/SD.	149
Figura 5.13 – Exemplo de SFD gerado pela Metodologia STH/SD.....	152
Figura 5.14 – Forma de implementar a Metodologia STH/SD.....	154
Figure 6.1 – Representação dos principais STHs do sistema PEB.....	158

Figura 6.2 – CLD-1 – Exemplo de Diagrama Causal do PEB considerando 2 <i>Stakeholders</i> (STH-1 e STH-2) no sistema.	169
Figura 6.3 – SFD-1 – Exemplo de Diagrama de Estoques e Fluxos, baseado no diagrama CLD-1.	170
Figura 6.4 – Exemplo possível de configuração da Rede de <i>Stakeholders</i> do PEB, no instante de tempo $t = \text{zero}$, considerando um cenário onde existem somente 2 <i>Stakeholders</i> (STH-1 e STH-2) no sistema. .	172
Figura 6.5 – Simulação do sistema PEB considerando 2 STHs no sistema. .	173
Figura 6.6 – Sistema PEB com 2 STHs, elevando o nível de poder do STH2 de zero para 3, em um período de 15 anos.	175
Figura 6.7 – Sistema PEB com 2 STHs, elevando o nível de poder do STH2 de zero para 1,5 em um período de 5 anos.	178
Figura 6.8 – Exemplo de mudança na configuração da Rede de <i>Stakeholders</i> do sistema, nos instantes de tempo (a) $t = \text{zero}$, (b) $t = 5 \text{ anos}$ e (c) $t = 10 \text{ anos}$	180
Figura 6. 9 – CLD-2 Exemplo de Diagrama Causal do PEB considerando 3 <i>Stakeholders</i> (STH-1 e STH-2 e STH-3) no sistema.	181
Figura 6.10 – SFD-2 – Exemplo de Diagrama de Estoques e Fluxos baseado no diagrama CLD-2, que considera 3 STHs no sistema.	182
Figura 6.11 – Exemplo possível de configuração da Rede de STHs do PEB, no instante de tempo $t = \text{zero}$, considerando um cenário onde existam 3 STHs (STH-1, STH-2 e STH-3) no sistema.	183
Figura 6.12 – Simulação do sistema PEB para as condições do Passo 2 (Inclusão do 3º <i>Stakeholder</i> no sistema).	184
Figura 6.13 – Simulação do PEB para mudar o posicionamento do STH-2 (SINDAE) no sistema, conferindo-lhe o atributo poder.	185
Figura 6.14 – Exemplo de mudança na configuração da Rede de <i>Stakeholders</i> , nos instantes de tempo (a) $t = \text{zero}$, (b) $t = 5 \text{ anos}$ e (c) $t = 10 \text{ anos}$	187
Figura 6.15 – CLD-3 Exemplo de Diagrama Causal do PEB considerando 4 STHs (STH-1, STH-2, STH-3 e STH-4) no sistema.	188

Figura 6.16 – SFD-3 – Exemplo de Diagrama de Estoques e Fluxos, baseado no diagrama CLD-3.	189
Figura 6.17 – Exemplo possível de configuração da Rede de <i>Stakeholders</i> do PEB no instante de tempo $t = \text{zero}$, considerando um cenário onde existam 4 <i>Stakeholders</i> (STH-1, STH-2, STH-3 e STH-4) no sistema.	190
Figura 6.18 – Simulação do sistema PEB para as condições do passo 3 (Inclusão do 4º <i>Stakeholder</i> no sistema).	191
Figura 6.19 – Simulação do sistema (composto por STH1, STH-2, STH-3 e STH-4), para mudar o <i>status</i> do STH-2 (SINDAE), transformando-o em um STH definitivo (com 3 atributos).	192
Figura 6.20 – Exemplo de mudança na configuração da Rede de STHs do sistema, nos instantes de tempo (a) $t = \text{zero}$, (b) $t = 5 \text{ anos}$ e (c) $t = 10 \text{ anos}$	195
Figura A.1 - Tipologia de <i>Stakeholders</i> e a influência da Frequência de Contatos no ganho ou perda de atributos.	295
Figura A.2 - Relação direta entre os atributos e a Frequência de Contatos de <i>Stakeholders</i>	296
Figura A.3 – Mapeamento bidimensional de <i>Stakeholders</i> em função dos atributos poder e influência que lhes são conferidos.	298
Figura A.4 – Exemplo de mapeamento de <i>Stakeholders</i> em um projeto de P&D.	299
Figura A.5 – Estruturação de <i>Stakeholders</i> com foco em uma organização “ <i>Focal Organization (FO)</i> ”	300
Figura A.6 - <i>Framework</i> para análise da Rede de Valores de <i>Stakeholders</i> (SVN)	301
Figura A.7 – Interdependência entre critérios de avaliação de Licitações nas PPP e os valores dos <i>Stakeholders</i>	302
Figura A.8(a) – Tipos de recursos tangíveis e intangíveis que uma empresa distribui a seus <i>Stakeholders</i>	303
Figura A.8(b) – Modelo de distribuição de valor para os <i>Stakeholders</i>	303

Figura A.9 – Estruturação de <i>Stakeholders</i> com foco na solução de problemas.	304
Figura A.10 – Estrutura de <i>Stakeholder</i> em círculos concêntricos (Firma, <i>Stakeholders</i> primários e secundários).	305
Figura A.11 – Áreas de conhecimento sugeridas pela PMBOK®.	306
Figura A.12 – Exemplo de uma Rede Social de <i>Stakeholders</i>	308
Figura B.1 - Interfaces da Engenharia de Sistemas com outras disciplinas... ..	320
Figura B.2 - Classificação de um sistema em função da escala e da complexidade.	321
Figura B.3 - Fases do ciclo de vida de uma missão espacial	322
Figura C.1 - Sist. de controle: em malha fechada (recursivo/realimentado) e em malha aberta.	326
Figura C.2 - Exemplos de sistemas de controle em malha fechada.....	327
Figura C.3 - Diagrama de blocos dos sistemas de controle vistos na Figura C.2.	328
Figura C.4 - Circuito elétrico Resistivo (R) Indutivo (L) e Capacitivo (C).	330
Figura C.5 - Modelagem de um circuito RC.	331
Figura C.6 - Exemplos de respostas não lineares de alguns sistemas.	334
Figura C.7 - (a) Sistema de nível de líquido; (b) Curva de altura do nível do reservatório pela vazão.	335
Figura C.8 - Exemplo de sistema com mesma função de transferência.	336
Figura C.9 - Cadeia de Suprimento Dinâmica (Controle de Estoques).	342
Figura D.1 - Modelagem do crescimento de uma população de coelhos.	348
Figura D.2 – Definição dos parâmetros de simulação para o software Vensim.	349
Figura D.3(a) - Definição do estoque “Rabbit Population”.....	351
Figura D.3(b) - Definição do Fluxo “death”.	351
Figura E.1 - Sistema exógeno e endógeno.	363
Figura E.2 - Processo de Modelagem utilizado pelo Group Model Building (GMB).....	368
Figura E.3 – GMB e a atividade de Gerenciamento dos Limites e do Objetivo do Sistema.	368

Figura F.1 - Cronologia da idade de ouro da PESQUISA OPERACIONAL....	380
Figura G.1 – Pesquisa na base de dados WoS utilizando “ <i>System Dynamics</i> ” como tópico.....	389
Figura G.2 – Resultado do Relatório de Citações para o periódico “ <i>System Dynamics Review</i> ”.....	390
Figura G.3 – Principais autores do periódico “ <i>System Dynamics Review</i> ”.....	391
Figura G.4 – Organizações que submetem trabalhos ao “ <i>System Dynamics Reviewer</i> ”.....	391
Figura G.5 – Bibliometria utilizando o software <i>VOSviewer</i> . Relação dos autores mais influentes (nos últimos 60 anos) e que são citados juntos no periódico “ <i>System Dynamics Review</i> ”.....	393
Figura G.6 – Bibliometria utilizando o software <i>VOSviewer</i> . Relação dos autores mais influentes (nos últimos 60 anos) e quais publicam juntos no periódico “ <i>System Dynamics Review</i> ”.....	394
Figura G.7 – Bibliometria utilizando o software <i>VOSviewer</i> . Relação dos trabalhos mais influentes (nos últimos 60 anos) e quais são citados juntos no periódico “ <i>System Dynamics Review</i> ”.....	395
Figura G.8 – Bibliometria utilizando o software <i>VOSviewer</i> . Relação das áreas de ocorrência das publicações do periódico “ <i>System Dynamics Review</i> ”.....	396
Figura G.9 – Análise da base de dados WoS utilizando o periódico “ <i>System Dynamic Review</i> ”. Pesquisa sobre os principais artigos publicados nos últimos 10 anos.	397
Figura G.10 – Bibliometria utilizando o software <i>VOSviewer</i> . Relação dos trabalhos mais influentes (nos últimos 10 anos) e quais são citados juntos no periódico “ <i>System Dynamics Review</i> ”.....	398
Figura G.11 – Bibliometria utilizando o software <i>VOSviewer</i> . Relação dos autores mais influentes (nos últimos 10 anos) e quais são citados juntos no periódico “ <i>System Dynamics Review</i> ”.....	400
Figura G.12 – Bibliometria utilizando o software <i>VOSviewer</i> . Possível <i>fronte</i> de pesquisa (nos últimos 10 anos) publicados no periódico “ <i>System Dynamics Review</i> ”.....	401

Figura G.13 – Bibliometria utilizando o software VOSviewer. Relação das palavras chaves mais influentes (nos últimos 10 anos) e que são citados juntos no periódico “ <i>System Dynamics Review</i> ”	402
Figura G.14 – Bibliometria utilizando o software VOSviewer. Relação dos trabalhos mais influentes (nos últimos 5 anos) e quais são citados juntos no periódico “ <i>System Dynamics Review</i> ”	403
Figura G.15 – Bibliometria utilizando o software VOSviewer. Relação dos autores mais influentes (nos últimos 5 anos) e quais publicam juntos no periódico “ <i>System Dynamics Review</i> ”	404
Figura G.16 – Resultado do Relatório de Citações para o título “ <i>Stakeholder Theory</i> ”	405
Figura G.17 – Filtros aplicados aos Relatórios do WoS para o tópico “ <i>Stakeholder Theory</i> ”	406
Figura G.18 – Resultado de análise Bibliométrica usando o software VOSviewer e o tópico “ <i>Stakeholder Theory</i> ”	407
Figura G.19 – Bibliometria utilizando o software VOSviewer. Relação dos trabalhos mais influentes sobre <i>Stakeholder Theory</i> , nos últimos 2 anos (de 2016 a 2017) e quais são citados juntos	411
Figura G.20 – Resultado de análise Bibliométrica com o software VOSviewer sobre o tópico “ <i>Stakeholder Theory</i> ” nos últimos 2 anos (2016 e 2017).	412
Figura G.21 – Relatório de citações utilizando o trabalho de Elias (2000) como referência.	416
Figura G.22 – Pesquisa utilizando o trabalho de ELIAS (2002) como referência.	420
Figura G.23 – Relatório de citação utilizando o trabalho de Elias (2012).	421
Figura G.24 – Pesquisa utilizando Inam et al (2015) como referência.	423
Figura G.25 – Bibliometria: “ <i>Stakeholder Dynamics</i> ”	425

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
Tabela 1.1 – Itens da Pesquisa Bibliográfica.....	14
Tabela 2.1 – Amostra de importantes referências bibliográficas sobre o PEB.	20
Tabela 2.2 – Amostra de leis, aplicadas ao PEB, que compõe o Marco Legal Brasileiro.	28
Tabela 2.3 – Exemplo de demandas/produtos, reais (identificadas atualmente) e potenciais, que podem ser atendidas por meio dos projetos do PEB.	30
Tabela 3.1 – Pequena amostra de artigos enfatizando a diversidades de temas relacionados à “Teoria <i>Stakeholder</i> ”	38
Tabela 3.2 – Principais títulos filtrados da base WoS para o tópico “ <i>Stakeholder Theory</i> ” nos últimos 2 anos.	68
Tabela 5.1 – Vinculando “ <i>Stakeholders & Atributos & Estoques & Fluxos.</i> ” ...	141
Tabela 5.2 – <i>Layout</i> da Tabela de Vinculação (Tabela STH/SD)	153
Tabela 6.1 – Definição e Classificação dos STHs do sistema.....	159
Tabela 6.2 – Principais Objetivos e Atividades dos <i>Stakeholders</i> (STHs) do PEB.	160
Tabela 6.3 – Combinando os atributos dos STHs e os elementos da metodologia SD para modelar o sistema PEB.	162
Tabela 6.4 – Tabela de Vinculação do sistema PEB (síntese da Tabela 6.3).166	
Tabela 6.5 – Valores iniciais dos Estoques de Atributos dos <i>Stakeholders</i> STH-1 e STH-2.....	171
Tabela 6.6 – Alterando o valor das variáveis do sistema para tornar o STH-2 um STH definitivo.	177
Tabela 6.7 – Valores aproximados dos níveis dos estoques, dos atributos dos dois STHs do sistema (STH-1 e STH-2), nos instantes t=zero, t=5 anos e t=10 anos.....	179
Tabela 6.8 – Valores iniciais dos Estoques de Atributos dos <i>Stakeholders</i> STH-1, STH-2 e STH-3.....	183

Tabela 6.9 – Valores aproximados dos níveis dos estoques, dos atributos dos 3 STHs do sistema (STH-1, STH-2, e STH-3), nos instantes t=zero, t=5 anos e t=10 anos.....	186
Tabela 6.10 – Valores iniciais dos níveis dos Estoques de Atributos dos <i>Stakeholders</i> STH-1, STH-2, STH-3 e STH-4.	190
Tabela 6.11 – Valores aproximados dos níveis dos estoques, dos atributos dos quatro STHs do sistema (STH-1, STH-2, STH-3 e STH-4), nos instantes t=zero, t=5 anos e t=10 anos.	194
Tabela A.1 – Exemplos de sítios eletrônicos efetivamente consultados durante a pesquisa bibliográfica.	271
Tabela A.2 - Listagem resumida de alguns autores (e suas instituições) que produzem trabalhos com o tema “ <i>Stakeholder Theory</i> ”	273
Tabela A.3 – Seleção de algumas obras importantes sobre a “Teoria <i>Stakeholder</i> ”	274
Tabela A.4 - Lista das principais revistas especializadas em Gestão que publicam sobre a Teoria <i>Stakeholder</i>	275
Tabela A.5 - Definições Diferentes para o termo <i>Stakeholder</i>	276
Tabela A.6 - Classificação de <i>Stakeholders</i> em função da responsabilidade social.	297
Tabela A.7 – Classificação de <i>Stakeholders</i> e sua associação com as formas de contratos sociais e com as ações estratégicas corporativas. .	299
Tabela A.8 – Relação de dependência entre <i>Stakeholders</i> e as Organizações.	301
Tabela B.1 - Comparação entre as perspectivas e abordagens utilizadas para analisar um sistema.	319
Tabela F.1 - Seleção de artigos e livros publicados por J. W. Forrester.	372
Tabela F.2 - Referências bibliográficas sobre MCDA e PSM.	378
Tabela G.1 - Referências para fazer análise Bibliográfica e Bibliométrica.	385
Tabela G.2 – Artigos atuais (mais recentes), que influenciaram na atual tese de Doutorado.	415

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ACS	Alcântara Cyclone Space
AEB	Agencia Espacial Brasileira
AGU	Advocacia Geral de União (assessoria do poder executivo)
AIAB	Associação das Indústrias Aeroespaciais do Brasil
BOR	Behavioral Operations Research
BSC	Balanced Scorecard (indicadores Balanceados de Desempenho)
CBERS	China-Brazil Earth Resources Satellite
CEO	Chief Executive Officer (Diretor Executivo)
CFP	Corporate Finance Performance
CGU	Controladoria-Geral da União (órgão de controle do poder executivo)
CLA	Centro de Lançamento de Alcântara
CLBI	Centro de Lançamento da Barreira do Inferno
CLD	Causal Loop Diagram
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CSP	Corporate Social Performance
CSR	Corporate Social Responsibility
DCTA	Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial
DIDEA	Divisão de Eletrônica e Espaço no INPE
DIDSE	Divisão de Sistemas Espaciais no INPE
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
ECSS	European Cooperation for Space Standardization
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ETE	Engenharia e Tecnologia Espacial
CGETE	Coordenação Geral de Engenharia e Tecnologia Espacial
IAE	Instituto de Aeronáutica e Espaço no DCTA
INCOSE	International Council on Systems Engineering
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
INSNA	International Network for Social Network Analysis
MATE	Multi-Attribute Tradespace Exploration
MCDA	Multi-Criteria Decision Analysis
MCID	Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior

MD	Ministério da Defesa
MDS	Ministério do Desenvolvimento Social
MECB	Missão Espacial Completa Brasileira
MP/SPU	Secretaria do Patrimônio da União (SPU), ligada ao Ministério do Planejamento (MP)
M. SD	Metodologia de modelagem da Dinâmica de Sistemas
MI	Ministério da Integração Nacional
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MTPA	Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil
OPEP	Organização dos Países Exportadores de Petróleo
PEB	Programa Espacial Brasileiro
PLM	Product Lifecycle Management
PNAE	Programa Nacional de Atividades Espaciais
PNDAE	Política Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais
PMBOK	A Guide to the Project Management Body of Knowledge
PMM	Plataforma Multimissão
PPP	Parceria Pública Privada
PSM	Problem Structuring Methodology
RSC	Responsabilidade Social Corporativa
SCIELO	Scientific Electronic Library Online
SD	System Dynamics
SE	Sistemas Espaciais
SFD	Stock and Flow Diagram
SGDC	Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas
SINDAE	Sistema Nacional de Atividades Espaciais
STH	Stakeholder
STH/SD	Metodologia de Modelagem STH/SD
SVN	Stakeholder Value Network
TCU	Tribunal de Contas da União
T. STH.	Teoria Stakeholder
VALEC	VALEC Engenharia, Construções e Ferrovias S.A. é uma empresa pública, sob a forma de sociedade por ações, vinculada ao Ministério dos Transportes (MT)
VLM	Veículo Lançador de Microssatélites

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Contextualização e Justificativa.....	1
1.2. Motivação:	4
1.3. Objetivo Específico do Trabalho.....	6
1.4. Problema a ser Resolvido.....	7
1.5. Contribuições.....	8
1.6. Metodologia de Pesquisa.....	8
1.6.1. Revisão Bibliográfica.....	11
1.6.2. Análise Bibliométrica.....	12
1.7. Originalidade, Generalidade e Utilidade.....	12
1.8. Organização da Tese.....	17
2 PANORAMA DO PROGRAMA ESPACIAL BRASILEIRO (PEB).....	19
2.1. Introdução.....	19
2.2. Histórico sobre o PEB.....	19
2.3. Exemplos de Demandas/Produtos.....	29
3 A TEORIA <i>STAKEHOLDER</i> (T. <i>STH</i>): BASE CONCEITUAL.....	33
3.1. Histórico:.....	36
3.2. Evolução da Teoria <i>Stakeholder</i>	37
3.3. O Legado de Freeman R.....	43
3.4. Grandes Áreas Temáticas da Teoria <i>Stakeholder</i>	45
3.5. A Teoria <i>Stakeholder</i> e suas Ramificações.....	48
3.6. Identificação, Classificação e Relevância de <i>Stakeholders</i>	52
3.7. O Comportamento Dinâmico da Teoria <i>Stakeholder</i>	58
3.8. <i>Frameworks</i> Utilizados para Classificar <i>Stakeholders</i>	61
3.9. O Contexto Atual das Pesquisas Sobre a Teoria <i>Stakeholder</i>	62
3.10. Resumo e Considerações sobre o Estudo da Teoria <i>Stakeholder</i>	69
4 A METODOLOGIA <i>SYSTEM DYNAMICS</i> (M. <i>SD</i>): (BASE CONCEITUAL).	79
4.1. Definição: Sistemas Complexos e Sistemas Dinâmicos.....	81

4.2. O Legado de Forrester.....	84
4.3. Características da Metodologia / Abordagem / Modelagem SD.....	85
4.4. A Modelagem <i>System Dynamics</i> (SD).....	86
4.5. Estruturas de Tomada de Decisão.....	93
4.6. Elementos Utilizados na Modelagem SD.....	98
4.6.1. Causal Loop Diagram (CLD).	100
4.6.2. Stock and Flows Diagram (SFD).	102
4.6.3. Atrasos.	104
4.7. Exemplo de Modelagem Utilizando a Metodologia SD.	106
4.7.1. Modelo: “Circuito Elétrico”.	106
4.7.2. Modelo: “Crescimento de Mercado”.	108
4.8. <i>System Dynamics</i> (SD) e a Teoria Geral de Sistemas.	113
4.9. Combinando a Metodologia SD com Outras Metodologias.	116
4.9.1. <i>System Dynamics</i> e Gestão de Projetos (<i>Project Management Dynamics</i>).	116
4.9.2. <i>System Dynamics</i> (SD) e Pesquisa Operacional (OR).....	118
4.10. O Contexto Atual das Pesquisas sobre a Metodologia SD.	119
4.11. Resumo e conclusões sobre o Estudo da Metodologia SD.	122
5 A METODOLOGIA STH/SD (M. STH/SD).	127
5.1. Introdução (Concepção geral da Metodologia)	127
5.2. Combinando a Teoria <i>Stakeholder</i> (T. STH) e a metodologia <i>System Dynamics</i> (M. SD).	134
5.3. Exemplo de Captura (parcial) da Dinâmica de um Sistema de STHs....	136
5.3.1. Construção dos Diagramas CLDs e SFDs.	142
5.4. Captura da Dinâmica de um Sistema de STHs (célula genérica de modelagem STH/SD).	148
5.5. A Nova Metodologia STH/SD (<i>Framework + Workflow</i>).....	151
6 ESTUDO DE CASO: USANDO A METODOLOGIA STH/SD PARA MODELAR O PEB.....	157
6.1. Introdução.....	157

6.2.	Passo 1: Simulação da dinâmica da Rede de STHs do PEB considerando apenas 2 STHs no sistema, STH-1 (Governo Federal) e STH-2 (SINDAE).....	168
6.3.	Passo 2: Simulação da dinâmica da Rede de STHs do PEB considerando 3 <i>Stakeholders</i> no sistema, STH-1 (Governo Federal), STH-2 (SINDAE) e STH-3 (Usuários).....	180
6.4.	Passo 3: Simulação da dinâmica da Rede de STHs do PEB considerando todos os 4 STHs no sistema, STH-1 (Governo Federal), STH-2 (SINDAE), STH-3 (Usuários) e STH-4 (Parceiros Internacionais).	187
7	DISCUSSÕES GERAIS.....	197
8	CONCLUSÕES E PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS.....	213
8.1.	Introdução:.....	213
8.2.	Resultados Alcançados.	214
8.2.1.	Atividade Meio: <i>Overview</i> sobre a Teoria <i>Stakeholder</i> (T. STH). 214	
8.2.2.	Atividade Meio: <i>Overview</i> sobre a Metodologia <i>System Dynamics</i> (M. SD).....	216
8.2.3.	Atividade Meio: <i>Overview</i> sobre o PEB.....	218
8.2.4.	Objetivo Específico: Construir a Metodologia STH/SD.....	220
8.3.	Contribuições.....	221
8.3.1.	Desenvolvimento Metodológico.....	222
8.3.2.	Orientação para melhoria no estudo na representação, planejamento e gestão de STHs.	222
8.3.3.	Sugestões de aplicação:	226
8.3.4.	Proposta de trabalhos futuros:	226
8.3.5.	Lições aprendidas	228
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	231
	APÊNDICE A - EQUAÇÕES	257
	ANEXO A - ESTUDOS COMPLEMENTARES SOBRE A TEORIA <i>STAKEHOLDER</i>	271
	ANEXO B – REVISÃO: TEORIA GERAL DE SISTEMAS	309
	ANEXO C – REVISÃO: TEORIA DE CONTROLE	323

ANEXO D - TUTORIAL: MODELANDO A DINÂMICA DOS SISTEMAS.....	345
ANEXO E – REVISÃO: PROCESSOS DE MODELAGEM.....	361
ANEXO F – O LEGADO DE FORRESTER: PARTICULARIDADES SOBRE A METODOLOGIA SD.....	371
ANEXO G – ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA	385

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta o contexto geral no qual a tese foi desenvolvida, as justificativas para se dispender esforços nesta área de pesquisa, o objetivo específico que se pretende alcançar com este trabalho, suas contribuições, aspectos sobre a metodologia de pesquisa utilizada e a estrutura na qual esta monografia foi organizada.

1.1. Contextualização e Justificativa.

Do ponto de vista global pode-se considerar que a exploração espacial vem trilhando um longo e produtivo caminho¹ desde o lançamento do primeiro satélite artificial há aproximadamente 60 anos atrás. Atualmente, há uma intensa mobilização por parte das agências espaciais internacionais, para que os programas espaciais de seus países possam ser ajustados às demandas, tecnologias, recursos e oportunidades de um mundo cada vez mais globalizado (BOCHINGER, 2008; ELIASSON, 2010; SILVA; DOWSON, 1996; OECD, 2014). Mais especificamente, existem esforços para se definir, caracterizar, remodelar e aperfeiçoar os arranjos institucionais que dão forma e sustentação aos programas espaciais (BALINT; STEVENS, 2016; FISK, 2008; PETRONI, 2009; SAI, 2016; SUTHERLAND, 2009; SUTHERLAND et al., 2012). Na visão do autor desta tese, a este conjunto de valores e interesses, de natureza comercial ou pública, poderia ser dado o nome de *The Dynamic Business of Space Programs*.

Olhando especificamente para as atividades espaciais desenvolvidas no Brasil, observa-se que, historicamente, o Programa Espacial Brasileiro (PEB) vem servindo como um agente mobilizador de recursos capaz de materializar, mesmo que parcialmente, as políticas públicas voltadas ao fortalecimento da comunidade científica, ao desenvolvimento de produtos nacionais com aplicações espaciais, à independência tecnológica e à criação e sustentabilidade do parque industrial espacial brasileiro (COSTA FILHO, 2002;

¹ **Sputnik 1:** Primeiro satélite lançado ao espaço (1957).

Iuri Gagarin: Primeiro homem a viajar pelo espaço, a bordo a Vostok 1 (1961)

Neil Armstrong: Primeiro homem a pisar na Lua, a bordo da Apollo 11 (1969).

DEWES et al., 2010, 2015; ESCADA, 2005; OLIVEIRA, 2014; PEREIRA, 2009; RIBEIRO, 2007; SCHMIDT, 2011; SILVA; DOWSON, 1996). Em relação a esses dois últimos aspectos do PEB é importante salientar que, embora a indústria espacial brasileira já seja capaz de gerar produtos com alto conteúdo tecnológico, p. ex. OLIVEIRA (2014), ela ainda está em fase inicial de desenvolvimento (IPEA, 2012; NEGRETE et al., 2016). A Agência Espacial Brasileira (AEB) e o Tribunal de Contas da União (TCU) corroboram com tais políticas classificando-as como sendo de alta prioridade para o país (AEB, 2012; TCU, 2016).

É preciso observar ainda que, existe atualmente uma razoável discrepância entre as ambições e o histórico do programa espacial brasileiro e o tamanho das realizações alcançadas com o PEB. Isto tem motivado muitos estudos para caracterizar o programa, diagnosticar as raízes de seu potencial subdesenvolvimento e sugerir possíveis roteiros para sua expansão. Nesse sentido, vale citar os relatórios do PEB patrocinados pelo Congresso Brasileiro (BRASIL, 2010), pela Secretaria de Assuntos Estratégicos do Governo (BRASIL, 2011), pela Associação Aeroespacial Brasileira (AAB, 2010) e pelo Tribunal de Contas da União (TCU, 2016). MOLTZ (2015) resumiu os obstáculos que o PEB vem enfrentando ao longo do tempo, apontando que "a capacidade para o país construir uma estratégia sustentável para o setor espacial, representa um dos desafios mais significativos para o Brasil".

É oportuno e adequado chamar a atenção para o fato de que a estratégia a ser adotada para o PEB, qualquer que seja ela, deve ser elaborada com base nos interesses das entidades envolvidas no PEB (seus *Stakeholders* internos e externos). Ou seja, é necessário ter uma visão estratégica sobre a gestão do PEB e, conseqüentemente, sobre a gestão dos interesses do maior número de entidades (*Stakeholders*) que o compõem.

A gestão de *Stakeholders* (STH) está contida na área de conhecimento idealizada por Freeman (1984) intitulada teoria de *Stakeholders*. Sobre a teoria *Stakeholder* (T. STH) vale ressaltar que ela tem sido usada como um "*Framework*" para identificar os atores, atuais e potenciais, que podem afetar ou ser afetados pelas ações de uma organização (LAPLUME et al., 2008).

Compreender e levar em conta os interesses e a influência de todos os *Stakeholders* envolvidos nos negócios corporativos poderia fornecer, à liderança das organizações, uma visão estratégica sobre as forças e fatores que atuam nos empreendimentos e, conseqüentemente, auxiliar no processo de tomada de decisão e aperfeiçoamento dos arranjos institucionais (ACKERMANN, 2012; ACKERMANN; EDEN, 2011; DE GOOYERT et al., 2017). Atualmente, a análise de *Stakeholders* é uma ferramenta comum na prática de gestão (LOZANO et al, 2015), sendo utilizada como parte de avaliações estratégicas em muitos campos, incluindo o espacial (OLIVEIRA; PERONDI, 2012; REBENTISCH et al., 2005). Embora a teoria dos *Stakeholders* seja um instrumento muito útil para retratar o ambiente da organização, em relação aos seus laços sociais e econômicos, ela tem uma capacidade limitada para capturar a dinâmica de tais relacionamentos (FASSIN, 2008, 2011; FRIEDMAN; MILES, 2002; LOZANO et al., 2015; VOINOV et al., 2010, 2016). Esta lacuna dinâmica causa impactos diretos na capacidade de previsão de possíveis evoluções dos sistemas constituídos por *Stakeholders* (cenários futuros).

De forma semelhante ao que se observou com a teoria dos *Stakeholders*, é importante salientar também que entender o comportamento dos sistemas está no núcleo de uma ampla área de modelagem e simulação chamada *System Dynamics* (SD), aplicada em várias áreas do conhecimento (p. ex. engenharia, meio ambiente, saúde, gestão, etc.) (RICHARDSON, 2011; KUNC, 2016). SD é essencialmente uma metodologia (alguns autores tratam-na como uma metodologia outros como uma área do conhecimento, etc.) para modelar e simular o comportamento de sistemas complexos (p. ex. missões espaciais). Ela se baseia nos conceitos de engenharia e servomecanismos e atua para descobrir e explicitar os mecanismos internos responsáveis pela dinâmica de funcionamento de um sistema, ajudando a prever possíveis resultados, orientar políticas, definir estratégias, na tomada de decisões, etc. (RICHARDSON, 2011).

Assim, inspirados pela (1) necessidade de remodelar o PEB e pela prioridade dada pela AEB, SINDAE, TCU, Congresso Brasileiro (e outros agentes e

esferas do governo brasileiro) à sua consolidação e sustentabilidade, (2) pelos esforços mundiais para se definir, caracterizar, remodelar e aperfeiçoar os arranjos institucionais que dão forma e sustentação aos programas espaciais, (3) pela lacuna dinâmica identificada na teoria STH, (4) pela possibilidade, identificada por alguns autores, de se utilizar a M. SD para mapear o comportamento humano (KUNC, 2016) e (5) pela possibilidade de idealizar uma nova metodologia (*Framework*) dinâmica, capaz de representar e simular sistemas complexos de *Stakeholders*, construiu-se a Metodologia STH/SD apresentada como tema central deste trabalho de tese de doutorado.

1.2. **Motivação:**

Uma das motivações para a proposta deste tema de tese vem do desejo de compreender melhor a dinâmica de funcionamento do PEB, com vistas a estimar possíveis cenários futuros. Mais especificamente, vem das dificuldades experimentadas pelo autor e pelas equipes de técnicos e gestores (governo, instituições públicas e privadas), para modelar, conceber, planejar, executar, manter e dar continuidade aos projetos complexos que compõem o Programa Espacial Brasileiro (PEB).

Outra motivação para explorar este tema vem da necessidade, identificada por pesquisadores, como por exemplo, Richardson (2014) e Lyons et al. (2003), do desenvolvimento de ferramentas para análise e modelagem de sistemas complexos e adaptativos, que permitam entender e melhorar a “dinâmica” das políticas públicas que envolvem múltiplos e diferentes *Stakeholders* (STH) e suas interações.

Bérard (2010, p. 35) sugere o uso da metodologia *System Dynamics* (SD), para estudar problemas complexos, ao enfatizar que, quando se trabalha com sistemas complexos e dinâmicos, muitas vezes as ações e decisões tomadas produzem efeitos e resultados diferentes dos desejados, mesmo quando os tomadores de decisão tentam implementar suas decisões de forma racional e seguindo um plano anteriormente estabelecido. Tais inconsistências devem-se à estrutura complexa dos sistemas e aos limites cognitivos dos tomadores de decisão (ROUWETTE et al., 2004).

Elias et al. (2004, p. 88) enfatiza ainda que os projetos na área pública (como é o caso do PEB) em geral, se estendem por longos períodos de tempo. O autor menciona que durante este período de tempo é possível que a atitude e o comportamento dos *Stakeholders* mudem de direção, intensidade e magnitude. Ainda segundo o autor, gerenciar este ambiente complexo demanda a aplicação de conhecimentos específicos, habilidades, ferramentas e técnicas que devem se combinar para que seja possível entender e analisar a dinâmica do comportamento dos *Stakeholders*.

Grossi (2003) combina, em seu trabalho, três diferentes áreas de estudo, “*Lean Enterprise*”², “*Stakeholder Theory*” e “*Social Network*”³, para produzir uma nova metodologia de análise estática de sistemas de *Stakeholders*. O autor conclui seu trabalho sugerindo que, em trabalhos futuros (GROSSI, 2003 pág. 148), “*system dynamics model*” poderia ser incorporada às suas análises para permitir estudar a dinâmica dos *Stakeholder* e as estratégias corporativas em cenários onde se adiciona ou se elimina *Stakeholders*.

Outra motivação são os exemplos bem sucedidos de se combinar metodologias (a exemplo do que fez Forrester ao combinar a teoria de controle e a computação para propor a metodologia SD), teoricamente e metodologicamente, para gerir e analisar sistemas complexos, conforme mencionado, também, nos trabalhos de Adamides et al. (2009), Kunc (2012), Lane; Oliva (1998); Pollack (2009).

Do exposto, parece legítimo afirmar que propor um novo *Framework*, mesmo que simplificado, capaz de modelar um ambiente de negócio e de projeto tão complexo, como por exemplo, o sistema PEB, combinando os conceitos das duas abordagens (STH & SD), poderia contribuir, por exemplo, para melhorar o entendimento, (1) da eficácia dos arranjos institucionais do sistema, (2) das

² Lean Enterprise: Processo de produção enxuta focada na criação de valor para o cliente. É uma evolução do conceito de produção seriada idealizado por Henry Ford (ref.: WOMACK, 1990 citado por GROSSI, 2003 p. 15).

³ Social Network: Teoria que estuda as formas dos “elementos” e das “relações” que ocorrem entre grupos sociais. Aplica-se às áreas de marketing, engenharia industrial, economia, transações comerciais, etc. (ref.: WASSERMAN; FAUST, 1994 p. 4; FREEMAN L., 2000)

possibilidades de melhoria e reabilitação das capacidades (instalações e *expertises*) envolvidas nos projetos, (3) da identidade das variáveis-chaves que influenciam o sistema, etc.

As visões de mundo apresentadas por Freeman (1984) e Mitchell et al. (1997), em seus estudos sobre a “teoria *Stakeholder*” (mencionada no capítulo 3 deste trabalho de tese), e por Forrester (1961) e Sterman (2000), em seus estudos sobre a “metodologia *System Dynamics*” (mencionada no capítulo 4 deste trabalho de tese), deixam evidente o aumento da dinâmica e da complexidade envolvida em todas as áreas das atividades humanas, influenciadas por eventos como a globalização, o aumento populacional, as disputas comerciais, as novas exigências legais, o surgimento de novas tecnologias, novos fornecedores, novos consumidores, a perenidade dos recursos naturais, etc. Este cenário de mudanças também age como um elemento motivador, pois, cria um ambiente propício para as demandas por novas ferramentas de análise de sistemas e de apoio à tomada de decisão.

1.3. Objetivo Específico do Trabalho.

O objetivo específico deste trabalho de tese é conceber uma nova metodologia de modelagem que combine duas áreas do conhecimento, a Teoria *Stakeholder* (T. STH) e a Metodologia *System Dynamics* (M. SD). A nova metodologia se aplica a modelar e capturar a dinâmica de funcionamento de sistemas complexos compostos por *stakeholders* (como por exemplo, os complexos sistemas organizacionais modernos). A nova metodologia deve permitir que, por meio de simulações, seja possível atuar no sistema e analisar/estudar a dinâmica do seu comportamento. A nova metodologia poderá ser utilizada como um instrumento de auxílio na previsão de cenários, planejamento de sistemas e na tomada de decisão.

Para cumprir o objetivo específico foram definidas as seguintes atividades meio:

- 1) Revisar a Teoria *Stakeholder* (T. STH) e pesquisar sobre:
 - a. A sua evolução histórica;

- b. O *status* atual das pesquisas sobre a T. STH.
 - c. Os *Frameworks* que estão sendo propostos, pela academia e pelas corporações, para aplicar a T. STH nas instituições públicas e privadas.
- 2) Revisar a Metodologia *System Dynamics* (M. SD) e pesquisar sobre;
- a. A sua evolução histórica;
 - b. O *status* atual das pesquisas sobre a M. SD.
 - c. Os *Frameworks* que estão sendo propostos para aplicar a M. SD nas instituições públicas e privadas.
 - i. Reproduzir as simulações utilizando um software de simulação (p. exe. VenSim).
- 3) Revisar o Programa Espacial Brasileiro (PEB), identificando:
- a. A sua evolução histórica;
 - b. Sua estrutura organizacional atual;
 - c. Seus principais *Stakeholders* (STH).

Obs.: O sistema PEB tem um papel secundário neste trabalho de tese, entretanto, pretende-se utilizar a tese para revisar e prospectar as referências bibliográficas mais atuais sobre o PEB e fortalecer os conceitos sobre este programa. Pretende-se também, utilizar um esboço do sistema PEB para aplicar a metodologia de modelagem desenvolvida neste trabalho de tese.

1.4. Problema a ser Resolvido.

Preencher a lacuna dinâmica observada na T. STH, (1) capturando a dinâmica do comportamento dos STHs (que compõem os complexos sistemas organizacionais modernos), (2) explicitando sua rede de interação e (3) simulando a atuação dos STHs em potenciais cenários da rede de STHs.

1.5. Contribuições.

A contribuição mais evidente deste trabalho de tese é a nova metodologia de modelagem capaz de capturar a dinâmica de funcionamento de um sistema complexo, composto por STHs. A nova metodologia foi, intitulada “Metodologia STH/SD”, ela combina a Teoria STH e a Metodologia SD em uma nova metodologia de modelagem.

Em síntese a “Metodologia STH/SD” propõe que se utilize a Metodologia SD para fortalecer a Teoria STH, fazendo com que esta supere suas potenciais limitações em relação às suas representações sobre os comportamentos dinâmicos dos STHs dos sistemas (sociais, organizacionais, etc.).

Outra contribuição que pode ser atribuída a este trabalho de tese, deve-se ao estudo de caso onde se aplicou a Metodologia STH/SD para esboçar “teoricamente e parcialmente” o sistema PEB. Durante o estudo de caso foram produzidas/explicitadas as potenciais células e moléculas dinâmicas da rede de interação dos STHs do sistema PEB, que em última análise são os elementos básicos e fundamentais daquele sistema [a exemplo do que fez HINES et al., (1996) ao propor um conjunto de modelos de moléculas (estruturas com estoques e fluxos) para representar a dinâmica de alguns sistemas)]. Esses elementos (células e moléculas do PEB) podem contribuir para construir a base conceitual da rede dinâmica dos STHs do PEB. Vale observar que estas células e moléculas do PEB são constituídas por estoques e fluxos (elementos da modelagem SD) que capturam a dinâmica de atuação dos STHs do PEB. Tais elementos (células e moléculas) poderão ser utilizados, em trabalhos futuros, para dar início ao projeto de modelar o PEB com a devida abrangência, profundidade e fidelidade.

1.6. Metodologia de Pesquisa.

Segundo Severino (2016) a construção do conhecimento, realizada por meio da ciência, envolve três grandes dimensões: uma dimensão epistemológica, uma dimensão metodológica e uma dimensão técnica. Pode-se dizer que este trabalho de tese de doutorado cumpre esses três requisitos, visto que, por meio da pesquisa bibliográfica e da concepção de uma nova metodologia de

modelagem foi possível construir conhecimentos e atuar na dimensão epistemológica. Adotando métodos exploratórios e em alguns casos descritivos de pesquisa trabalhou-se a dimensão metodológica e, finalmente, procurando entender, discutir e aplicar os conhecimentos adquiridos em um contexto da vida real (p. ex. estudo de caso, simplificado, sobre o sistema PEB), se exercitou a dimensão técnica.

Segundo Gil (2010) é possível classificar uma pesquisa científica baseando-se em seus objetivos. O autor também menciona que as pesquisas científicas podem ser classificadas em três grandes grupos: exploratórias, descritivas e explicativas.

- As pesquisas exploratórias tem o objetivo de proporcionar maior familiaridade com o problema observado, com vistas a torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses. Este tipo de pesquisa permite o aprimoramento das ideias e a descoberta de intuições. Seu planejamento é flexível de modo a possibilitar que se façam considerações sobre os mais variados aspectos relativos ao fato estudado. As ferramentas normalmente utilizadas neste tipo de pesquisa são: (a) pesquisa bibliográfica ou estudo de casos; (b) entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado; e (c) análise de exemplos que estimulem a compreensão do problema.
- Já as pesquisas descritivas tem o objetivo de descrever as características de determinada população ou fenômeno e estabelecer as principais relações entre suas variáveis. Este tipo de pesquisa utiliza como ferramenta, técnicas padronizadas de coleta de dados, tais como, questionários e a observação sistemática. Gil (2010) chama a atenção para a característica dual que este tipo de pesquisa pode assumir:

Segundo o autor existem pesquisas que embora sejam definidas como descritivas, com base em seus objetivos, acabam servindo mais para proporcionar uma visão do problema, o que as aproxima das pesquisas exploratórias. Segundo o autor a

comunhão desses dois tipos de pesquisa atende aos anseios dos pesquisadores que estão preocupados com uma atuação prática.

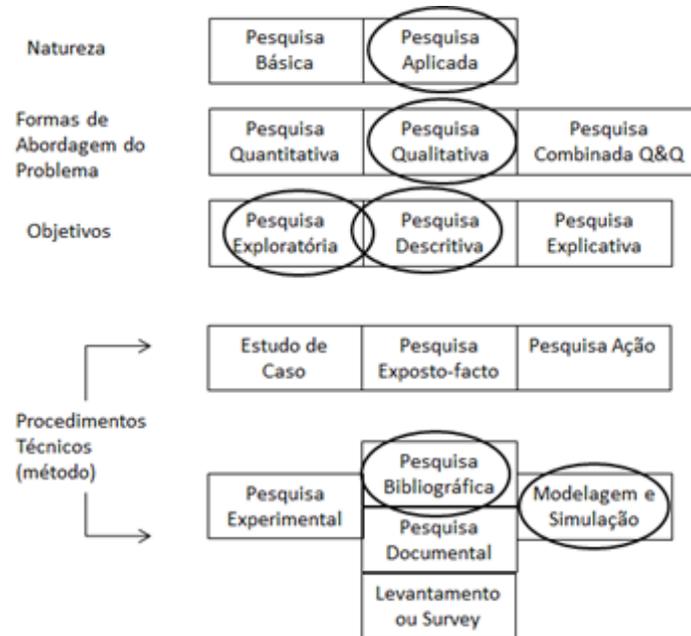
Por outro lado, algumas pesquisas descritivas vão além da simples identificação da existência de relações entre as variáveis e aplicam-se a determinar a natureza desta relação. Neste caso tem-se uma pesquisa descritiva que se aproxima da pesquisa explicativa.

- As pesquisas explicativas, por sua vez, tem o objetivo de identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência de determinados fenômenos. Este tipo de pesquisa utiliza métodos experimentais e observacionais, sendo o que mais aprofunda o conhecimento da realidade, porque explica a razão e o porquê das coisas. Estas características impõem ao pesquisador um risco maior de cometer erros, o que torna este tipo de pesquisa mais complexa e delicada. Gil (2010) conclui dizendo que a maior parte do conhecimento científico está assentada nos resultados oferecidos pelos estudos explicativos e que as pesquisas exploratórias e descritivas constituem etapas prévias e indispensáveis para que se possam obter explicações científicas.

Assim, baseado nas definições de Gil (2010) e no objetivo específico deste trabalho de tese, pode-se dizer que a pesquisa científica desenvolvida aqui é do tipo exploratória descritiva.

A Figura 1.1 ilustra a tipificação da pesquisa utilizada para elaborar esta tese de doutorado.

Figura 1.1 – Tipificação da Pesquisa Científica Utilizada na Tese.



1.6.1. Revisão Bibliográfica.

É importante ressaltar que durante o trabalho de revisão bibliográfica procurou-se por referências que tratassem dos conceitos envolvendo a Teoria STH e a Metodologia SD e estudos de caso sobre suas aplicações. Procurou-se também por trabalhos que propusessem formas de combinar estas duas áreas do conhecimento. Os trabalhos mais pertinentes e atuais, inserido no contexto acima, foram selecionados e estudados. A Figura 1.2 mostra como estas referências estão distribuídas ao longo do tempo.

Figura 1.2 - Ano de Publicação das Ref. Bibliográficas citadas na Tese.



1.6.2. Análise Bibliométrica.

Na fase de pesquisa bibliográfica, que redundou nos textos dos capítulos 3 e 4, procedeu-se também a uma análise bibliométrica que utilizou como ferramentas (1) as bases de dados da *Web of Science* (Wos) e (2) softwares dedicados à análise bibliométrica (p. ex. *VOSviewer*). Um esboço das telas contendo os resultados da pesquisa bibliográfica e da análise bibliométrica estão apresentadas no Anexo G. Existem trabalhos atuais e específicos sobre a análise bibliométrica feitos sobre os temas T. STH e M. SD, p. ex. (MAZZA et al., 2017; GMAP⁴).

1.7. Originalidade, Generalidade e Utilidade.

Segundo Severino (2016) e Rabello (2017) toda tese de doutorado deve possuir Originalidade, Generalidade e Utilidade. Este trabalho de doutorado atendeu a esses requisitos da seguinte forma:

Quanto à originalidade, este trabalho apresenta uma forma nova e particular de combinar a T. STH e a M. SD em uma nova metodologia de modelagem (a

⁴ GMAP UNISINOS - Grupo de Pesquisa em Modelagem para Aprendizagem – Apresentação: “Bibliometria - Conceitos e Histórico [Parte 1/4]. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=E4Ej746hrVM&t=62s> Acesso em: jan. 2018.

Metodologia STH/SD) que propicia a análise e simulação de sistemas complexos e dinâmicos.

A Tabela 1.1 é um exemplo de roteiro utilizado na pesquisa bibliográfica. Ela relaciona o conhecimento disponível com o que se pretende realizar. Ela ilustra também o que existe de mais atual na área de pesquisa sobre o tema central desta tese.

Quanto à generalidade, a Metodologia STH/SD é um método geral de modelagem de sistemas que combina a teoria STH e a metodologia SD. Ela poderá ser aplicada para modelar sistemas, compostos por *Stakeholders* (STHs) cujas interações produzam mudanças no sistema. Os sistemas modelados podem ser oriundos de diversas áreas do conhecimento, como por exemplo: engenharia, administração, saúde, agricultura, segurança, etc.

Quanto à utilidade, a Metodologia STH/SD poderá ser aplicada, por exemplo, para modelar os projetos do sistema PEB, nos quais o INPE⁵ e o SINDAE⁶ estão envolvidos, melhorando a capacidade dos gestores para analisar cenários, planejar missões e tomar decisão.

Para sustentar o argumento da utilidade e contemporaneidade deste tema, para o trabalho de tese, faz-se menção à Saeed (2014), que discute os benefícios da metodologia SD para se repensar a prática dos problemas econômicos contemporâneos. Dentre as principais características da M. SD. citadas pelo autor destacam-se as seguintes:

- 1) Os Modelos SD propostos nos trabalhos de Forrester são baseados em extensas conversas com os *Stakeholders* em organizações que lidam com específicos e complexos problemas em seu ramo de negócio.

⁵ INPE (Instituto Nacional de pesquisas Espaciais): Instituição pertencentes ao MCTIC.

⁶SINDAE (Sistema Nacional de Atividades Espaciais): Arranjo de Instituições (agentes/stakeholders) que atuam no PEB.

Tabela 1.1 – Itens da Pesquisa Bibliográfica.

Estratégia para alcançar o conhecimento disponível na literatura	Conhecimento buscado neste trabalho de tese
<p>Pesquisa bibliográfica sobre a aplicação da T. STH e os trabalhos pioneiros e atuais de Freeman nesta área do conhecimento.</p>	<p>A fundamentação teórica da T. STH.</p> <p>A visão atual dos críticos e afetos à T STH.</p> <p>Pesquisa sobre Frameworks que implementam os conceitos da T. STHs e se aplicam a melhoraria da performance das corporações.</p> <p>Nota: Este trabalho de tese possui um anexo contendo uma amostra dos Frameworks sugeridos pela academia como instrumentos para se aplicar a T. STH.</p>
<p>Pesquisa bibliográfica sobre a aplicação da M. SD e os trabalhos pioneiros e atuais de Forrester utilizando a M. SD.</p> <p>Nota: Observar que a metodologia SD está em fase de consolidação. Em FORRESTER (2007) e KUNC (2012) os autores propõem que a M. SD seja estudada (inclusive no ensino fundamental e médio) como uma nova área do conhecimento.</p>	<p>Itens estudados sobre a M. SD:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A fundamentação teórica da M. SD. • Exemplos atuais de aplicação da M. SD. • Áreas de aplicação da M. SD. • Especificidades da modelagem SD. • Aplicação da M. SD na gestão de sistemas e recursos (p. ex. políticos, naturais, hídricos, climáticos, etc.). <p>Nota: Este trabalho de tese contém seis anexos sobre a M. SD; um deles mostrando a fundamentação teórica da área de engenharia de controle, que dá suporte a M. SD, e outro propondo um tutorial sobre modelagem de sistemas usando a M. SD.</p>
<p>Pesquisa bibliográfica sobre a lacuna existente na T. STH relativo à dinâmica dos STHs. (FASSIN, 2011, 2008; FRIEDMAN; MILES, 2002; VOINOV et al., 2010 e 2016).</p>	<p>Constatação de que existe uma lacuna na área de conhecimento da T. STH.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pesquisa sobre soluções candidatas ou possíveis soluções para o preenchimento da lacuna dinâmica existente na T. STH.
<p>Pesquisa bibl. sobre trabalhos já existem que propusessem formas de combinar a T. STH e M. SD [ELIAS et al. (2000), ELIAS (2012), ZWIKAEL et al. (2012), INAM et al. (2015), ZAINI et al. (2015) e LU et al (2017)].</p>	<p>Pesquisa por trabalhos semelhantes à Tese.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pesquisa sobre os trabalhos específicos que utilizam de forma combinada a T. STH e a M. SD para modelar sistemas complexos e gerir seus recursos.

2) A abordagem de Forrester para a economia “*Jay Forrester’s operational approach to Economics*, SAEED (2014)” pode ser de interesse dos gestores, planejadores, funcionários públicos e outros estudiosos interessados em modelar problemas econômicos.

3) O trabalho do Prof. Forrester foca na representação (modelagem) realista da estrutura de tomada de decisão das organizações, para então tratar as questões específicas de suas políticas corporativas.

4) O trabalho do Prof. Forrester enfatiza a utilização de informações experienciais sobre “como as pessoas (equipes) desempenham suas funções diárias”, para que se possam definir os limites do modelo sistêmico que deverá prover respostas sobre os comportamentos específicos dos problemas que se deseja estudar.

5) Os atores, presentes nos modelos de Forrester, trabalham com informações limitadas quando tentam “equilibrar” suas ações cotidianas.

6) Os modelos de Forrester são construídos a partir de informações providenciadas por gestores do mundo real, que nem sempre observam as premissas teóricas sobre escolhas racionais, como, por exemplo, aquelas que mencionam que as adjacências e o equilíbrio estão sujeitos aos principais objetivos econômicos. Esses objetivos lidam com questões econômicas chaves, tais como:

- a. A dinâmica de abastecimento (de curto e longo prazo) das empresas;
- b. O comportamento cíclico da economia;
- c. A estagnação econômica e a interação “economia e meio ambiente”;

SAEED (2014) deixa claro que estas premissas criam novas perspectivas que muitas vezes desafiam a sabedoria e as formas convencionais de agir.

Segundo Saeed (2014), a metodologia *System Dynamics* (SD) tem sido utilizada por consultores para estudar e modelar:

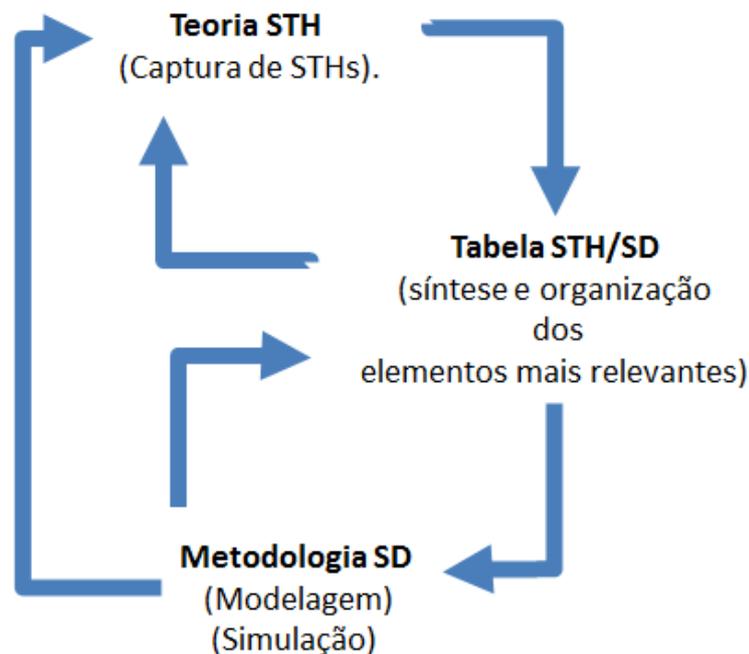
- 1) O aquecimento Global (STERMAN; SWEENEY, 2007);
- 2) A Propagação de epidemias (ROBERTS, 1994);
- 3) Melhoria do tratamento para doenças crônicas (RODGERS; GALLAGHER, 2010);
- 4) As causas da deterioração Urbana (FORRESTER, 1969);
- 5) Sistema de Saúde (RICHARDSON, 2000, 2006);
- 6) Limites do crescimento (MEADOWS et al., 1972);

Segundo Richardson (2014), a maioria das pessoas confia mais em seus modelos mentais do que nos modelos formais. Em contrapartida, segundo o autor, um bom analista deve ser capaz de utilizar ambos os modelos discernindo em que situação cada modelo pode representar melhor o sistema.

Assim, pode-se dizer que uma das utilidades da Metodologia STH/SD é auxiliar o trabalho do analista, pois, ela utiliza a teoria STH para capturar os elementos chave do sistema e os combina com a estruturação e simulação propostos pela metodologia SD. A Metodologia STH/SD organiza os principais elementos que atuam no sistema, contribuindo para o processo de modelagem mental e formal dos *Stakeholders* e da dinâmica de sua rede de interações.

Em síntese, o que este trabalho propõe está esboçado no fluxograma da Figura 1.3. Este esboço mostra como se pretende combinar recursivamente as etapas de captura de STHs e de modelagem SD. A tabela STH/SD é um dos mecanismos utilizados para fazer a integração do mundo STH e do mundo SD. Nos capítulos seguintes, a ideia geral apresentada na Figura 1.3 será melhor explicada.

Figura 1.3 – Esboço do fluxograma utilizado para combinar recursivamente a Teoria Stakeholder (T. STH) e a Metodologia System Dynamics (M. SD).



1.8. Organização da Tese

Este trabalho de tese está organizado em 5 partes conforme descrito a seguir:

A Parte I, contendo os capítulos 1 e 2.

Na Parte I faz-se uma introdução sobre o conteúdo desta monografia.

No Capítulo 1 explica-se o contexto no qual a tese se insere, apresentam-se as justificativas e as motivações para desenvolver este trabalho, bem como o objetivo que se espera alcançar. Tratam-se também sobre a originalidade, a generalidade e a utilidade, da tese, explicando sobre suas potenciais contribuições e a metodologia de pesquisa utilizada. No Capítulo 2 faz-se um resumo sobre o PEB, pois, um esboço deste sistema complexo, será utilizado para aplicar a Metodologia STH/SD.

A Parte II, contendo os capítulos 3 e 4.

Na Parte II apresentam-se a fundamentação teórica e uma síntese da revisão bibliográfica

Nos Capítulos 3 e 4 faz-se uma breve apresentação dos conceitos básicos que dão fundamentação teórica à Tese. Nos Capítulos 3 e 4 apresenta-se, respectivamente, um *overview* sobre a T. STH e sobre a M SD.

A Parte III, contendo o capítulo 5.

Na Parte III apresenta-se a contribuição deste trabalho de tese.

No Capítulo 5 apresenta-se a nova metodologia de modelagem de sistemas, denomina Metodologia STH/SD.

A Parte IV, contendo o capítulo 6.

Na Parte IV apresenta-se um estudo de caso onde se aplica a Metodologia STH/SD. Apresenta-se um estudo de caso onde se aplica a Metodologia STH/SD para modelar teoricamente e parcialmente o PEB.

A Parte V, contendo os capítulos 7 e 8.

Na Parte V apresentam-se as avaliações e conclusões sobre o trabalho.

No Capítulo 7 apresenta-se uma discussão sobre este trabalho comparando-o com outros trabalhos semelhantes. Apresentam-se também as contribuições propiciadas por este trabalho.

No Capítulo 8 apresentam-se as conclusões e as propostas de trabalhos futuros.

Dada à abrangência dos conceitos envolvidos na T. STH e na M. SD elaboram-se sete anexos cujo objetivo é complementar os conceitos apresentados na Parte II (Fundamentação Teórica), dar suporte à proposta apresentada na parte III e as simulações feitas na parte IV.

Elaborou-se também um adendo que contém o equacionamento matemático dos diagramas, utilizados no estudo de caso apresentado no Capítulo 6.

2 PANORAMA DO PROGRAMA ESPACIAL BRASILEIRO (PEB).

2.1. Introdução.

O PEB é um programa com aproximadamente 50 anos de existência, constituído por diversos atores (*Stakeholders*), com múltiplos interesses e atributos, dispostos em múltiplos cenários (político, econômico, industrial, nacional, internacional, etc.) e regulamentado por um marco legal normativo. O principal objetivo do PEB é atender às demandas da sociedade brasileira, produzindo e entregando produtos e serviços, relacionados ao espaço. Devido à sua pluralidade, escrever sobre o PEB, com a devida profundidade e abrangência exigiria um grande espaço nesta monografia o que poderia desviar, neste momento, do objetivo principal deste trabalho de tese. Assim, considerando a magnitude do PEB, este capítulo apresenta apenas um resumo sobre o programa, com objetivo de explicitar algumas de suas características mais relevantes e prover os elementos básicos para que se possa contextualizar, parcialmente, o PEB e permitir que a Metodologia STH/SD seja aplicada em um estudo de caso sobre esse sistema. O *overview* apresentado aqui é um esboço, uma simplificação do sistema PEB. O estudo de caso será apresentado no capítulo 6.

Sobre as referências bibliográficas utilizadas para escrever este capítulo ressaltam-se aquelas listadas na Tabela 2.1. Elas são uma amostra da literatura disponível, entretanto, sintetizam com objetividade o PEB.

2.2. Histórico sobre o PEB.

O início do Programa Espacial Brasileiro (PEB) data dos anos 60, com a criação do Grupo Organizador da Comissão Nacional de Atividades Espaciais (GOCNAE). Em seus primeiros anos, o PEB concentrou-se na implantação da infraestrutura básica de laboratórios e da formação de recursos humanos (RH), voltados principalmente às áreas de ciência espacial, tecnologia espacial, sensoriamento remoto, telecomunicações, mecânica orbital e análise de sistemas, cujas aplicações estavam direcionadas principalmente à observação da terra (PEREIRA, 2009 p. 16).

Tabela 2.1 – Amostra de importantes referências bibliográficas sobre o PEB.

COSTA FILHO, Edmilson. Política espacial brasileira: a política científica e tecnológica no setor aeroespacial brasileiro . Editora Revan, 2002.
Miranda I. J. Os Primórdios da Atividade Espacial na Aeronáutica: Resgatando a Memória do Grupo Executivo e de Trabalho e Estudos de Projetos Espaciais . GTEPE/GETEPE/IAE, 2005.
ESCADA, Paulo Augusto Sobral et al. Origem, institucionalização e desenvolvimento das atividades espaciais brasileiras (1940-1980) , 2005. Dissertação de Mestrado
RIBEIRO, Ludmila Deute. Avaliação do Sistema Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais . 2007. Tese de Doutorado.
Pereira, Guilherme Reis. Ciência e Sociedade: Institucionalização do INPE . Editora Rima 2009
Câmara dos Deputados. A Política Espacial Brasileira (parte I e II) . Conselho de Altos estudos e Avaliação Tecnológica. Edição Câmara, Brasília 2010.
Oliveira M. E. R. A POLÍTICA DE COMPRAS DO PROGRAMA ESPACIAL BRASILEIRO COMO INSTRUMENTO DE CAPACITAÇÃO INDUSTRIAL . Tese de Doutorado. INPE, São José dos Campos, 2014.
PNAE 2012 – 2021 – Programa Nacional de Atividades Espaciais .
Presidência da República: Secretaria de Assuntos Estratégicos. Desafios do Programa Espacial Brasileiro . Brasília, 2011.
E SILVA, Rozane da Fonseca; DAWSON, Sandra. Understanding strategic decision making in the context of international space activities . Space Policy, v. 12, n. 1, p. 29-43, 1996.
Documentos do Planejamento estratégico do INPE. Disponíveis em http://www.inpe.br/acessoainformacao/documentos . Acesso em: jan. de 2018,

No final da década de 1960 e início da década de 1970 foram criados o Instituto de Atividades Espaciais (hoje Instituto de Aeronáutica e Espaço - IAE) e o Instituto de Pesquisa Espacial (hoje Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE). O primeiro, subordinado à Força Aérea Brasileira, ficou responsável pela pesquisa e desenvolvimento de foguetes, enquanto o INPE, então subordinado ao Conselho Nacional de Pesquisa Civil (hoje Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq), substituiu o GOCNAE (extinto em 1971), e ficou responsável pelas atividades de pesquisa e desenvolvimento dos satélites (p. ex. cargas úteis) e dos serviços relacionados às suas aplicações (COSTA FILHO, 2002).

No final da década de 1970, o PEB recebeu um grande impulso com o estabelecimento da Missão Espacial Completa Brasileira (MECB), cujo objetivo estratégico era fazer com que o País ganhasse autonomia tecnológica, científica e industrial, para produzir lançadores e satélites por conta própria. Dentre os primeiros objetivos da MECB estava, colocar em órbita dois Satélites de Coleta de Dados ambientais (SCD-1 e SCD-2) e dois Satélites de Sensoriamento Remoto (SSR-1 e SSR-2), com massa de aproximada de 120 Kg em cada satélite (COSTA FILHO, 2002 p. 116), utilizando foguetes brasileiros e fazendo o lançamento de um sítio localizado no Brasil. Os dados históricos mostram que os objetivos iniciais da MECB foram parcialmente cumpridos (COSTA FILHO, 2002 p. 120 - 124), apesar deste sucesso parcial, é possível afirmar que a MECB estabeleceu os fundamentos de grande parte da valiosa infraestrutura (recursos materiais e humanos) relacionados ao acesso e uso do espaço, existentes hoje no Brasil.

A estrutura funcional atual do PEB foi estabelecida em meados da década de 1990 com a criação da Agência Espacial Brasileira (AEB⁷), uma autarquia federal de natureza civil, responsável por formular e revisar periodicamente o Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE⁸). Naquele momento, foi divulgada uma atualização da Política Nacional para o Desenvolvimento das

⁷ AEB: Disponível em <http://www.aeb.gov.br/> Acesso em: jan. 2018.

⁸ PNAE: Disponível em <http://www.aeb.gov.br/wp-content/uploads/2013/01/PNAE-Ingles.pdf> Acesso em: jan. 2018.

Atividades Espaciais (PNDAE⁹) onde se estabeleceu o Sistema Nacional para o Desenvolvimento das Atividades Espaciais (SINDAE¹⁰). O objetivo principal do SINDAE é "organizar a execução das atividades voltadas para o desenvolvimento espacial nacional". Sob a coordenação central da AEB, o SINDAE incorpora outras organizações, governamentais e privadas, que são responsáveis pela execução das ações e programas do PNAE. Na Figura 2.1 mostra-se uma representação atual do SINDAE, retratando seus principais atores (*Stakeholders*).

Sobre os *Stakeholders* (STHs) que atuam no PEB vale ressaltar que o desenvolvimento e a expansão do Programa Espacial Brasileiro (PEB) dependem de parcerias nacionais estabelecidas com ministérios, departamentos e outras agências governamentais que tem interesse em seus produtos e serviços e que também podem financiar parte dos projetos de interesse nacional. As parcerias internacionais são utilizadas para troca de conhecimento, compartilhamento de informações, acordos geopolíticos etc. Essas parcerias são utilizadas como forma de compartilhar as *facilities*, os altos custos e os riscos associados ao desenvolvimento de satélites (p. ex. os seis satélites de observação da terra, da família CBERS, já desenvolvidos através da parceria entre os governos do Brasil e da China). Existem dentro do governo brasileiro várias unidades que já são usuárias e outras que são potenciais usuárias de sistemas espaciais e que podem ser interpretados como agentes financeiros (*Stakeholders* reais e potenciais) para a implementação das atividades do PNAE.

Sobre a alocação de recursos financeiros, pode-se dizer que, considerando apenas os recursos financeiros¹¹ do setor público, os projetos relacionados ao PEB foram responsáveis por um volume de negócios da ordem de U\$ 200 milhões por ano, entre os anos de 2011 e 2015. Esse orçamento foi aplicado

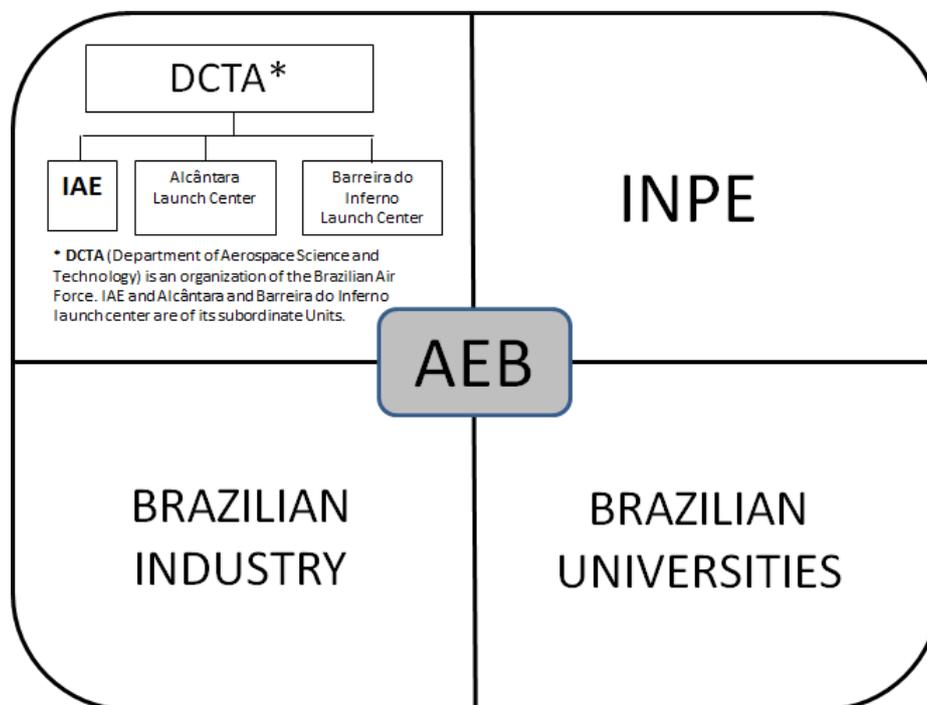
⁹PNDAE: Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1990-1994/D1332.htm Acesso em: jan. 2018.

¹⁰SINDAE: Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1996/D1953.htm Acesso em jan. 2018.

¹¹AEB (Financeiro): Disponível em <http://www.aeb.gov.br/programa-espacial/investimentos/> Acesso em: jan. 2018.

em atividades específicas, tais como P&D e serviços relacionados a satélites e suas aplicações, lançamentos de veículos, infraestrutura terrestre, treinamentos e gerenciamento da força de trabalho.

Figure 2.1 – Representação dos Principais Atores (*Stakeholders*) do SINDAE.



Fonte: Adaptado do sítio da AEB (2018)¹².

Considerando o setor privado, de acordo com a Associação das Indústrias Aeroespaciais do Brasil (AIAB)¹³, atualmente há aproximadamente 50 indústrias, que geram aproximadamente 25 mil empregos diretos, trabalhando na indústria aeroespacial brasileira, todos capazes de prestar serviços para atender aos projetos do PEB. No entanto, a receita de atividades estritamente espaciais representou em 2013 aproximadamente US\$ 32,2 milhões de dólares (o que equivale a 0,46% do total das receitas auferidas pelas empresas do setor naquele ano). Em 2015, a receita, com atividades espaciais, foi reduzida para US\$ 6,75 milhões, o que representou 0,09% do total. Em 2016 a percentagem com atividades espaciais se manteve em 0,09% do total.

¹²AEB: Disponível em <http://www.aeb.gov.br/sistema-nacional-de-desenvolvimento-das-atividades-espaciais/>. Acesso em: jan. 2018.

¹³AIAB: Disponível em <http://www.aiab.org.br/numeros-da-aiab.asp>. Acesso em: jan. 2018.

Segundo o sitio da *Euroconsult*¹⁴, que faz um comparativo entre os gastos governamentais dos programas espaciais civis, no contexto mundial, o investimento brasileiro no PEB, no ano de 2016, foi da ordem de U\$ 163 milhões¹⁵, este valor foi 66% menor do que o valor dispendido no ano de 2014¹⁶. Ainda segundo a *Euroconsult*, em 2005 existiam 30 países com programas espaciais próprios, em 2015 este número era de 60 países e em 2025 estima-se que existirão 80 países com programas espaciais próprios. Esses números mostram que o mercado espacial mundial está em plena expansão, em contraste com os indicadores de derivada negativa encontrados no PEB.

Apesar dos importantes resultados alcançados pelo PEB, há indicadores que apontam para um cenário de estagnação e declínio das atividades espaciais no Brasil (LEMOS JÚNIOR, 2014). Além da diminuição da receita, mencionada no parágrafo anterior, há uma redução preocupante da força de trabalho do PEB e do investimento em novos projetos, que já estão impactando na capacidade técnica e científica de seus principais executores (AAB 2010; AEB 2012; BARTELS 2016; CARDOSO 2012; LEMOS JÚNIOR 2014; TCU 2016). Por outro lado, iniciativas como o Programa Estratégico de Sistemas Espaciais (PESE) (CAMILO, 2016; LEMOS JÚNIOR, 2014) e as expressivas demandas existentes no Brasil por serviços e produtos espaciais, a maioria delas cumpridas por sistemas espaciais estrangeiros (p. ex. licitações¹⁷: projeto-1 de aproximadamente R\$ 83 milhões e projeto-2 de aproximadamente R\$ 64 milhões), revelam que existe, atualmente no Brasil, um extraordinário potencial para que se promova um aumento robusto e potencialmente sustentável das atividades relacionadas ao PEB.

¹⁴ Euroconsult: Disponível em <http://www.euroconsult-ec.com/>. Acesso em: jan. 2018.

¹⁵ World Government Expenditure for Space Programs (2016): Disponível em: http://www.euroconsult-ec.com/30_May_2017. Acesso em: jan. 2018.

¹⁶ World Government Expenditure for Space Programs (2014): Disponível em: <http://www.unoosa.org/documents/pdf/copuos/stsc/2016/symp-01E.pdf>. Acesso em: jan. 2018.

¹⁷ Exemplos de Licitação do Governo Federal para compra de imagens (1) "Pregão Eletrônico para registro de preços nº 02/2014", (2) Projeto Amazônia SAR de aproximadamente R\$ 64 milhões. Disponível em: http://www.fundoamazonia.gov.br/FundoAmazonia/fam/site_pt/Esquerdo/Projetos_Apoiados/Lista_Projetos/CENSIPAM. Acesso em: jan. 2018.

Se forem somadas às demandas e projetos (reais e potenciais), as atuais *facilities* e *know how* que o Brasil já produziu e vem produzindo ao longo de mais de 50 anos de PEB, p. ex. Oliveira, (2014); Miranda (2005); Moltz (2015), pode-se inferir sobre o patrimônio tecnológico e científico que o PEB representa. Diante da magnitude deste cenário é justo aspirar que o Brasil se alie às nações mais desenvolvidas (que tem um programa espacial mais maduro do que o PEB) na busca por ferramentas de planejamento e gestão mais adequadas (PETRONI et al., 2009; DEWES et al., 2010, 2015), **que permitam estimar cenários e gerir recursos, como aqueles materializados por meio do PEB.**

Como exemplos (como amostra) dos inestimáveis recursos (p. ex. a infraestrutura física e know how) construídos por meio do PEB, nas instituições públicas e privadas brasileiras, podem ser citados; os laboratórios de desenvolvimento, fabricação e testes do INPE (LIT¹⁸, DIDEA, DIDMC, DIDSS, DIDSE, Propulsão¹⁹, etc.), do IAE²⁰ (Aerodinâmica, Materiais, Propulsão, Sistemas, etc..) das empresas brasileiras FIBRAFORTE²¹, OPTO²², CENIC, etc. e ainda toda a infraestrutura de solo composta por estações de rastreamento, controle e processamento de dados de satélites (p. ex.: nas cidades de Cuiabá, Alcântara, Cachoeira Paulista, São Jose dos Campos, etc..) e ainda os centros de lançamentos de foguetes [centro de lançamento de foguetes de Alcântara (CLA) e da Barreira do Inferno no Maranhão (CLBI)].

¹⁸ LIT (Laboratório de Integração e Testes do INPE): Exemplo de *facilities* encontradas no LIT e seus projeto de ampliação (Disponível em: <http://www.lit.inpe.br/pt-br> e http://www.lit.inpe.br/pt-br/projeto_lit_2020. Acesso em: jan. 2018.

¹⁹ LCP (Laboratório Associado de Combustão e Propulsão do INPE): Exemplo de *facilities* encontradas no LCP. (Disponível em: <http://www.lcp.inpe.br/>. Acesso em: jan. 2018.

²⁰ Laboratórios do IAE: Exemplo de *facilities* encontradas nos laboratórios de desenvolvimento e testes dos IAE (Disponível em: <http://www.iae.cta.br/index.php/laboratorios> Acesso em: jan. 2018.

²¹ Empresa FIBRAFORTE: Participa das missões dos satélites CBERS e Amazônia fornecendo e desenvolvendo equipamentos e subsistemas (Disponível em: <http://www.fibraforte.com.br/> Acess em: jan. 2018.

²² OPTO space & Defense: A Opto foi adquirida em 2017 pela empresa AKAER. Ela participa das missões dos satélites CBERS e Amazônia fornecendo e desenvolvendo equipamentos e subsistemas (Disponível em: <http://opto.com.br/defesa-e-espaco/> e em <https://www.akaer.com.br/20170123.html> Acesso em: jan. 2018.

Os itens mencionados no parágrafo anterior são uma amostra e também uma prova do inestimável patrimônio e da extraordinária capacidade instalada nas instituições brasileiras, capazes de atender às demandas nacionais e até às demandas internacionais por produtos e serviços relacionados ao espaço. Essas instituições possuem ainda um histórico de entrega de produtos e serviços qualificados espacialmente (OLIVEIRA, 2014). Todavia, deve-se observar que esse patrimônio nacional precisa ser gerido de forma estratégica, sob pena de ver seus recursos ociosos, subutilizados ou deteriorados.

Complementando este resumo sobre o PEB é importante destacar o arcabouço legal que permeia todas as atividades do PEB (SILVA, 2010 p. 19; ALVES 2010). Vale salientar que as instituições públicas e privadas que figuram no SINDAE, como usuários ou fornecedores e os órgãos de assessoramento e controle jurídico (respectivamente AGU, CGU e TCU), devem atuar no PEB cumprindo a legislação brasileira.

A Tabela 2.2 traz uma amostra das leis que compõe o marco legal brasileiro. Destaca-se entretanto que, executar as ações do PEB seguindo o marco legal normativo brasileiro exige um grande esforço de planejamento, controle e gestão. Tais funções poderiam ser executadas de forma mais eficiente se utilizassem uma ferramenta de modelagem e simulação de cenários onde as componentes do marco legal figurassem como elementos do modelo do sistema.

Sintetizando o texto acima, pode-se dizer que:

- 1) O PEB é um sistema complexo e dinâmico, formado por inúmeros *Stakeholders* (STHs).
- 2) O PEB pode ser representado por uma rede de STHs conectados por inúmeras interfaces que representam os interesses destes STHs.
- 3) O SINDAE é uma das representações possíveis para o PEB onde se vê a participação de STHs como a Indústria, as Universidades, os Órgãos Executores do PNAE (INPE e DCTA) e os parceiros internacionais;

- 4) O PEB é afetado por interesses geopolíticos, tecnológicos, mercadológicos e legais.
- 5) O PEB provoca questionamentos, em todos os escalões do governo, sobre sua atual governança²³.
- 6) O PEB tem elementos que o constitui ou influencia, como por exemplo:
 - a. STHs
 - b. O Marco legal Brasileiro
 - c. Os Laboratórios e Know-how contidos nas instituições públicas e privadas Nacionais
 - d. Os Laboratórios e Know-how contidos nas instituições públicas e privadas Internacionais
 - e. Etc.
- 7) O PEB é um instrumento que se mostrou capaz de materializar, mesmo que parcialmente, algumas políticas do estado brasileiro.
- 8) Por meio do PEB o Brasil construiu um passivo (encargos) e um ativo (bens) na aérea espacial de valor inestimável.
- 9) O patrimônio tecnológico construído por meio do PEB (p. ex.; *Facilities e Know-how*) e sua capacidade de gerar valor, suscita reflexões, como por exemplo:

²³ Ver referências sobre a Apresentação do Setor Espacial Brasileiro feita pelo Comandante da Aeronáutica, Tenente-Brigadeiro-do-Ar Nivaldo Rossato, à Comissão de Ciência, Tecnologia, Inovação, Comunicação e Informática, do Senado Federal, em 16 AGO 2017 (Disponível em: <http://www.fab.mil.br/noticias/mostra/30763/ESPA%C3%87O%20-%20Comandante%20sugere%20novos%20processos%20de%20governan%C3%A7a%20para%20%C3%A1rea%20espacial> e em <https://www.youtube.com/watch?v=ifTERSgwbd8> , Acessados em jan. 2018). Ver também repercussão veiculada na mídia: (Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2017/08/16/comandante-da-aeronautica-aponta-prejuizo-do-repasse-descontínuo-de-verbás> .Acesso em: jan. 2018.

- a. Este patrimônio nacional está exposto à ociosidade e deterioração e precisa ser administrado da forma mais eficiente possível com o objetivo de gerar valor.
- b. Atualmente, nações cujos programas espaciais são mais maduros do que o PEB estão desenvolvendo formas mais eficientes de gerir seus programas.

Tabela 2.2 – Amostra de leis, aplicadas ao PEB, que compõe o Marco Legal Brasileiro.

<ul style="list-style-type: none"> • Leis orçamentarias²⁴ (p. ex. PPA, LDO, LOA).
<ul style="list-style-type: none"> • Lei da Informática, válida até 31/12/2029 [é um incentivo que busca alterar a competitividade das empresas por meio da redução do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI)].
<ul style="list-style-type: none"> • Lei do Bem (permite a dedução direta dos dispêndios em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D&I) do lucro das firmas, alterando o custo de uso do capital destinado a esse investimento).
<ul style="list-style-type: none"> • Lei da Inovação (A Lei 10.973 de 12/2004. dispõe de incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo. Apesar de não prever a alocação direta de recursos, ela serve como base para diversas ações e leis federais subsequentes para incentivo à P&D.
<ul style="list-style-type: none"> • Lei 8666 (normas para licitações e contratos da Administração Pública)
<ul style="list-style-type: none"> • Lei nº 13.529, de 04/12/2017 (Lei 11.079: Parceria Público-Privada - PPP).
<ul style="list-style-type: none"> • Lei nº 13.243/2016 (Marco Legal da Ciência, Tecnologia e Inovação).

Fontes: Kannebley; Porto, (2012) e Marco Legal de Ciência, Tecnologia e Inovação (2018)²⁵.

²⁴ Leis Orçamentarias: Plano Plurianual (PPA), que prevê a arrecadação e os gastos em programas e ações para um período de quatro anos, a Lei de Diretrizes Orçamentárias (LDO), que estabelece as metas e prioridades para o exercício financeiro, orienta a elaboração do orçamento e faz alterações na legislação tributária, e a Lei Orçamentária Anual (LOA), que estima receitas e fixa despesas para um ano, de acordo com as prioridades contidas no PPA e LDO, detalhando quanto será gasto em cada ação e programa (Alves 2010, p. 18).

²⁵ Ref: Disponível em: <http://ses.sp.bvs.br/wp-content/uploads/2017/09/Marco-Legal-C-e-T-SETEMBRO-2017-2.pdf>. Acesso em jan. de 2018.

As características listadas acima inspiram este trabalho de tese, pois, confirmam a utilidade e a necessidade de se desenvolver métodos de gestão (como p. ex., a metodologia STH/SD) que possam auxiliar no planejamento e na análise da “dinâmica” dos recursos do PEB.

As características listadas acima também serão utilizadas em um estudo de caso onde se aplicará a Metodologia STH/SD para modelar, simplificada, o sistema PEB.

2.3. Exemplos de Demandas/Produtos.

É importante concluir este capítulo salientando as demandas reais e potenciais que podem ser atendidas por meio do PEB. A Tabela 2.3 a seguir é uma amostra do que foi capturado como produtos e serviços capazes de atender às demandas reais e potenciais brasileiras. Tais produtos e serviços e suas respectivas demandas tem uma relação direta como PEB, todavia, nem sempre são atendidos por meio do PEB.

Tabela 2.3 – Exemplo de demandas/produtos, reais (identificadas atualmente) e potenciais, que podem ser atendidas por meio dos projetos do PEB.

Referência	
	Demanda/Produto Real (Identificada atualmente)
PNAE - PROGRAMA NACIONAL DE ATIVIDADES ESPACIAIS 2012 - 2021	<ul style="list-style-type: none"> • Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas (SGDC) • Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres (CBERS) • Satélite Geoestacionário de Meteorologia (GEOMET) • Satélite de Observação da Terra por Radar (SAR) • Satélite de Observação da Terra da série Amazônia • Veículos Lançadores • Foguetes sub-orbitais e plataformas de reentrada • Infraestrutura de lançamento para acesso ao espaço (CEA) e serviços de lançamentos comerciais (Acordo Brasil-Ucrânia) • Programa de Tecnologias Críticas • Projetos tecnológicos de baixo custo para satélites de pequeno porte • Projetos de tecnologias alternativas de baixo custo para acesso ao espaço
Outras demandas internas ao DCTA e ao INPE	<ul style="list-style-type: none"> • Outras Demandas internas. <ul style="list-style-type: none"> ○ Por exemplo, cargas úteis científicas.
	Demanda/Produto Potencial
PESE - Programa Estratégico de Sistemas Espaciais. Valor estimado do Programa R\$ 8 Bilhões.	<ul style="list-style-type: none"> • Parceira com o PESE Ref.: Lemos Junior A. S. IMPLANTAÇÃO DO PROGRAMA ESTRATÉGICO DOS SISTEMAS ESPACIAIS BRASILEIRO: uma proposta de investimento contínuo. Rio de Janeiro 2014. Disponível em: http://www.esg.br/images/Monografias/2014/LEMOSJUNIOR.pdf. Acesso em: jan. 2018.
Projeto Amazônia SAR. Valor estimado do projeto: R\$ 63 Milhões.	<ul style="list-style-type: none"> • Implantar um sistema de detecção de desmatamento na Amazônia com uso de imagens de radar orbital Ref.: Amazônia SAR . Disponível em http://www.fundoamazonia.gov.br/FundoAmazonia/fam/site_pt/Esquerdo/Projetos_Apoiados/Lista_Projetos/CENSIPAM. Acesso em: jan. 2018.

continua

Tabela 2.3 – Continuação.

<p>Pregão Eletrônico para registro de preços no 02/2014.</p> <p>Valor estimado do pregão R\$ 82 Milhões.</p> <p>Disponível em: https://www.governoeletronico.gov.br/documentos-e-arquivos/Edital%20-%20Pregao%20Eletronico%20para%20Registro%20de%20Precos%20No%202014.pdf Acesso em: jan. 2018</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Prestação de serviços de Fornecimento de Imagens Óticas Orbitais para instituições governamentais: <ul style="list-style-type: none"> ○ EMBRAPA ○ CGU ○ INPE ○ MCID – M. Desenv., Indústria e Com. Exterior ○ MD - Ministério da Defesa ○ MDS - Ministério do Desenvolvimento Social ○ MI - Ministério da Integração Nacional ○ CPRM (vinculada ao M. de Minas e Energ.) ○ MP/SPU (vinculada ao M. do Planejamento) ○ DNIT ○ VALEC/MT (vinculada ao M. dos Transp.) ○ SEP- Sec. dos Portos (vinc. ao MTPAC) ○ MMA - Ministério do Meio Ambiente, ○ ICA
<p>Demandas levantadas no Planejamento Estratégico do INPE de 2006 até 2008.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Exemplos de Potenciais demandas e projeto: <ul style="list-style-type: none"> ○ Doc. de referencia: CPA-070-2008 - Roteiro de Desenvolvimento de Missões e Tecnologias Espaciais para o período 2008-2020 – Roteiro TEM. Disponível em http://www.inpe.br/acessoainformacao/sites/default/files/CPA-070-2008_v4_28-06-08.pdf Acesso em: jan. de 2018. ○ Doc. de referencia: CPA-046-2006 Estrutura e dinâmica da Indústria Aeroespacial: Subsídios para a identificação de trajetórias possíveis para o desenvolvimento brasileiro. Disponível em http://www.inpe.br/acessoainformacao/sites/default/files/CPA-046-2006_v1_18-12-06.pdf Acesso em: jan. 2018.
<p>Outras demandas Nacionais e Internacionais.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Outras Demandas/produtos. <ul style="list-style-type: none"> ○ Por exemplo, artefatos espaciais oriundos de acordos geopolíticos.

3 A TEORIA STAKEHOLDER (T. STH): BASE CONCEITUAL.

Estudar e/ou pesquisar sobre o tema “*Stakeholders*” é uma atividade ao mesmo tempo anacrônica e vanguardista, haja vista que, segundo Laplume et.al. (2008), indícios da preocupação com a gestão dos interesses dos *Stakeholders* podem ser encontrados em obras mais antigas, como por exemplo, as dos autores Ansoff (1970); Rhenman; Stymne (1965) e do Stamford Research Institute (1982).

Os conceitos antigos sobre a legitimidade do direito de propriedade e sobre a expertise em gestão, no contexto corporativo e social, estão sendo contestados. Consumidores, ambientalistas, grupos de direitos humanos, entre outros, estão colocando novos requisitos, sobre as atividades de negócio, vinculando-as à responsabilidade social. Os trabalhadores estão exigindo “uma voz”, no processo político de tomada de decisão, o que anteriormente era prerrogativa somente dos gestores. O surgimento de grandes corporações multinacionais, com potencial econômico comparável ao de algumas nações, trouxe uma nova consciência de que estas instituições, do setor privado, provocam impactos sobre a vida humana de forma comparável aos impactos provocados pelas políticas governamentais, portanto, tais instituições devem assumir a responsabilidade, quanto ao bem estar, daqueles sobre os quais elas exercem poder (STANFORD RESEARCH INSTITUTE, 1982: citado por LAPLUME et al., 2008 p. 1156).

Ou ainda em trabalhos mais recentes, como por exemplo, os dos ganhadores do premio Nobel de economia de 2016 e de 2015, que em última análise escrevem também sobre a gestão dos interesses dos *Stakeholders* (i.e. contratos, consumo, pobreza, bem-estar social, geração de valor, etc.), que podem ser múltiplos e variados.

Logo no início do trabalho de pesquisa bibliográfica, foi possível constatar a abrangência e a pluralidade da teoria *Stakeholder*. Por exemplo, ao se utilizar as palavras chave “*Stakeholder Theory*” em sítios de pesquisa bibliográfica, como aqueles mencionados no anexo A, obtêm-se como retorno mais de 40 mil obras. Caso se imponha um filtro, restringindo a pesquisa ao ano de 2017, o número de trabalhos se reduz a aproximadamente 1.000 obras. Sem fazer nenhum juízo de valor, sobre este primeiro tipo de pesquisa bibliográfica, pode-se dizer que, há uma “*task force*” no ambiente acadêmico e corporativo para se analisar e aplicar os conceitos sintetizados na “Teoria *Stakeholder*”. O Livro texto de Freeman R. intitulado “*Strategic Management: A Stakeholder Approach*”, editado pela primeira vez em 1984, é um dos marcos conceituais da teoria. Segundo o sítio *google academic*, este trabalho é referenciado em aproximadamente 23 mil obras. Estas evidências são um dos sinais da importância, contemporaneidade e abrangência do tema.

Considerando a pluralidade da Teoria *Stakeholder* (T. STH) decidiu-se estabelecer o seguinte plano de trabalho, para estudá-la e entender seus conceitos. Inicialmente, identificar e estudar alguns dos trabalhos clássicos e já consagrados pela academia, como por exemplo: (i) Freeman (1984), que formalizou e definiu (pela primeira vez) o termo “*Stakeholder*” e fez as primeiras considerações sobre as mudanças que estavam ocorrendo no ambiente corporativo e sobre a necessidade de uma nova visão e uma nova abordagem gerencial para enfrentá-las; (ii) Donaldson; Preston (1995), que propuseram uma divisão da teoria *Stakeholder* em ramos (que se complementam e se sustentam mutuamente), para simplificar sua análise e formatação e; (iii) MITCHELL et al. (1997), que propuseram um *Framework* capaz de identificar e determinar a relevância dos *Stakeholders* de um sistema, mapeando-os em domínios de competência. Mitchell et al. (1997), sugeriram que os atributos poder, legitimidade e urgência poderiam determinar a relevância de um *Stakeholder* e também conferir-lhe dinâmica.

Os conceitos capturados nos três trabalhos originais e clássicos, listados acima, forneceram os primeiros elementos para se estabelecer a base conceitual da teoria *Stakeholder*.

Dando sequência à pesquisa bibliográfica, foram identificados outros trabalhos menos conhecidos, porém, alinhados com a proposta inicial deste trabalho de tese de doutorado. Os trabalhos de Driscoll; Starik (2004) e Luoma-aho (2005), que propuseram novos atributos (a proximidade e a frequência de contato) que, segundo os autores, seriam capazes de expandir e complementar o *Framework* original de Mitchell et al. (1997), intensificando o *status* dinâmico dos *Stakeholders*. Na sequência surgiram os trabalhos de Friedman; Miles (2002); Fassin (2008, 2011); Richardson; Andersen (2010); De Schepper et al., (2014); Voinov et al., (2010, 2016) que alertaram para a lacuna “sobre a dinâmica dos *Stakeholders*” existente nos “modelos de *Stakeholders*” até então propostos pelos estudiosos do tema.

Nos Anexos A e G são feitas outras considerações sobre a estratégia utilizada para abordar a “Teoria *Stakeholder*” e identificar os principais trabalhos que redundaram na síntese apresentada nesta tese. A estratégia de pesquisa, apresentada no Anexo A, é também um tutorial para se iniciar os estudos nesta área do conhecimento.

Considerando então a dimensão do tema “*Stakeholders*” decidiu-se por apresentá-lo da seguinte forma; primeiro explicar sua origem e posicioná-lo, no tempo e em relação à sua área de conhecimento, depois explorar as principais questões levantadas sobre sua eficiência e aplicabilidade e as possíveis respostas sugeridas pela academia e pelas corporações (seus usuários) ao longo de mais de 50 anos de pesquisas. Em seguida imergir um pouco mais na teoria em busca de sugestões sobre sua estruturação e ramificações com o objetivo de facilitar sua análise e entendimento. A partir deste ponto da pesquisa, focar nos trabalhos que propõem formas de identificação e classificação de *Stakeholders*, quando se analisa e modela um sistema complexo. Na sequência, complementar a pesquisa identificando a fronteira do conhecimento e finalizar com conclusões.

3.1. Histórico:

Segundo Phillips et al. (2003), o termo "*Stakeholder*" é poderoso e abrangente. Isto se deve à sua amplitude conceitual, pois o termo significa muitas coisas diferentes para muitas pessoas diferentes e, portanto, evoca elogios e críticas de uma ampla variedade de estudiosos de disciplinas acadêmicas e profissionais envolvidos em gestão corporativa. Tal amplitude de interpretação, embora seja uma de suas maiores virtudes, é também um de seus maiores passivos teóricos, motivador de inúmeros debates e trabalhos acadêmicos. Essa amplitude interpretativa fornece uma rica fonte de insumos para os defensores e críticos da teoria. Segundo Phillips et al. (2003) pode-se utilizar a Teoria *Stakeholder* de uma forma abrangente, ou seja, sem foco ou planejamento. Neste contexto, suas prescrições gerenciais e implicações são quase ilimitadas. Todavia, quando discutida em sua variação "instrumental" (ou seja, aquela em que os gestores devem assistir e interpretar os *Stakeholders* como um meio para atingir objetivos organizacionais, tais como o lucro ou a maximização de resultados para os acionistas) a teoria *Stakeholder* se impõe de forma incontestada (DONALDSON; PRESTON, 1995; JENSEN, 2002; JONES, 1995; STERNBERG, 2000, 2015).

Ainda segundo Phillips et al. (2003), a eficácia instrumental da teoria tem permitido que os especialistas em gestão encontrem na teoria *Stakeholder* respostas para temas como o lucro, ética nos negócios e questões sociais (FREEMAN; VELAMURI, 2008), independente de aplicarem-na ou não.

Mesmo considerando que haja uma considerável aceitação para os conceitos propostos pela Teoria *Stakeholder*, existem situações onde não se distingue facilmente quem são os críticos e quem são os afetos à teoria, dentre aqueles que escrevem sobre o tema *Stakeholder*. São exemplos desta dicotomia autores como (JENSEN, 2002; STERNBERG, 1998, 1999, 2000, 2015) que se mostram críticos à teoria, porém, em determinadas abordagens tornaram-se defensores de alguma versão instrumental da teoria (PHILLIPS et al., 2003).

Segundo Laplume et al. (2008), a teoria *Stakeholder* vem desenvolvendo a tese de que as organizações tem uma relação moral com outros grupos

organizacionais, além daqueles representados pelos acionistas. Isto baseia-se no pressuposto de que as organizações, assim como os indivíduos, possuem *status* moral e, portanto, devem agir de forma moral e responsável na gestão de seus recursos e na busca da eficácia operacional de suas instituições (EVAN; FREEMAN, 1988; NWANJI; HOWELL, 2004).

Antes de imergir no tema faz-se mais uma observação sobre a diversidade de artigos que o tema “*Stakeholder*” e “Teoria *Stakeholder*” suscitam e sobre o propósito desta pesquisa bibliográfica. Neste trabalho, o interesse é conhecer como a componente dinâmica, fruto da interação entre STHs, atua ou pode atuar na gestão e execução eficiente e ética dos negócios corporativos, todavia, entende-se que estamos diante de uma área do conhecimento extremamente diversa/abrangente (MAZZA et al., 2017), conforme pode ser constatado na reduzidíssima amostra de artigos relacionados na Tabela 3.1. Pode se encontrar, nesta amostra, tanto temas que tratam especificamente de negócios e corporações quanto temas que se preocupam em associar negócio e a espiritualidade humana.

3.2. Evolução da Teoria *Stakeholder*

Segundo Nwanji; Howell, (2004), vestígios do conceito sobre a “Teoria *Stakeholder*” podem ser encontrados em muitas áreas do conhecimento como, por exemplo, negócios e finanças (KEASEY et al., 1997), gestão estratégica e governança corporativa (MASON; MITROFF, 1981), teoria da organização (DILL, 1975) e ética nos negócios (BLAIR, 1996; FREEMAN, 1984, 1994; PHILLIPS, 1997, 2003a; SHERWIN, 1983).

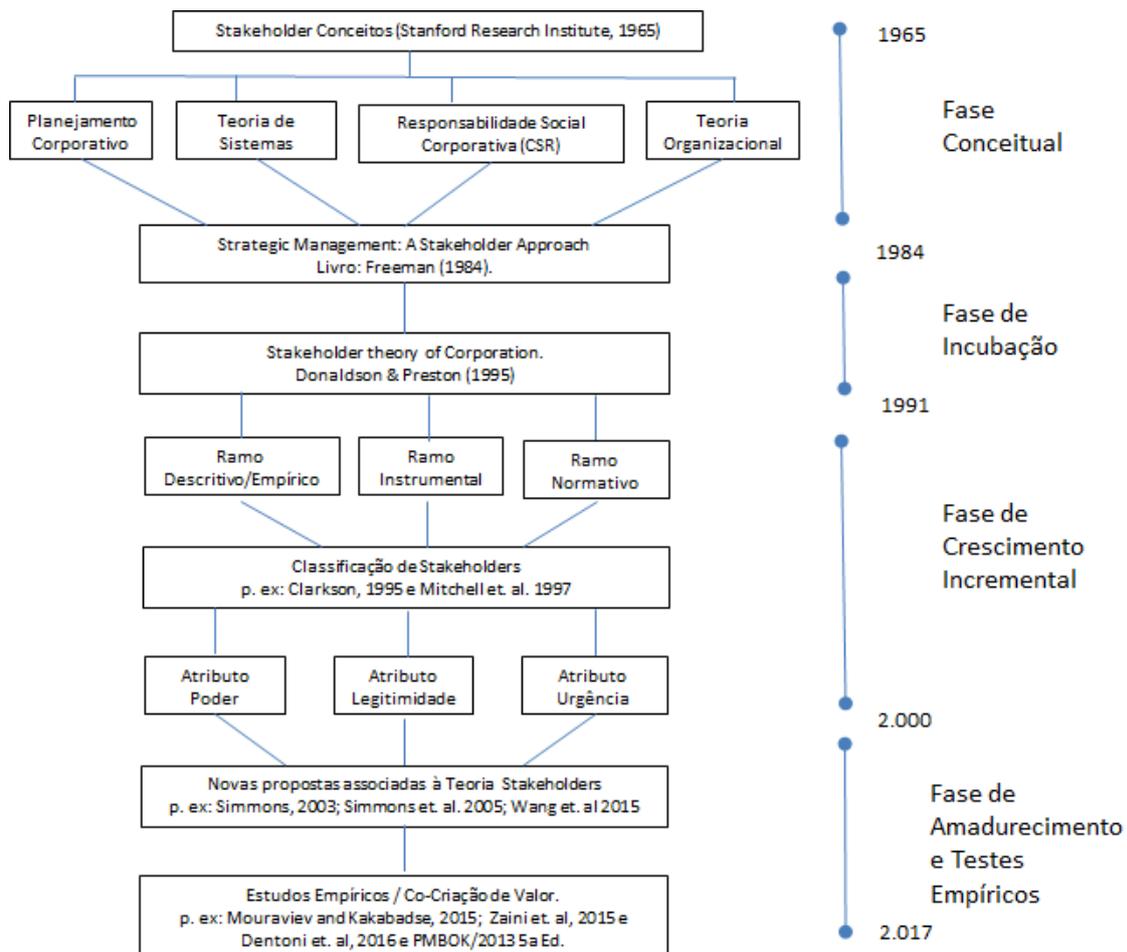
Para Laplume et al. (2008), o interesse pela Teoria *Stakeholder* se deu primeiramente no campo da Gestão Estratégica (CLARKSON, 1995; FREEMAN, 1984; FROOMAN, 1999), em seguida se disseminou no campo da Teoria Organizacional (DONALDSON; PRESTON, 1995; JONES 1995; ROWLEY, 1997) e no campo da ética e sustentabilidade nos negócios (STARIK, 1995; PHILLIPS; REICHART, 2000).

Tabela 3.1 – Pequena amostra de artigos enfatizando a diversidades de temas relacionados à “Teoria *Stakeholder*”

Agle, B. R., Mitchell, R. K., & Sonnenfeld, A. J. 1999. Who matters to CEOs? An investigation of <i>Stakeholder</i> attributes and salience, corporate performance, and CEO values. <i>Academy of Management Journal</i> , 42(5): 507-525.
Berman, S. L., Wicks, A. C., Kotha, S., & Jones, T. M. 1999. Does <i>Stakeholder</i> orientation matter? The relationship between <i>Stakeholder</i> management models and firm financial performance. <i>Academy of Management Journal</i> , 42(5): 488-506.
Burton, B. K., & Dunn, C. P. 1996. Feminist ethics as moral grounding for <i>Stakeholder</i> theory. <i>Business Ethics Quarterly</i> , 6(2): 133-147.
Donaldson, T., & Preston, L. E. 1995. The <i>Stakeholder</i> theory and the corporation: Concepts, evidence and implications. <i>Academy of Management Review</i> , 20(1): 65-91.
Phillips, R. A., Freeman, R. E., & Wicks, A. C. 2003. What <i>Stakeholder</i> theory is not? <i>Business Ethics Quarterly</i> , 13(4): 479-502.
Phillips, R. A., & Reichart, J. 2000. The environment as a <i>Stakeholder</i>? A fairness-based approach. <i>Journal of Business Ethics</i> , 23: 185-197.
Schwartz, M. S. 2006. God as a managerial <i>Stakeholder</i>? <i>Journal of Business Ethics</i> , 66: 291-306.
Starik, M. 1995. Should trees have managerial standing? Toward <i>Stakeholder</i> status for non-human nature. <i>Journal of Business Ethics</i> , 14: 207-217.
Stoney, C., & Winstanley, D. 2001. <i>Stakeholding</i>: Confusion or utopia? Mapping the conceptual terrain. <i>Journal of Management Studies</i> , 38(5): 603-626.

Os elementos relativos à responsabilidade social, defendidos pela Teoria *Stakeholder*, permitiram que ela se combinasse, também, com as questões sociais advindas da gestão organizacional (TESFOM; BIRCH 2014; WOOD, 1991). Mais recentemente a teoria tem abordado questões relativas ao desenvolvimento sustentável, à relação negócio e sociedade (HORISCH 2014; STEURER et al., 2005) e a criação de valor (MOURAVIEV; KAKABADSE, 2015; VIDAL et al., 2015; WU, 2013;). As Figuras 3.1(a) e 3.1(b), são representações gráficas “resumidas” da evolução temporal dos estudos sobre a teoria *Stakeholder*.

Figura 3.1(a) – Síntese da evolução histórica da Teoria *Stakeholder*.



Fonte: Adaptado de Laplume et al. (2008, p. 1156); Elias (2000, p. 175); Mazza et al. (2017).

Analisando o trabalho de Laplume et al. (2008) e de Elias (2000) e a Figuras 3.1(a), observa-se que durante seu processo de maturação, a Teoria *Stakeholder* passou por 4 períodos:

Período 1), fase “conceitual”, entre 1963 até 1983, onde se encontram vestígios do tema em áreas do conhecimento, como por exemplo, ética, negócios, gestão, etc. As mudanças comportamentais da sociedade sinalizavam que as corporações precisavam se envolver com a gestão dos múltiplos interesses e objetivos dos *Stakeholders* ao conduzirem seus negócios.

Período 2) período de “incubação”, entre 1984 até 1991. Neste período já existia o termo *Stakeholder*, entretanto, os trabalhos estiveram restritos a

publicações em livros e periódicos, dissertações e conferências, conforme descrito por Wood (1991). Em 1989, Carrol publicou um importante texto sobre “negócio e sociedade” mencionando o vínculo destes conceitos com a teoria *Stakeholder*.

Período 3), período de “crescimento incremental”, entre 1991 até 1998. Neste período a teoria foi impulsionada graças a trabalhos publicados em revistas acadêmicas voltadas à gestão. Por exemplo, a Teoria *Stakeholder* foi destaque em uma edição especial da *Academy of Management Review* em 1995, que incluiu o artigo de Donaldson; Preston (1995), que distinguia “três ramos” dentro da teoria: i) O ramo “Descritivo” (que estuda como as organizações se comportam); ii) o ramo “Normativo” (que estuda como as organizações devem se comportar) e; iii) o ramo “Instrumental” (que estuda como o comportamento das organizações afeta sua performance).

Segundo Laplume et al. (2008), este período também foi marcado por importantes conferências internacionais dedicadas exclusivamente a estruturar os trabalhos sobre a teoria e a responder as questões relacionadas ao paradigma “negócio e sociedade” (CLARKSON et al., 1994). Os relatórios publicados, na sequência destas conferências, sugeriam que as pesquisas sobre a teoria *Stakeholder*, ainda precisavam de mais substância para torná-la mais cristalina e organizada (CARROLL; NÄSI, 1997). Durante este período Tony Blair (ex-primeiro ministro Britânico) utilizou a teoria *Stakeholder* em entrevistas e discursos públicos (STONE; WINSTANLEY, 2001) conferindo validação prática para o que, até então, era mantido como uma construção puramente acadêmica (LAPLUME et al., 2008).

Período 4), período de “amadurecimento”, entre 1999 até os dias atuais. Neste período a teoria vem ganhando cada vez mais atenção, devido à introdução de questões sociais nas discussões sobre gestão pública e corporativa (BUCHHOLZ; ROSENTHAL, 2004; CARROLL; BUCHHOLLTZ, 2014; COSTA et al., 2012), devido à abordagem e modelagem sistêmica que a atividade de tomada de decisão vem exigindo (SIMMONS, 2003; SIMMONS et al., 2005; WANG et al., 2015) ou ainda devido à estratégia de governos e corporações de estimular a co-criação de valor por meio de novas cadeias integradas de

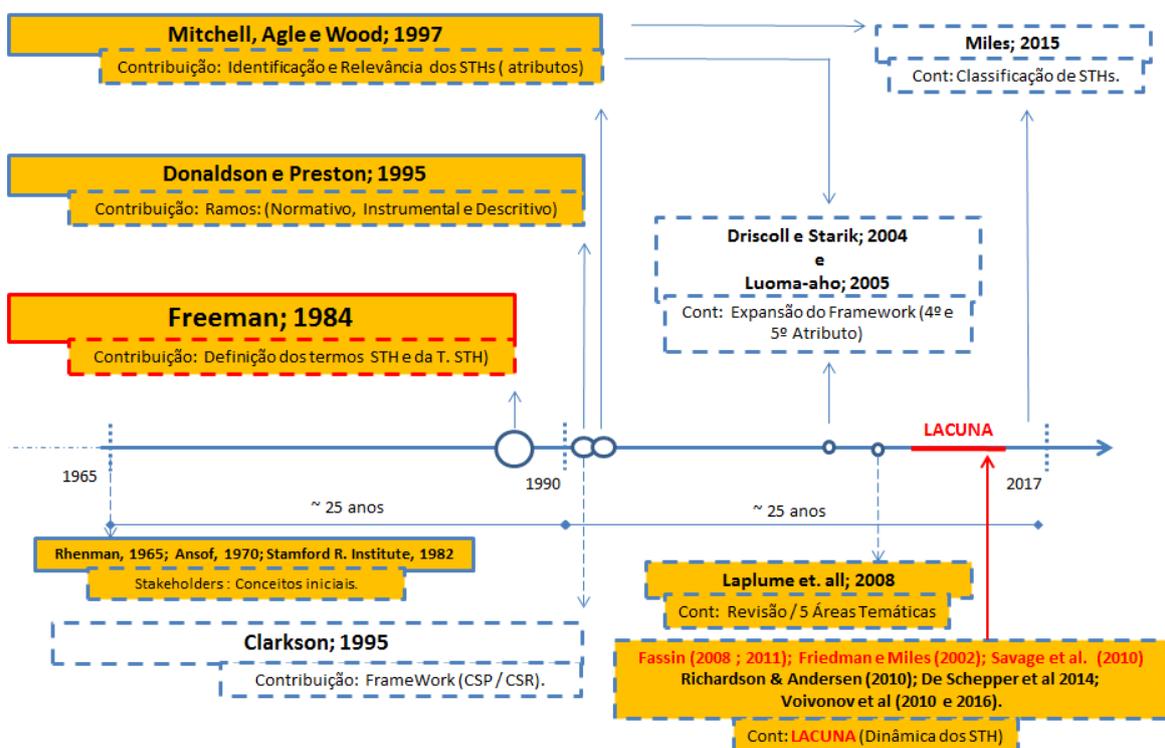
fornecedores e novos segmentos de mercado (MOURAVIEV; KAKABADSE, 2015; ZAINI et. al., 2015; DENTONI et. al., 2016; ASIF, 2015).

Apesar de haver extensa literatura sobre a Teoria *Stakeholder*, produzida naqueles 4 períodos, Laplume et al. (2008) e Miles (2015) chamam a atenção para a imaturidade que ainda a acompanha. Laplume et al. (2008) cita os trabalhos de Stoney; Winstanley (2001), que fizeram uma revisão da teoria utilizando periódicos baseados em *cases* financeiros de organizações do Reino Unido, examinando questões ideológicas sobre sua implementação e a perda de competitividade nas organizações, e os trabalhos de Walsh (2005) que revisou três importantes livros sobre a teoria concluindo que “ela ainda não estava madura, pois, fornecia pouquíssimos conselhos aos líderes de negócios em questões relacionadas a investimentos, inclusive investimentos sociais”. Trabalhos mais recentes como os de Miles (2011, 2012, 2015) e Mitchell (2012) também corroboram com a ideia de imaturidade da teoria ao constatarem que, apesar da aceitação que ela vem obtendo nos últimos anos, existem ainda aspectos indeterminados sobre suas aplicações. Trabalhos como o de Miles (2015), que identificou 593 definições diferentes para o termo “*Stakeholder*” (ver amostra na Tabela A.5 do Anexo A), e o de Rizal et al. (2012), que aplicaram os conceitos da Teoria *Stakeholder* em um estudo de caso sobre gestão de *Stakeholders* e novas tecnologias, são evidências dos atuais esforços da academia para produzir *Frameworks* robustos que sejam capazes de dar apoio ao processo de gestão e validação de seus conceitos (i.e. gestão sistêmica, criação de valor para todos os envolvidos no negócio, gestão capital & sociedade & sustentabilidade, o ambiente como *Stakeholder*, etc.).

A Figura 3.1(b) mostra uma síntese dos principais trabalhos que dão sustentação à Tese. Em ordem cronológica, Freeman (1984) reuniu os conceitos disponíveis na época e propôs a teoria STH (o autor sugere que é possível gerar valor ao se gerir os interesses dos STHs), Donald; Preston (1995) organizaram a teoria STHs em classes, Mitchell et al. (1997) propuseram uma forma de identificar os STHs mais importantes que atuam em um sistema (o autor faz uma menção clara sobre a dinâmica dos STHs baseada no ganho ou perda de seus atributos), Clarkson (1995) propôs uma forma de gerir os

interesses dos STHs explicitando-os por meio de um *Framework*, Driscoll; Starik (2004) e Luoma-aho (2005) propuseram expandir e complementar o *Framework* proposto por Mitchell et al. (1997). Laplume et al. (2008) fizeram um excelente trabalho de revisão sobre a Teoria STH (os autores mostram que existem cinco áreas temáticas dentro das quais os trabalhos acadêmicos se enquadram). Trabalhos como por exemplo, Fassin (2008, 2011); Friedman; Miles (2002) e de Voinov et al (2010, 2016) deixam claro que a teoria STHs ainda pode ser complementada visto que a componente dinâmica dos STHs ainda não foi mapeada (Lacuna Dinâmica). Miles (2015) e Mazza et al. (2017) mostram que, atualmente, a Teoria STHs ainda está em estágio de construção (ver também a fase de amadurecimento e testes empíricos mostradas na Figura 3.1a). Ou seja, ainda existe a possibilidade de contribuir com a T. STH. No caso desta tese de doutorado, a contribuição será por meio de uma metodologia que ajuda a testar e explicitar seus conceitos, adicionando elementos da modelagem SD nos sistemas de STHs.

Figura 3.1(b) – Síntese da evolução histórica da Teoria *Stakeholder*, contendo os trabalhos seminais que dão sustentação teórica a este trabalho de tese.



3.3. O Legado de Freeman R.

Segundo Laplume et al. (2008), apesar de haver vestígios sobre os conceitos da teoria *Stakeholder*, anteriores ao trabalho de Freeman (1984), foi este autor que primeiro abordou, de forma clara e completa, a teoria *Stakeholder*, em seu livro clássico “*Strategic Management: A Stakeholder Approach*”.

“Stakeholder é qualquer grupo de indivíduos que afetam ou podem ser afetados pelas ações e objetivos de uma organização”.

Definição de *Stakeholders* segundo Freeman (1984).

Freeman R. baseou-se em várias fontes incluindo o planejamento empresarial, a teoria de sistemas e a responsabilidade social corporativa para desenvolver a teoria *Stakeholder*. Ele argumentou que as teorias de gestão, existentes na época, **não estavam equipadas** para lidar com "a quantidade e os tipos de mudanças que estavam ocorrendo no ambiente de negócios" (FREEMAN, 1984). Dentre as mudanças estavam; o aumento das fusões e aquisições empresariais, o ativismo, a concorrência estrangeira, as novas relações laborais, o mercado fornecedor de nível mundial, as reformas governamentais, as agências supranacionais, a capacidade de articulação dos consumidores, o aumentando das preocupações ambientais e as mudanças na tecnologia de comunicação (LAPLUME et al., 2008).

Para dar suporte à suas teorias, Freeman R. citou alguns casos empresariais, como por exemplo; o caso de queda nos negócios da empresa General Motors que ao se deparar com a lei americana “*Clean Air Act of 1970*” teve dificuldades para se adaptar e competir eficazmente com a qualidade e a eficiência dos carros importados da indústria japonesa. Citou ainda os aumentos de preços dos combustíveis, impulsionada pela Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP) e o crescente ativismo de grupos de pressão, tais como “Ralph Nader” que lutam por um comportamento corporativo com mais responsabilidade social (LAPLUME et al., 2008).

Freeman (1984) argumentou que este ambiente de "mudanças" estava ocorrendo tanto entre os *Stakeholders* internos (proprietários, clientes, funcionários e fornecedores) como os externos (governos, concorrentes,

advogados dos consumidores, ambientalistas, grupos de interesses especiais, e a mídia). Por isso, ele advertiu que os gestores precisavam "considerar todos os grupos e indivíduos que podem afetar ou são afetados pela realização de negócios da organização". Ele propôs ainda mudanças na lei, para que fossem atribuídos aos gestores deveres fiduciários para com todos os *Stakeholders*, não somente para com os acionistas (JENSEN, 2002; SUNDARAM; INKPEN, 2004).

Conforme mencionado por Laplume et al. (2008), Freeman R. colaborou com Evan para escrever "*A Stakeholder Theory of the Modern Corporation: Kantian Capitalism*" (EVAN; FREEMAN, 1988) e com Gilbert para escrever "*Corporate Strategy and the Search for Ethics*" (FREEMAN; GILBERT, 1992), ambas as obras combinam gestão de *Stakeholders* com filosofias morais. Estas iniciativas auxiliaram a construção da teoria normativa dos *Stakeholders* (DONALDSON; PRESTON, 1995). Esses trabalhos também suscitaram questionamentos sobre a natureza paradoxal da teoria, pois naquelas obras, os *Stakeholders* assumem ambos os papéis "o fim" e "os meios" (GOODPASTER, 1991). Em resposta a esses questionamentos, FREEMAN R. (1994) argumentou que "o que era mais revolucionário sobre a teoria *Stakeholder* era a tendência mercadológica de se gerar valor ao se combinar os conceitos relacionados a negócios e moralidade". Seu argumento básico foi que devido à pluralidade das narrativas morais, defendidas por vários filósofos, não se deveria esperar por convergências imediatas ao se adotar a gestão por *Stakeholders*. Ele sugeriu também que as responsabilidades pela solução dos problemas de separar e combinar aqueles conceitos, ficassem a cargo do discernimento dos gestores (FREEMAN R., 2000).

"Nós precisamos dar à Teoria Stakeholder uma abordagem gerencial, que esteja intimamente ligada com a prática de negócios".

Esta é a declaração original de Freeman R. para redefinir a "prática de criação de valor nos negócios" e assegurar que aqueles que detêm algum "*Stake*" tenham seu lugar de destaque garantido na gestão corporativa (FREEMAN R., 2000).

Freeman R. vem trabalhando com alguns colaboradores para refinar e defender a Teoria *Stakeholder* (FREEMAN et al., 2004). Juntos, eles têm procurado reorientar a teoria para responder a algumas críticas como, por exemplo: (1) a abordagem *Stakeholder* vem de uma visão de mundo socialista (JENSEN, 2002; FREEMAN; PHILLIPS, 2002), (2) ela é uma desculpa para o oportunismo gerencial, (3) ela requer mudanças na lei, (4) ela é uma doutrina de cunho moral (PHILLIPS et al., 2003), (5) ela impede a tomada de riscos pelas empresas e também complica a governança corporativa (SUNDARAM; INKPEN, 2004) (6) ela é uma afronta a mais de 200 anos de pesquisa sobre teoria econômica e (7) “a Teoria *Stakeholder* é defendida por agentes com interesses específicos, que desejam utilizar os recursos das organizações em benefício próprio” (JENSEN, 2002).

Mais recentemente, Freeman R. e seus colaboradores têm utilizado os conceitos da Teoria *Stakeholder* em estudos de caso aplicados à co-criação de valor para as organizações por meio das atividades de gestão (como por exemplo, detectar, monitorar, ajustar, e combinar) dos interesses e das interfaces dos *Stakeholders* (FREEMAN, 2010; FREEMAN; AUSTER, 2011; HORISCH et al., 2014; STRAND et al., 2015).

Finalmente vale mencionar o que concluiu Laplume et. al. (2008); no geral, a abordagem *Stakeholders*, proposta por Freeman R., foi ousada e estratégica em seu conteúdo, pois, ela associava a melhoria de desempenho das organizações à gestão estratégica dos interesses dos *Stakeholders*.

3.4. Grandes Áreas Temáticas da Teoria *Stakeholder*.

Explicitar e explicar como a Teoria *Stakeholder* se encaixa no mundo corporativo tem sido um desafio para a academia e para as corporações. Neste sentido é importante identificar as possíveis formas que os autores vêm propondo para dividi-la (ou segmentá-la) com o objetivo de facilitar seu estudo, seu entendimento e sua aplicação.

No trabalho de revisão bibliográfica sobre a teoria *Stakeholder* foi possível constatar que os estudos acadêmicos sobre a teoria, nos moldes como ela foi idealizada por Freeman R. na década de 80, podem ser agrupadas em 5

grandes áreas temáticas de pesquisa. Duas destas áreas dão ênfase ao “comportamento dos *Stakeholders*”, outras duas dão ênfase ao “comportamento das firmas ou corporações” e a quinta área dedica-se aos “debates conceituais sobre a teoria”.

Como perguntas que as pesquisas nas 5 áreas temáticas se propõem a responder (ver detalhamento das 5 áreas temáticas no Anexo A) destacam-se:

Área 1 - *Stakeholders*: classificação.

- (1) a que os gestores de *Stakeholders* devem dedicar mais atenção?
- (2) a que os gestores de *Stakeholders* realmente dedicam sua atenção?

Área 2 – *Stakeholders*: Ações e Respostas.

- (1) Como os *Stakeholders* influenciam a organização?
- (2) Quando os *Stakeholders* se mobilizam?
- (3) Quando os *Stakeholders* apoiam a organização?

Área 3 – Organizações: Ações e respostas.

- (1) Como as organizações ganham o apoio dos *Stakeholders*?
- (2) Como as organizações gerenciam (e como elas devem gerenciar) os *Stakeholders*?
- (3) Como as organizações ponderam (e como elas devem ponderar) sobre os interesses dos *Stakeholders*?

Área 4 – Organizações: Performance.

- (1) Qual é a relação entre a gestão de *Stakeholders* e o desempenho financeiro das organizações?
- (2) Qual é a relação entre a gestão de *Stakeholders* e o desempenho social das organizações?

(3) Quais resultados organizacionais são afetados pela gestão de *Stakeholders*?

Área 5 – Teoria *Stakeholder*: Debates.

Os artigos que compõem esta área discutem a aplicabilidade da teoria.

Considerando os dados capturados no trabalho de Laplume et al. (2008), percebe-se que, a partir de 1995, os estudiosos do tema passaram a questionar a teoria *Stakeholder* principalmente quanto ao seu suporte para a “maximização da riqueza dos acionistas” uma vez que, segundo aqueles autores, este deveria ser o objetivo fundamental das organizações. No período de 1987 até 2008, as áreas 3 e 5 foram as mais discutidas, tendo atingido seu pico entre 2005 e 2007.

Outro dado importante é que, a partir de 2007 observa-se um aumento de publicações com temas relacionados aos itens 1 e 2 (*Stakeholders*), tanto sobre suas ações quanto sua identificação, sua relevância e seus interesses, o que pode ser interpretado como uma mudança comportamental do meio corporativo, conforme já havia sido preconizado no trabalho inicial de Freeman (1984).

Trabalhos atuais como os de Horisch et al. (2014), Miles (2015) e Strand et al. (2015), apesar de não tratarem especificamente das cinco áreas temáticas estudadas por Laplume et al. (2008), permitem inferir que a preocupação com os interesses dos *Stakeholders* e com a gestão sistêmica e sustentável continuam ganhando espaço tanto nos meios acadêmicos quanto corporativos.

Existe uma série de tipologias e abordagens que já foram propostos com o objetivo de caracterizar os *Stakeholders* (CLARKSON, 1995; FRIEDMAN; MILES, 2002; FROOMAN, 1999; MITCHELL, 1997; LAPLUME et al., 2008) ou mais recentemente com o propósito de reorganizá-los (MILES, 2015). Todavia, o que se observa é que, dada a particularidade dos objetivos e interesses organizacionais, ainda não há uma forma padronizada de classificação e de gestão para os *Stakeholders*.

Os debates sobre as 5 áreas temáticas demonstram que são necessárias mais investigações para descobrir o mecanismo pelo qual a gestão de *Stakeholder* pode ajudar a criar valor, inovação e riquezas de longo prazo, a fim de proporcionar às organizações a desejada vantagem competitiva ou ainda a sustentabilidade. Outra conclusão possível é a de que atualmente, os estudos acadêmicos estão orientados a propor novas formas de modelagem, usando *Workflows* e *Frameworks* para explicitar a estrutura funcional e a rede de interação das corporações e seus *Stakeholders* (ver detalhes de propostas de *Workflows* e *Frameworks* no Anexo A).

3.5. A Teoria *Stakeholder* e suas Ramificações.

Este item trata especificamente das ramificações da Teoria STH, particularmente dos trabalhos que se propuseram a dividi-la, segmentá-la ou modelá-la para facilitar seu estudo e sua aplicação.

Considerando a possibilidade de múltiplos cenários e interpretações durante o processo de estudo e análise de *Stakeholders*, Donaldson; Preston (1995) propuseram uma forma de modelar a teoria *Stakeholder* utilizando três ramos fundamentais de análise: i) descritiva; ii) instrumental e iii) normativa.

Segundo os autores, esses três aspectos da teoria são inter-relacionados e distintos, envolvem diferentes tipos de provas e argumentos e têm diferentes implicações. Eles se sustentam e se auxiliam mutuamente de forma solidária sendo que a base “normativa” (que trata do *core* institucional) é a responsável pelos fundamentos da teoria.

Donaldson; Preston (1995) explicam que a Teoria *Stakeholder* é “descritiva” uma vez que ela descreve “o que a organização é”; uma organização é uma constelação de interesses cooperativos e competitivos que possuem valor intrínseco. Segundo os autores a teoria também é “instrumental” uma vez que ela “sugere a utilização de *Frameworks* para examinar e controlar as conexões entre a atividade de gestão de *Stakeholder* e o desempenho institucional”.

Donaldson; Preston (1995) também afirmam que a base fundamental da teoria é de origem “normativa”, o que envolve a aceitação de que: “(a) os

Stakeholders são pessoas ou grupos com interesses legítimos na organização; (b) os interesses corporativos transcendem aqueles representados pelos interesses dos acionistas e; (c) o interesses de todos os *Stakeholders* tem valor intrínseco e devem ser mapeados e gerenciados”.

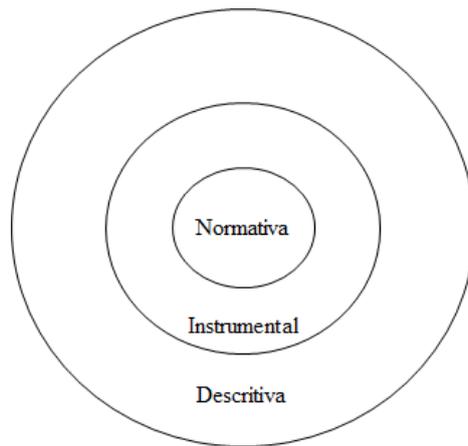
Swanson (1999) complementa as definições de Donaldson; Preston (1995) explicando que a “teoria normativa” dedica-se a esclarecer “por que as organizações devem levar em conta o interesse de todos os *Stakeholders*”, a “teoria descritiva” dedica-se a monitorar “se os interesses dos *Stakeholders* estão sendo considerados” e a “teoria instrumental” dedica-se a avaliar os “efeitos da gestão *Stakeholder* na realização das metas organizacionais”.

A teoria *Stakeholder* é impar e se difere de outras teorias (teoria da firma, teoria dos jogos, teoria dos custos de transação, teoria neoclássica da firma, etc.), devido aos seus fundamentos. Ela destina-se tanto a explicar quanto a orientar a estrutura e a operação das corporações; o “*going concern*”, famosa frase de John R. Common, que define uma corporação como uma entidade organizacional, por meio da qual, numerosos e diversos participantes atingem múltiplos objetivos sendo que tais objetivos nem sempre são convergentes (DONALDSON; PRESTON, 1995).

Donaldson; Preston (1995) afirmam que a Teoria *Stakeholder* é geral e abrangente, porém, não está completa, ela vai muito além da observação descritiva que declara: “as organizações têm *Stakeholders*”. Os autores também argumentam que, infelizmente, muito do que se passa com a Teoria *Stakeholder* na literatura é de natureza implícita (às corporações e aos seus processos internos) e não explícita, o que causa um uso confuso, divergente e não normatizado dos seus conceitos, afastando-a de potenciais usuários.

A forma gráfica de representar os três ramos de análise da Teoria *Stakeholder*, idealizadas por Donaldson; Preston (1995), esta representada na Figura 3.2. Segundo os autores, os ramos estão aninhados uns dentro dos outros.

Figura 3.2 – Ramos da Teoria *Stakeholder* (T. STH).



Fonte: Adaptado de Donaldson; Preston (1995).

O lado externo, da Figura 3.2, representa a parte descritiva da teoria, e explica as relações externas com o mundo. A precisão descritiva da teoria é apoiada, no segundo nível, pelo seu valor instrumental e **preditivo**. O núcleo central da teoria é sustentado pela parte normativa. A precisão desta parte da teoria pressupõe a verdade (interesses dos *Stakeholders*) em seu núcleo e que os gestores agem de acordo com os valores morais contidos neste núcleo.

Considerando trabalhos subsequentes ao de Donaldson; Preston (1995), pode-se dizer que os ramos da teoria *Stakeholder* são definidos como:

Ramo Normativo:

Tem caráter prescritivo e é responsável por:

- **Explicar** “como as organizações devem se comportar” (LAPLUME et al., 2008);
- **Sugerir** o que os gestores devem fazer em termos de ética empresarial e de responsabilidade social corporativa (WANG et al., 2015);
- **Esclarecer** quem é *Stakeholder* (DONALDSON; PRESTON, 1995); (FRIEDMAN; MILES, 2002);
- **Identificar e definir a legitimidade** dos *Stakeholders* (MITCHELL et al., 1997);
- **Validar** a Teoria *Stakeholder* (FREEMAN R., 1999);

O Ramo Instrumental:

Tem caráter **prescritivo** e é responsável por:

- **Explicar** “como o comportamento das organizações afetam sua performance” (LAPLUME et al., 2008);
- **Avaliar** os *Stakeholders* (DONALDSON; PRESTON, 1995; FRIEDMAN; MILES, 2002; MILES, 2015);
- **Analisar e identificar as “conexões” ou a “falta de conexões”** entre os gestores de *Stakeholders* e o cumprimento dos tradicionais objetivos corporativos (p. ex., o lucro e o crescimento).
- **Identificar** quem tem **poder** dentre os *Stakeholders* (FREEMAN, 1999);

O Ramo Descritivo:

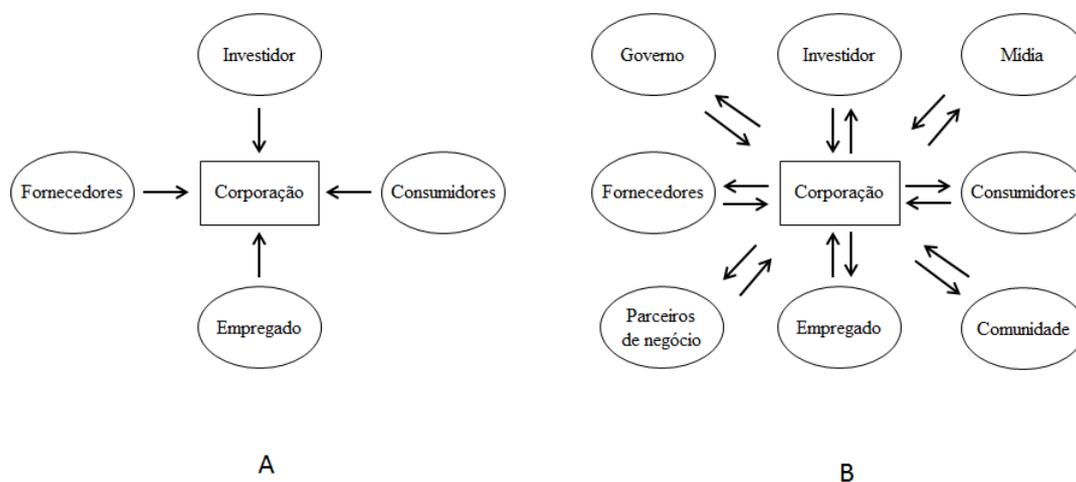
Tem caráter **preditivo** (explica os estados presente, passado e futuro) e é responsável por:

- **Explicar** “como as organizações se comportam” (LAPLUME et al., 2008);
- **Descreve** as ações tomadas pelos gestores para lidar com as interações entre *Stakeholders* (WANG et al., 2015);
- **Monitorar** os *Stakeholder* (DONALDSON; PRESTON 1995; FRIEDMAN; MILES, 2002);
- **Destacar** os *Stakeholders* (MITCHELL et al., 1997);
- **Dar Precisão** à teoria *Stakeholder* (FREEMAN R., 1999);

Outro aspecto importante da pesquisa de Donaldson; Preston (1995) refere-se à mudança de contexto observada no modelo corporativo tradicional e no modelo que incorpora a teoria *Stakeholder*. A Figura 3.3 mostra a diferença entre esses dois modelos.

Figura 3.3 – Exemplos de Modelos Corporativos.

(a) O modelo corporativo na visão empresarial tradicional; (b) O modelo corporativo na visão da Teoria *Stakeholder*.



Fonte: Adaptado de Donaldson; Preston (1995).

Donaldson; Preston (1995) também argumentam que; as organizações que se organizam para praticar a gestão por *Stakeholders* podem alcançar sucesso igual ou maior, em parâmetros como rentabilidade, estabilidade, crescimento e inovação, do que aquelas que utilizam a forma de gestão tradicional.

O Anexo A traz outros detalhes sobre a descrição dos três ramos da Teoria *Stakeholder*.

3.6. Identificação, Classificação e Relevância de *Stakeholders*.

Uma vez contextualizado o tema “Teoria *Stakeholder*” e apresentadas as possíveis formas de dividi-la / segmentá-la / modelá-la, faz-se uma análise sobre as possíveis formas de identificar, classificar e destacar os *Stakeholders* de um sistema (organização). Esta é uma tarefa aparentemente fácil, porém, o que se deseja é identificar os *Stakeholders* que realmente são relevantes para o sistema, o que implica na difícil tarefa de descartar os *Stakeholders* menos importantes. Neste sentido, um dos trabalhos mais referenciados e também mais pertinentes ao objetivo desta tese de doutorado é o trabalho de Mitchell et al. (1997) que propõe uma forma de seleção e classificação para os *Stakeholder* que atuam em um sistema.

Conforme mencionado por Mitchell et al. (1997) a literatura sugere várias formas de se identificar e classificar *Stakeholders*, como por exemplo;

- “*Stakeholders* primários” ou “*Stakeholders* secundários”;
- Fornecedor ou consumidor dos recursos de uma organização;
- Proprietários ou não proprietários de uma organização;
- Detentores do capital ou detentores dos ativos intangíveis
- Atores ou agentes sujeitos à ação da organização;
- Proprietários por direito, contratantes ou reivindicantes moral;
- Tomadores (compradores) de risco ou influenciadores de mercado (ambiente);
- Representantes legais da organização;

Segundo aqueles autores, os estudos sobre *Stakeholders* destacavam a dificuldade em se gerenciar as demandas reais e potenciais de um sistema (projeto) e apontavam uma variedade de formas de se priorizar um determinado *Stakeholder*. Os autores enfatizavam também que a atividade de destacar e priorizar um *Stakeholder* deveria ir além das questões de simplesmente “identificar os *Stakeholder*”, pois, é preciso considerar também:

- 1) A natureza dinâmica de cada *Stakeholder*;
- 2) A natureza dinâmica das relações entre os *Stakeholders*;
- 3) A complexidade de suas interfaces.

Mitchell et al. (1997) salientaram ainda que os *Frameworks* disponíveis, para identificar e classificar *Stakeholders*, não eram capazes de lidar com aqueles três parâmetros e que existia a necessidade de se elucidar “A quem e a que os gestores realmente devem prestar atenção” para conduzir as organizações a ter um desempenho econômico e uma conduta social e moral alinhada com as expectativas de seus *Stakeholders*. Os autores enfatizavam também sobre a natureza empírica que envolve a classificação de *Stakeholders* e alertam para a necessidade de se estabelecer uma forma confiável e padronizada de separar o que é e o que não é *Stakeholder*.

Segundo Mitchell et al. (1997), o primeiro passo na direção de estruturar um *Framework* para entender a dinâmica de atuação dos *Stakeholders* começa com a classificação dos mesmos. Existem, porém, uma variedade de formas de classificá-los; 1) Por agências, 2) Por comportamentos, 3) Por ecologia, 4) Por instituições, 5) Por dependência de recursos, 6) Por valor patrimonial, etc. Apesar desta variedade de formas de classificação, Mitchell et al. (1997) partiram das definições de Freeman (1984), e propuseram uma forma normativa de se identificar as classes de *Stakeholders*, utilizando três atributos, 1) **O PODER**, dos *Stakeholders* de influenciar a organização; 2) **A LEGITIMIDADE** das relações dos *Stakeholders* com a organização e 3) **A URGÊNCIA** das demandas solicitadas pelos STHs à organização.

Os atributos Poder e Legitimidade são elementos/variáveis independentes que interagem e ao se combinarem com a Urgência podem criar diferentes tipos de *Stakeholders*, com diferentes comportamentos e padrões sobre a organização.

Mitchell et al. (1997) definiram os três atributos da seguinte forma:

Poder - É a capacidade de um agente se impor sobre outro a despeito da resistência que possa ser oferecida.

Um *Stakeholder* pode usar o poder de forma coercitiva (força / ameaça), utilitária (material / incentivos) ou normativa (influência simbólica).

Legitimidade - A legitimidade é uma condição conferida a um agente por um indivíduo ou por um grupo por meio de um instrumento moral, legal ou social.

A legitimidade pode ter uma origem instrumental, quando é vista como um recurso que pode ser manipulado, ou uma origem normativa quando é associada à moralidade.

Urgência – Está relacionada à importância temporal das demandas de um *Stakeholder*.

Sobre as características dos atributos deve-se considerar que 1) os atributos são variáveis, não são estáticos, e podem ser alterados por qualquer entidade ou por qualquer interação, 2) a dimensão de um atributo é definida pelas múltiplas percepções sobre um determinado *Stakeholder*, 3) Um indivíduo ou entidade pode não saber que possui um atributo ou pode possuí-lo e não exercer sua influência sobre a organização (MITCHELL et al., 1997).

Estas características dos atributos dos *Stakeholders* imprimem uma forma dinâmica aos *Frameworks* que representam as redes de *Stakeholders*. Elas permitem também entender como os *Stakeholders* podem adquirir ou perder relevância nas gestões corporativas.

A relação entre *Stakeholders* não é estática, pelo contrario está em constante alteração, assim, somente o atributo Poder não garante alta relevância nas relações de gestão de *Stakeholders*. O poder pode ganhar autoridade através da Legitimidade e pode ganhar velocidade de execução através da Urgência. A Legitimidade, assim como o Poder, é uma variável e pode ganhar direitos através deste e ganhar voz através da Urgência. Finalmente a variável Urgência pode ser alterada pela relação entre *Stakeholders*, pelo contexto e pela relação temporal (MITCHELL et al., 1997).

A proposta de classificação de *Stakeholders* de Mitchell et al. (1997) sugere que ao se analisar um *Stakeholder*, em um determinado contexto, deve-se atribuir a ele um ou mais dos três atributos mencionados acima, em função da sua importância / relevância para a organização. Quanto mais atributos um *Stakeholder* possuir maior será sua influência ou sua relevância para a organização (sistema).

Mitchell et al. (1997), propuseram um modo de classificar os *Stakeholders* em função de uma dada combinação dos três atributos:

- ***Stakeholders* de Baixa Importância ou “*Latent Stakeholder*”**

São *Stakeholders* que possuem apenas um dos três atributos; ou Poder ou Legitimidade ou Urgência. Dentro deste contexto os *Stakeholders* podem ainda receber três denominações distintas:

1) *Stakeholder **dormente***, quando possui somente o atributo Poder (isto significa que o poder terá dificuldade de ser aplicado uma vez que a falta dos demais atributos torna a interação entre estes *Stakeholders* e a organização mínima); 2) *Stakeholder **discricionário***, quando possuem somente o atributo Legitimidade (isto significa que o *Stakeholder* pode, legalmente, influenciar a organização, mas não o faz devido à falta dos outros dois atributos) e; 3) *Stakeholder **demandante***, quando possuem apenas o atributo Urgência, mas não tem Legitimidade ou Poder para influenciar a organização.

- ***Stakeholders de Moderada Importância ou “Expectant Stakeholder”***

São aqueles *Stakeholders* que possuem simultaneamente dois atributos. Da mesma forma, esses *Stakeholders* podem receber três denominações distintas: 1) *Stakeholder **dominante***, quando possuem os atributos Poder e Legitimidade (este *Stakeholder* tem uma relação formal e não pessoal com a organização), 2) *Stakeholder **perigoso***, quando possuem os atributos Poder e Urgência (este *Stakeholder* é descrito como perigoso, pois, pode exercer coerção na organização) e 3) *Stakeholder **dependente***, quando possuem os atributos Legitimidade e Urgência (estes *Stakeholders* são dependentes daqueles que detêm o poder).

- Quando um “*Latent Stakeholder*”, ou seja, um *Stakeholder* de “baixa importância” adquire um 2º atributo ele muda de *status*, deixando de ser um *Stakeholder* passivo e passando a ser um *Stakeholder* ativo. Deve-se observar que existe uma componente “dinâmica” embutida nesta mudança.

- ***Stakeholders de Alta Importância ou “Definitive Stakeholder”***

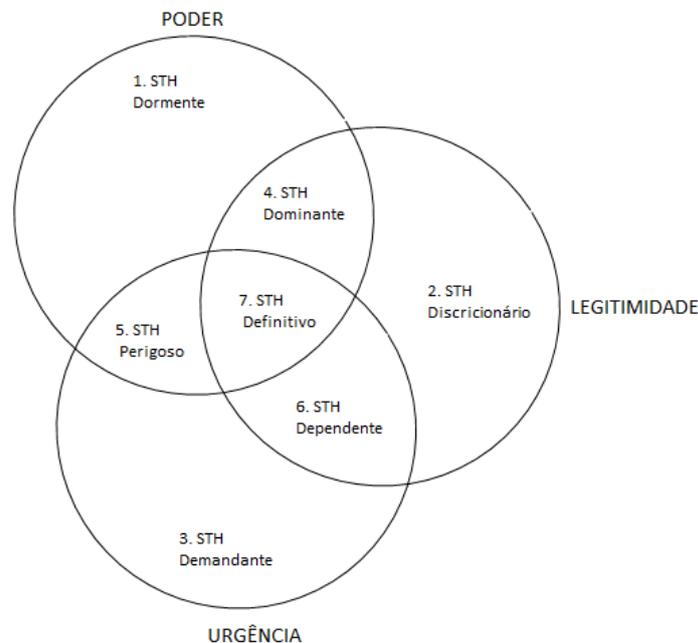
Os *Stakeholders* que possuem simultaneamente os três atributos, o Poder, a Legitimidade e a Urgência são denominados de “*Stakeholder* definitivo”

- ***Stakeholder* Potencial ou “Não-*Stakeholder*”.**

São atores que não possuem nenhum dos três atributos.

A Figura 3.4 é uma representação gráfica das classes de *Stakeholders* conforme proposta por Mitchell et al. (1997).

Figura 3.4– Tipologia dos *Stakeholders* (STH).



Obs.: Baseada no número de atributos que um *Stakeholder* pode possuir.

Fonte: Adaptado de Mitchell et al. (1997).

Segundo Driscoll; Starik (2004), os três atributos e suas associações, definidos inicialmente por Mitchell et al. (1997), são insuficientes para incorporar os conceitos de “proximidade e distanciamento”, “curto e longo termo” e “real e potencial” que as relações entre *Stakeholders* possuem. Por exemplo, associações e consórcios de indústrias que se agrupam em torno de um interesse ou produto comum ou ainda associações de organizações que se

agrupam formando uma rede ou sistema de *Stakeholders* interconectados (HEUER; STARIK 2002; TSAI 2000; WELCOMER, 2002). Considerando esses cenários, Driscoll; Starik (2004) e Luoma-aho (2005) sugeriram dois novos atributos, “Proximidade” e “Frequência de Contatos”, de forma a incorporá-los à estrutura vista na Figura 3.4. Detalhes da incorporação desses novos atributos podem ser vistos no Anexo A.

3.7. O Comportamento Dinâmico da Teoria *Stakeholder*.

A partir deste ponto da pesquisa bibliográfica procurou-se detectar trabalhos que tratassem com mais detalhes da **componente dinâmica** que modifica os *Stakeholders*, suas relações e em última análise o sistema (a rede) que estes agentes podem formar.

As relações entre as organizações e os *Stakeholders* mudam ao longo do tempo (FASSIN 2011; FRIEDMAN; MILES, 2002; MAZZA et al., 2017). Fassin (2011) utiliza os trabalhos de Winn (2001); Kochan; Rubinstein (2000); Jawahae; Mclaughlin (2001); Friedman; Miles (2002) e de Phillips (2003b) para defender a ideia de que “o papel de cada *Stakeholder* é temporário, específico e depende do contexto de estudo”. O autor também chama a atenção para a capacidade de “induzir dinamismo nas relações entre *Stakeholders*” e de “mudar o *status* dos *Stakeholders*” advindas dos movimentos sociais e da mídia.

Fassin (2011) alerta para a “lacuna” existente na representação gráfica dos *Stakeholders*, visto que, o aspecto dinâmico dos *Stakeholders* não é de fato detalhado nos estudos clássicos da teoria *Stakeholder* (FASSIN, 2008; SAVAGE et al., 2010). Segundo Fassin (2011) os modelos em forma de diagrama, utilizados para representar as redes de *Stakeholders*, podem criar uma falsa impressão da situação estática dos *status* e das relações entre *Stakeholders*. Ele adverte ainda que Freeman R. já havia alertado sobre as “simplificações” existentes em seus modelos e diagramas iniciais, utilizados para ilustrar os conceitos da teoria *Stakeholder*.

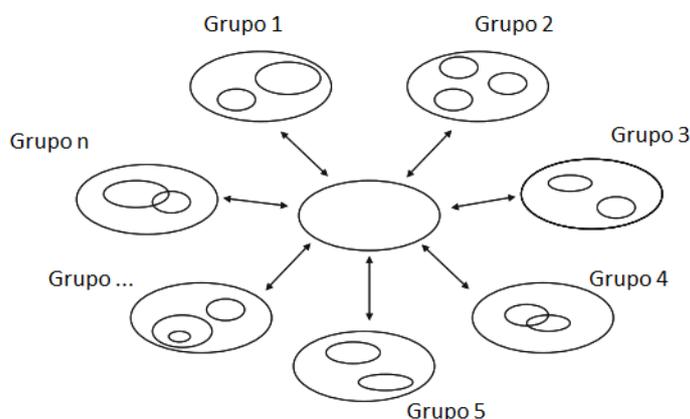
Fassin (2011) menciona que existem algumas tentativas de ilustrar graficamente o dinamismo dos *Stakeholders* e cita os trabalhos de Lamberg et

al., 2003; Savage et al. (2004); etc., que adotaram em seus modelos de estudo as perspectivas referentes à dependência de recursos, às condições iniciais, ao sequenciamento das decisões políticas, aos marcos legais, etc., como elementos comportamentais que influenciam na dinâmica da teoria *Stakeholder*. Fassin (2011) cita também casos relacionados à crise financeira e à reestruturação organizacional de algumas empresas, para ilustrar o aspecto dinâmico das relações entre *Stakeholders*.

Esses estudos ponderam sobre os conflitos de interesses dos *Stakeholders*, sobre os dispositivos legais, a densidade, capilaridade e tamanho da rede que os conecta, sobre a dependência de recursos, sobre o ganho e a perda de relevância e do *status* de *Stakeholder* e sobre o dinamismo que acompanha cada um destes elementos.

Fassin (2011) menciona que a solução ou mapeamento dos cenários organizacionais sempre passam pela caracterização dos *Stakeholders*, conforme apresentado no trabalho de Mitchell et al. (1997). Fassin (2011) sugere então, que uma forma de representar o dinamismo, referente à relevância de *Stakeholders*, pode ser feito por meio de uma sequência temporal de gráficos (em *PowerPoint*). As Figuras 3.4, 3.5 e 3.6 são exemplos das representações gráficas das relações entre *Stakeholders* e ilustram a dificuldade de capturar seu dinamismo.

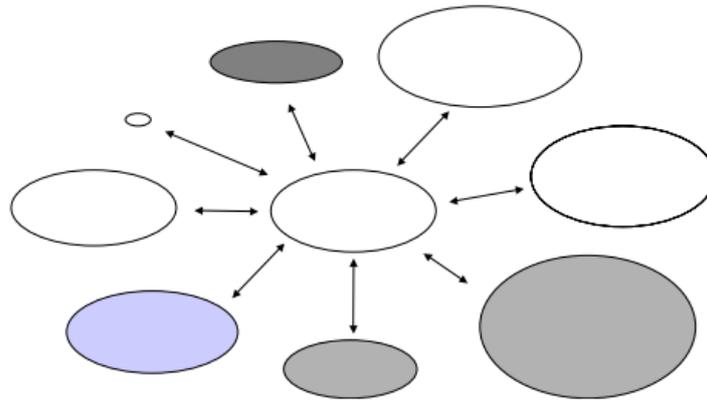
Figura 3.4 – Heterogeneidade dos Stakeholders.



Obs.: Heterogeneidade de interesses, interna aos grupos de *Stakeholders*.

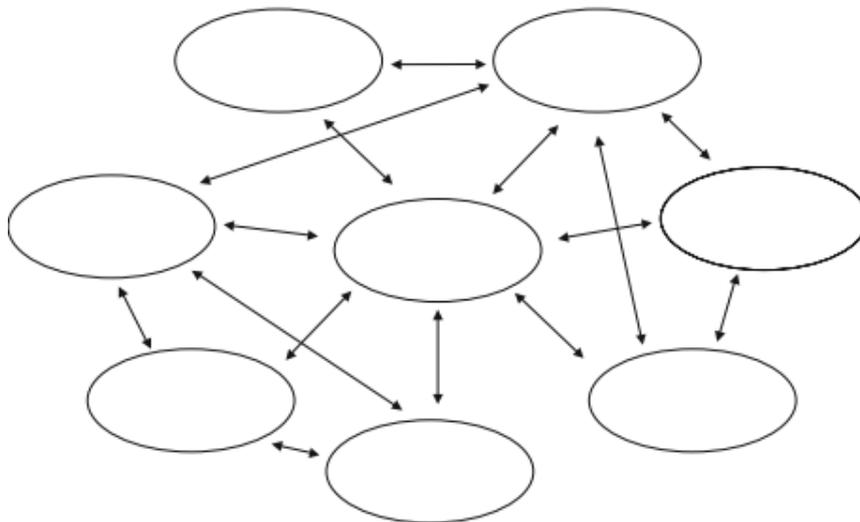
Fonte: Adaptado de Fassin (2008).

Figura 3.5 – Variabilidade do grau de relevância dos *Stakeholders*.



Fonte: Adaptado de Fassin (2008).

Figura 3.6 – Representação gráfica dos múltiplos *links* entre *Stakeholders*.



Fonte: Adaptado de Phillips (2003a) citado por Fassin (2008); Fassin (2011).

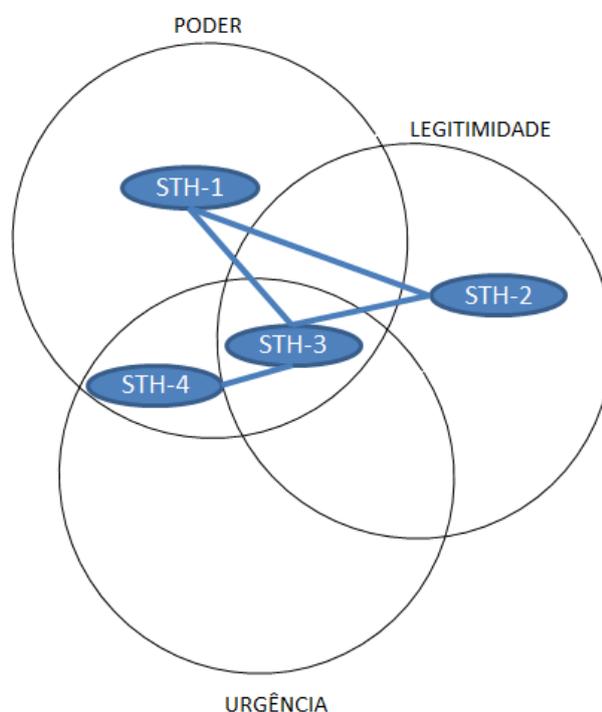
Considerações sobre a lacuna dinâmica observada por Fassin.

Transportando as ideias de Fassin (2008) para a estrutura de *Stakeholders* proposta por Mitchell et al. (1997) pode-se construir um *Framework* dispondo os *Stakeholders* em forma de rede, conforme o apresentado na Figura 3.7. A

Figura 3.7 abre espaço para novos estudos, relacionados às possíveis formas de se representar as **redes de Stakeholders** (conforme mencionado nos trabalhos de Fassin (2008, 2011); Mitchell et.al. (1997); Grossi (2003); Cameron et al. (2008).

É esta nova forma de representar as interações entre os *Stakeholders*, conforme desenhada na Figura 3.7, que será explorada neste trabalho de tese.

Figura 3.7 – Rede hipotética de quatro *Stakeholders* (STH) classificados segundo os atributos poder, legitimidade e urgência.



Fonte: Produção do autor, baseado em Fassin (2008, 2011); Mitchell et al. (1997); Grossi (2003); Cameron et al. (2008).

3.8. **Frameworks Utilizados para Classificar Stakeholders.**

Considerando que a pesquisa sobre a Teoria *Stakeholder* e as formas de classificá-los e representá-los ganhou profundidade e especificidade (foco), deu-se um novo direcionamento à pesquisa bibliográfica, fazendo uma busca por outras formas de se representar as estruturas funcionais e as redes de interações dos *Stakeholders*. É importante salientar porém que, para o objetivo

desta tese de doutorado, o trabalho de Mitchell et al. (1997) é o que se mostrou mais alinhado com os propósitos estabelecidos inicialmente. Todavia, apresenta-se no Anexo A uma síntese de “Outros *Frameworks* Utilizados para Classificar *Stakeholders*”. O Anexo A mostra que dentre os esforços para se mapear e tratar os interesses dos *Stakeholders* existem iniciativas atuais, como por exemplo, do PMBOK-2013, que em sua 5ª edição, sobre as melhores práticas em gestão de projetos, criou uma nova área do conhecimento (constituída de quatro processos específicos), voltada exclusivamente à gestão de *Stakeholders* (ver detalhes no Anexo A).

3.9. O Contexto Atual das Pesquisas Sobre a Teoria *Stakeholder*.

O contexto atual sobre a teoria *Stakeholder*, p. ex. (MILES, 2015; MAZZA et al., 2017), e os desdobramentos históricos observados nos meios acadêmicos e corporativos se devem à tese original de Freeman R. sobre a importância estratégica e a capacidade de gerar valor por meio da gestão de *Stakeholders*.

A pesquisa bibliográfica e a análise bibliométrica (ver telas no Anexo G) sobre a Teoria STH mostram que a academia tem sinalizado que a sustentabilidade e a prosperidade das corporações devem passar inevitavelmente pela descoberta de novas formas de gerir e classificar os *Stakeholders* com o objetivo de criar valor, na forma mais ampla da palavra, p. ex. (REBENTISCH et al., 2005; MAZZA et al., 2017).

Segundo Laplume et al. (2008), Miles (2015) e a Figura 3.1(a), vivemos atualmente a fase de amadurecimento da Teoria *Stakeholder* onde testes empíricos e propostas de *Frameworks* (ver Anexo A), para se mapear a influência e interação de *Stakeholder*, procuram demonstrar e validar seus fundamentos (DE SCHEPPER et al. 2014; FENG et al., 2012; FRIEDMAN; MILES, 2002; MOURAVIEV; KAKABADSE, 2015; PARENT; DEEPHOUSE, 2007; REED, 2009; RIZZO et al., 2015).

Outros trabalhos atuais como, por exemplo, de Tesfon; Birch (2014) continuam a explorar os conceitos de responsabilidade social corporativa (CSR) e de Desempenho Financeiro da Corporação (CFP - *Corporate Finance Performance*), associando-os à Teoria *Stakeholder*, conforme já havia sido

previsto por Freeman (1984). Esses autores argumentam sobre os benefícios da “gestão de *Stakeholder*” e da “definição das atividades sociais corporativas” como instrumento para enfrentar fenômenos mercadológicos como o *outsourcing*²⁶ e *off-shoring*²⁷, observados em países como USA, Reino Unido, França e Alemanha.

Uma organização define sua *Corporate Social Responsibility* (CSR) quando escolhe as atividades que irá executar, para materializar seu *core business* (CARROLL, 1979). Tesfon; Birch (2014) deixam evidente a complexidade da gestão corporativa e os impactos sistêmicos oriundos da CSR, eles também defendem a criação de *Frameworks* sistêmicos e robustos, que sejam validados por testes empíricos e que sejam capazes de (1) auxiliar as organizações a escolher e estruturar suas atividades, (2) gerir seus *Stakeholders* e (3) criar valor, de longo prazo para as organizações. Essas atividades estão alinhadas ou são complementares à proposta original da teoria *Stakeholder* de Freeman (1984). Elas agem como um elemento motivador para este trabalho de tese.

Existem trabalhos sobre a aplicação da teoria *Stakeholder* aplicados às indústrias brasileiras. O *Framework* sugerido por Vidal et al. (2015) é um exemplo dos trabalhos atuais voltados à criação de valor para as organizações brasileiras, utilizando conceitos da teoria *Stakeholder*. Em suas análises esses autores sinalizam sobre a necessidade de se classificar os *Stakeholders* e entender suas características. Eles tomam como exemplo as indústrias brasileiras classificando-as em três estágios distintos de evolução, no processo de criação de valor; aquelas que utilizam o modelo (1) restrito, (2) amplo ou (3) de transição (quando as atividades de criação de valor estão entre o modelo restrito (intrínseca à organização) e o amplo (extrínseca à organização). O *Framework* proposto capturou 7 áreas de concentração exercitadas pelas

²⁶**Outsourcing:** Termos relacionados; Terceirização, externalização ou subcontratação. Refere-se à transferência das atividades meio de uma empresa (privada ou governamental) para outra empresa com objetivo de redução de custo.

²⁷**Off-shoring:** é o modelo de realocação de processos e negócio de uma empresa, localizada em um determinado país, para outras empresas localizadas em outro ou outros países. Ela inclui qualquer processo de negócio como produção, manufatura e serviços e seu principal objetivo é o ganho de performance financeira e melhoria do perfil de competitividade empresarial.

organizações, no processo de criação de valor; (1) relativa à melhoria das relações com os *Stakeholders*, (2) relativa a melhoria do ambiente de trabalho, (3) relativa à preservação ambiental, (4) relativa ao aumento da base de clientes, (5) relativas ao desenvolvimento local, (6) relativas à manutenção e aumento da reputação da organização e (7) relativa à comunicação e diálogo com os *Stakeholders*.

A abordagem holística continua sendo tema dos trabalhos sobre a teoria *Stakeholder*. Trabalhos como o de Wang et al. (2015) enfatizam que os estudos sobre a Teoria *Stakeholder* reconhecem que existe uma variedade de *Stakeholders* e que é necessário interpretá-los de uma forma sistêmica. Historicamente a abordagem sistêmica encontra lastro nos trabalhos de Churchman (1968, 1971) que enfatizava a ideia de que na concepção sistêmica é preciso considerar todos aqueles que são afetados pelo projeto e não somente aqueles que estão diretamente envolvidos nele. Para Churchman, a razão para essa abordagem sistêmica é trazer robustez aos projetos, uma alusão à visão contemporânea sobre a necessidade de aumento de eficiência na competitividade entre as corporações. Freeman (1984) ratificou aquele conceito quando idealizou a teoria *Stakeholder*, alertando que os *Stakeholders* atuavam de forma sistêmica. Igualmente Ackoff (1973, 1974a, 1974b) argumentou que para lidar com problemas sistêmicos (em geral envolvendo atividades humanas), todos os *Stakeholders* devem tornar-se participantes do projeto. Sua visão era de que “mesmo havendo divergências é possível conceber um sistema que pode ser aceitável por todos os envolvidos”. Ainda segundo Ackoff, alcançar os objetivos estratégicos da organização ou melhorar sua performance deve ser vista com um problema sistêmico. Simmons (2003) e Simmons et al. (2005) defendem que a solução de problemas sistêmicos deve necessariamente levar em conta (1) a identificação dos *Stakeholders* “chave”, (2) a identificação dos interesses destes *Stakeholders* e (3) a **gestão equilibrada e combinada** destes interesses. Deve-se observar que equilibrar e combinar interesses ocorre dinamicamente ao longo de um projeto ou dentro de sistema. Essa linha de raciocínio vai ao encontro dos esforços para se construir ferramentas que possam explicitar e modelar tais sistemas (a exemplo do que se espera alcançar com este trabalho de tese).

Artigos, como por exemplo, Dentoni et al. (2016) citam os trabalhos apresentados no “3rd *international symposium on cross sector social interactions*, 2012” para sugerir que as discussões sobre co-criação de valor, diante de problemas complexos, e sobre a sustentabilidade das corporações, que emergem quando estas se expõem às **relações inter-setoriais**, podem ser melhor geridas se as experiências de negócio e a capacidade dinâmica de orientar os *Stakeholders* forem trabalhadas simultaneamente. Os autores propõem o uso de **metodologias dinâmicas**, de gestão e captura de *Stakeholders* para maximizar a performance nos negócios, para todos os envolvidos neste.

Outro exemplo é o de Zaini et al. (2015), que modela a capacidade das universidades de produzir startups, alinhadas com as expectativas dos *Stakeholders* (governo e mercado). Os autores sinalizam que essas ações já foram tentadas várias vezes em várias partes do mundo, com resultados diferentes. Os autores apresentam o caso particular de uma universidade Russa que se aliou ao MIT, em 2011, para integrar a capacidade científica das universidades, o empreendedorismo e a inovação, com o objetivo de aumentar o dinamismo e a diversidade da macro economia Russa. Os autores utilizam conceitos da Teoria *Stakeholder* (p. ex. *Stakeholder value network – SVN*) para modelar a dinâmica do mercado e a influência deste na performance e expectativa dos *Stakeholders*. Dentre as sugestões de ação o trabalho mostra que é fundamental que a universidade mantenha em sua grade curricular cursos como, por exemplo, “*Information Science and Technology, Energy Science and Technology, Biomedical Science and Technology, Space Science and Technology, and civilian Nuclear Science and Technology*”. Os autores concluem dizendo da necessidade de aprofundar os estudos buscando uma forma de melhorar a caracterização dos *Stakeholders* e de fazer um mapeamento formal destes e de se validar os modelos básicos, propostos em seu trabalho.

Cameron et al. (2008) desenvolveram um *Framework* para modelar redes de *Stakeholders* estabelecendo *links* entre suas estruturas funcionais e seu modelo de valor. Este modelo, segundo os autores, é capaz de explicitar a

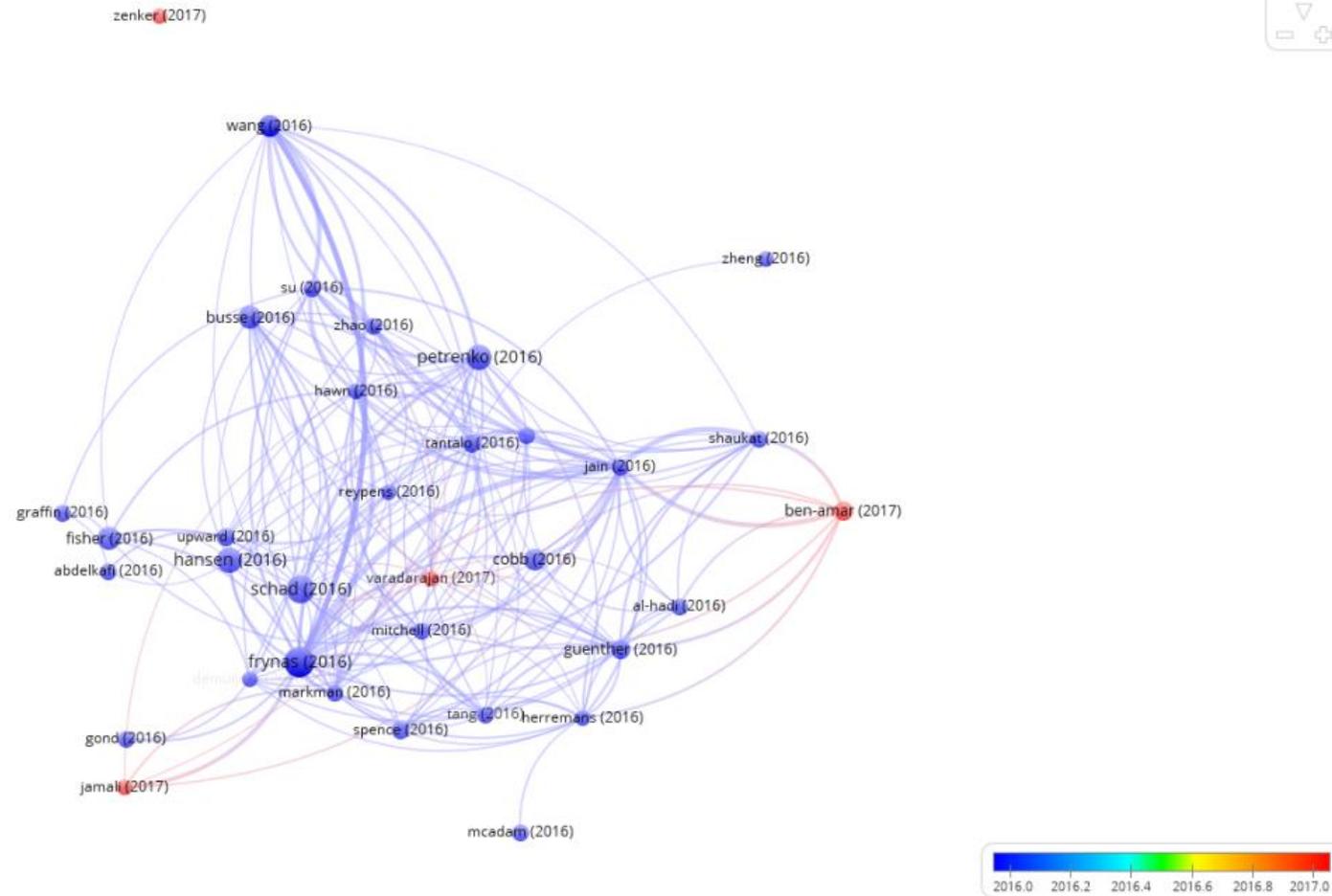
complexidade da entrega de valor quando se prioriza os objetivos do sistema. Mais especificamente Cameron et al. (2011) e Sutherland et al. (2012) aplicaram aquele *Framework* para modelar a rede de valor e de interação entre *Stakeholders* utilizando a exploração espacial como estudos de caso. Os trabalhos mostram um mapeamento dos principais agentes e dos fluxos de valor envolvidos em um programa espacial. Os autores concluem fazendo recomendações sobre, a necessidade de estabelecer e explicitar as características dos *Stakeholders*, como estes poderiam conduzir seus negócios (priorizando esforços e criando valor) e mencionando também, a necessidade de validar os modelos básicos propostos.

Outros trabalhos recentes, como por exemplo, Mitchell (2015) “*Stakeholder Inclusion and Accounting for Stakeholders*” e Mazza et al. (2017) continuam a enfatizar que as palavras chaves no estudo atual da Teoria *Stakeholder* poderiam ser resumidas em:

- Gestão sistêmica;
- Dinâmica dos negócios;
- Modelagem e Redes de *Stakeholders*;
- Inclusão, descarte e relevância de *Stakeholders*;
- Criação de valor;
- Gestão de risco.
- Tomada de decisão

O gráfico da Figura 3.8 é um extrato da análise bibliográfica e bibliometria feita utilizando o tópico “*Stakeholder Theory*”, para o período de 2016 até 2017, na base de dados do *Web of Science*. Utilizou-se o software *VOSviewer* e o filtro “*Bibliographic Coupling*” para isolar potenciais *fronts* de pesquisa na área, impondo a condição de que os artigos fossem citados pelo menos 5 vezes nos últimos 2 anos. A Tabela 3.2 mostra os principais títulos selecionados (para outros detalhes sobre essa análise, ver o Anexo G).

Figura 3.8 – Análise Bibliométrica para “Stakeholder Theory”.



Obs.: Resultado de análise Bibliométrica feita com o software *VOSviewer* sobre o tópico “Stakeholder Theory” nos últimos 2 anos (2016 e 2017). Utilizando o filtro *Bibliographic Coupling* (filtro para mapear os potenciais *fronts* de pesquisa) para os títulos e os autores citados pelo menos 5 vezes.

Tabela 3.2 – Principais títulos filtrados da base WoS para o tópico “*Stakeholder Theory*” nos últimos 2 anos.

FRYNAS (2016) -	FRYNAS, Jędrzej George; YAMAHAKI, Camila. Corporate social responsibility: review and roadmap of theoretical perspectives. <i>Business Ethics: A European Review</i> , v. 25, n. 3, p. 258-285, 2016.
SCHAD (2016)	SCHAD, Jonathan et al. Paradox research in management science: Looking back to move forward. <i>Academy of Management Annals</i> , v. 10, n. 1, p. 5-64, 2016.
MITCHELL (2016)	MITCHELL, Ronald K. et al. <i>Stakeholder</i> agency and social welfare: Pluralism and decision making in the multi-objective corporation. <i>Academy of Management Review</i> , v. 41, n. 2, p. 252-275, 2016.
HANSEN (2016)	HANSEN, Erik G.; SCHALTEGGER, Stefan. The sustainability balanced scorecard: A systematic review of architectures. <i>Journal of Business Ethics</i> , v. 133, n. 2, p. 193-221, 2016.
WANG (2016)	WANG, Qian; DOU, Junsheng; JIA, Shenghua. A meta-analytic review of corporate social responsibility and corporate financial performance: The moderating effect of contextual factors. <i>Business & Society</i> , v. 55, n. 8, p. 1083-1121, 2016.
BUSSE (2016)	BUSSE, Christian. Doing well by doing good? The self-interest of buying firms and sustainable supply chain management. <i>Journal of Supply Chain Management</i> , v. 52, n. 2, p. 28-47, 2016.
PETRENKO (2016)	PETRENKO, Oleg V. et al. Corporate social responsibility or CEO narcissism? CSR motivations and organizational performance. <i>Strategic Management Journal</i> , v. 37, n. 2, p. 262-279, 2016.
BEN-AMAR (2017)	BEN-AMAR, Walid; CHANG, Millicent; MCILKENNY, Philip. Board gender diversity and corporate response to sustainability initiatives: evidence from the Carbon Disclosure Project. <i>Journal of Business Ethics</i> , v. 142, n. 2, p. 369-383, 2017.
VARADARAJAN (2017)	VARADARAJAN, Rajan. Innovating for sustainability: a <i>Framework</i> for sustainable innovations and a model of sustainable innovations orientation. <i>Journal of the Academy of Marketing Science</i> , v. 45, n. 1, p. 14-36, 2017.
JAMALI (2017)	JAMALI, Dima; LUND-THOMSEN, Peter; KHARA, Navjote. CSR institutionalized myths in developing countries: An imminent threat of selective decoupling. <i>Business & Society</i> , v. 56, n. 3, p. 454-486, 2017.

Apesar da pesquisa bibliográfica sobre o tema *Stakeholders* não ter se esgotado, pode-se dizer que os trabalhos atuais estão no mesmo ponto de maturidade (ver por exemplo Figura 3.1-a), ou seja, estão em busca de uma estrutura funcional e útil que represente o sistema, que gere valor para todos os envolvidos, que capture as tendências mercadológicas, que construa a sustentabilidade das corporações e dos sistemas e que possa ser validada empiricamente. Os principais drivers identificados nos artigos listados na Tabela 3.2 são: *corporate social responsibility* (CSR), multiobjetivo dos interesses dos STHs, inovação e *Framework*. Esses drivers já estavam listados no trabalho seminal de Freeman (1984).

3.10. Resumo e Considerações sobre o Estudo da Teoria Stakeholder.

Apesar de Laplume et al. (2008) e Elias (2000) afirmarem que “vestígios da teoria Stakeholder remontam ao início da década de 60”, Bertalanffy (1950) (ver resumo no Anexo B) já declarava, em 1950 que; “a Teoria Geral dos Sistemas define os princípios gerais da dinâmica da interação que aparece como problema central da ciência moderna”, definição que remete aos fundamentos da teoria Stakeholder.

Atualmente, pode-se dizer que a Teoria *Stakeholder* é, por hora, um apelo às organizações para que se pense sistemicamente e considerem todos os *Stakeholders* nas atividades e nos planos estratégicos organizacionais. Existem estudos acadêmicos, teóricos e empíricos, sinalizando que a gestão de *Stakeholders* pode melhorar o desempenho das instituições, agregando valor e sustentabilidade aos processos organizacionais.

A comunidade acadêmica e corporativa têm expectativas de que a teoria *Stakeholder* possa se estruturar cada vez mais (incorporando robustez, por exemplo, às formas normativa, descritiva e instrumental) e produzir evidências de que ao se gerir as relações e expectativas de todos os *Stakeholders*, e não apenas aquelas referentes a um número restrito de interessados, as organizações de fato melhorem seu desempenho financeiro e social.

Os pesquisadores tanto do termo “*Stakeholder*” quanto da “teoria *Stakeholder*” mencionam de forma recorrente as relações, conexões, interações entre

Stakeholders e sua **natureza dinâmica**, multicontextual e multiobjetivo, sugerindo que uma forma de se visualizar o ambiente corporativo seria por meio de uma rede de interconexão de *Stakeholders* que pulsa ao sabor de novos projetos, do monitoramento, da distribuição e captação equilibrada de recursos, do desenvolvimento e manutenção das interfaces corporativas e da busca constante por aumento de eficiência e de rendimentos nos negócios (MAZZA et al., 2017).

Este trabalho de tese se propõe a contribuir com a necessidade de capturar e explicitar a dinâmica de atuação dos STHs, de tal forma que seja possível simular potenciais cenários passados e futuros (reais ou potenciais) dos sistemas compostos por eles. Faz-se a seguir outras considerações sobre o que foi observado no estudo sobre a T. STH que dá o suporte para a construção da Metodologia STH/SD que é o objetivo central desta tese de doutorado.

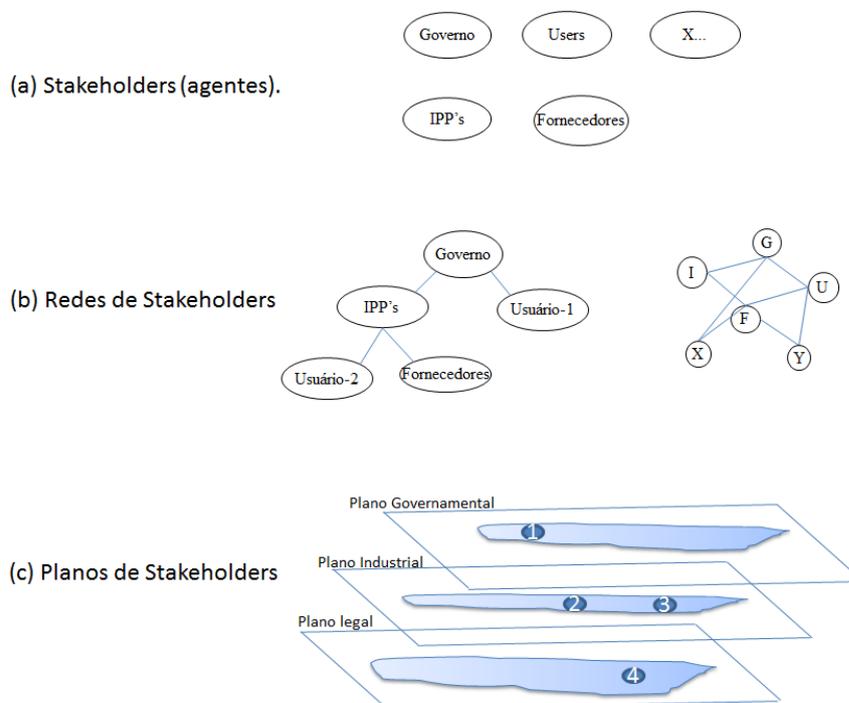
Considerações sobre a rede de Stakeholders (STH) (possíveis formas de associação de Stakeholders).

A forma e as interfaces com as quais os *Stakeholders* (STHs) se relacionam podem assumir várias configurações possíveis. A Figura 3.9, mostra alguns exemplos de como se poderia visualizar uma rede de interação de STHs. Trabalhos como os de Grossi (2003); Freeman L. (2000); Mucha (2010); Wasserman; Faust (1994) indicam que seria possível representar uma rede de STHs por meio dos conceitos e ferramentas utilizadas no estudo de redes sociais (ver detalhes sobre formas de analisar redes sociais em INSNA²⁸).

²⁸ INSNA: International Network for Social Network Analysis. Disponível em <http://www.insna.org/> Acesso em jan. de 2018.

Figura 3.9 – Formas possíveis de se mapear a disposição dos *Stakeholders* (STHs) em um sistema.

(a) *Stakeholders* independentes, (b) Redes de *Stakeholders*, (c) *Stakeholders* dispostos em planos.



Fonte: Produção do autor, baseado em Mucha (2010, p. 876); Freeman L. (2000); Geels (2002)²⁹.

Na Figura 3.9(a) os *Stakeholders* são apresentados como agentes independentes, em (b) mostra-se duas formas possíveis de se conceber uma rede de *Stakeholders* e em (c) mostra-se os *Stakeholders* dispostos em planos. Os *Stakeholders* podem fazer parte de planos distintos que inclusive podem se interceptar (FREEMAN L., 2000)³⁰. Pode-se expandir este conceito e inferir que a “quantidade e intensidade” das interconexões, entre os *Stakeholders*, pode tornar a rede de *Stakeholders* muito complexa (GROSSI, 2003). Existem trabalhos correlatos, como por exemplo, sobre “redes sociais”, que estudam

²⁹ Ref: Geels (2002 , Fig. 2 e 3, p. 1260).

³⁰ Planos de Stakeholders (redes sociais): exemplo de clusters de stakeholders Dispostos em planos distintos <https://www.cmu.edu/joss/content/articles/volume1/Freeman.html> Acessado em Janeiro/2018.

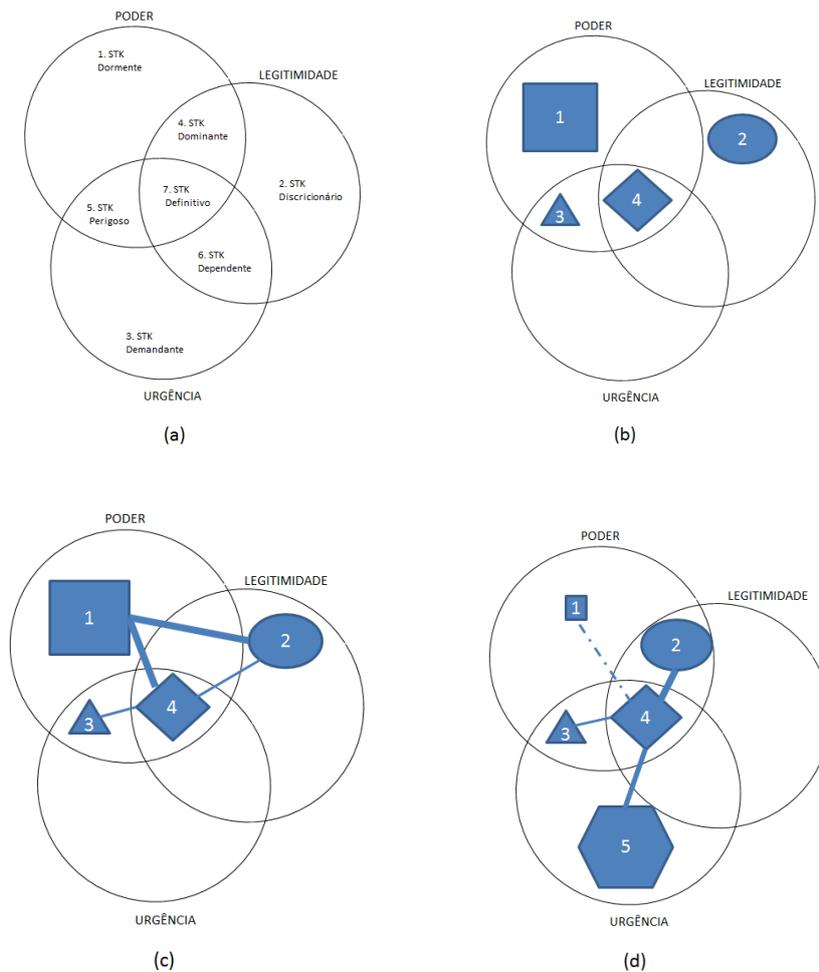
como os *Stakeholders* podem interagir formando clusters ocupacionais (FREEMAN L., 2000; FORTUNATO, 2010; MUCHA, 2010) ou ainda que estudam as mudanças tecnológicas e sócio-técnicas (GELLS, 2002, 2005, 2007), com abordagens interessantíssimas que inspiram e tangenciam o tema desta tese, entretanto, se aprofundadas aqui, provocaria um desvio no objetivo principal deste trabalho de tese, que é combinar as teorias STH e SD em uma nova metodologia de modelagem de sistemas.

Considerações sobre o formato dos Stakeholders (STHs), mudança dinâmica dos STHs.

Os STHs podem ganhar ou perder atributos (poder, legitimidade e urgência) durante o tempo de projeto (ou dentro de um sistema) devido à dinâmica do funcionamento do sistema e/ou devido às interações de seus elementos. Uma forma possível de se visualizar os STHs de um sistema pode ser vista na Figura 3.10. A Figura 3.10(a) mostra os círculos de atributos com suas regiões de interconexões. Esses espaços podem ser ocupados por STHs em função dos atributos que estes possuem (poder, legitimidade ou urgência), conforme sugerido por Mitchell et al. (1997). Na Figura 3.10(b), mostra-se um sistema hipotético composto por 4 *Stakeholders* distintos. O *Stakeholder* 1 possui somente o atributo Poder, o *Stakeholder* 2 possui somente o atributo Legitimidade, o *Stakeholder* 3 possui os atributos Legitimidade e Poder e o *Stakeholder* 4 possui os atributos Poder, Legitimidade e Urgência. Utilizou-se formas e dimensões diferentes para representar os STHs para sugerir que os STHs são distintos e podem acumular atributos de forma particular. Na Figura 3.10(c), mostram-se os mesmos *Stakeholders*, porém, com uma rede de interconexão (interação), a exemplo do que ocorre nas redes sociais (GROSSI, 2003). A magnitude da linha que conecta dois STHs indica o grau de interação entre eles, enquanto a magnitude do símbolo, expressa o acúmulo de atributos de cada STH. Em termos relativos, na Figura 3.10(c), o STH-1 tem mais poder do que STH-2 tem legitimidade e assim sucessivamente (FREEMAN L., 2000, 1978; GROSSI, 2003).

Figura 3.10 – Comportamento dinâmico dos *Stakeholders* (STH).

(a) Possíveis classificações dos *Stakeholders* (STH) em função dos atributos (poder legitimidade e urgência; (b) Sistema composto por 4 *Stakeholders* diferentes, (c) Sistema de *Stakeholders* conectados em rede, num instante t1; (d) Mudança do *status* dos STHs do Sistema (mesma rede de STH observada em (c), porém, num instante t2).



Fonte: Produção do autor, baseado nos trabalhos de Mitchell et al. (1997); Rowley (1997)³¹; Bryson (2004)³²; Freeman R. (2000); Fortunato (2010).

³¹ Ref: Rowley (1997), Figure 1.

³² Ref: Bryson (2004), Figure 6.

Na Figura 3.10 (d) representa-se o mesmo sistema da Figura 3.10 (c), porém, em um instante (ou cenário) diferente. O que se pretende representar ali é que devido às características dinâmicas dos STH, o sistema pode sofrer mudanças. Atributos e conexões podem ser ganhos ou perdidos (caso do STH-1 e do STH-2) e *Stakeholders* podem surgir (caso do STH-5) ou desaparecer do sistema. Comparando-se as Figura 3.10 (c) e (d) pode-se dizer ainda que, os *Stakeholders* mudaram de *status*, o STH-1 perdeu poder, o STH-2 continuou com o atributo de legitimidade e ganhou poder, os *Stakeholders* STH-3 e STH-4 não sofreram alteração e o STH-5, que possui um alto grau de urgência, foi acrescentado ao sistema.

O desafio deste trabalho de tese é propor uma forma (metodologia) capaz de capturar as mudanças que ocorrem nos *Stakeholders* (a exemplo do que ocorre na Figura 3.10), utilizando as duas áreas de conhecimento [*Stakeholder* (STH) & System Dynamics (SD)], e que permita simular a dinâmica de comportamento do sistema (devido às mudanças dos STH e dos elementos que os influenciam).

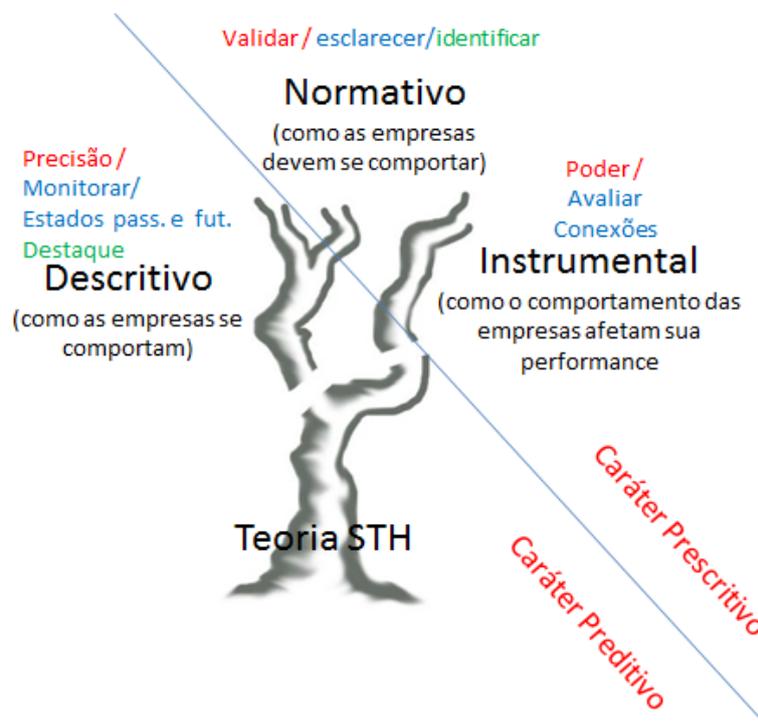
Outras considerações sobre a T. STH.

Apesar da proposta de Donaldson; Preston (1995) de representar as formas normativa, instrumental e descritiva da teoria *Stakeholder* de forma aninhadas (ver Figura 3.2), é possível imaginar que elas podem ser melhor representadas como ramos de uma árvore, conforme proposto na Figura 3.11.

Fazendo um retrospecto dos principais conceitos que fundamentam a Teoria *Stakeholders*, é oportuno destacar os seguintes:

- Apesar de haver, atualmente, 593 definições diferentes para o termo *Stakeholder* (MILES, 2015), a definição original de Freeman R. continua sendo uma das mais utilizadas; “*Stakeholder* é qualquer grupo de indivíduos que afetam ou podem ser afetados pelas ações e objetivos de uma organização”.
- O objetivo principal da Teoria *Stakeholder* é compreender a dinâmica dos negócios do século XX (MAZZA et al., 2017).

Figura 3.11 – Ramos Descrito, Normativo e Instrumental da Teoria Stakeholder.



Fonte: Produção do autor, baseado nas referências de Laplume et al. (2008); Donaldson; Preston (1995) e Mitchell et al.(1997).

- A identificação de *Stakeholders*, em qualquer cenário, é vital para o gestor, pois, ele deverá ser capaz de eleger quais são os requisitos legítimos, reais e potenciais que podem afetar a organização. A prioridade da gestão de *Stakeholder* é posicionar a organização no centro de todos os interesses, ou seja, no centro do sistema. Para executar esta tarefa é preciso; 1) identificar e classificar os *Stakeholders*, 2) Garantir a sobrevivência da organização, 3) Garantir a saúde financeira da organização, 4) Controlar os riscos, 5) Identificar e explorar as oportunidades que o ambiente proporciona, 6) Ter capacidade de execução e conhecer a capacidade dos concorrentes, 7) Construir parcerias, 8) Influenciar as políticas públicas, etc. (MITCHELL et al.,1997).
- “A chave para se compreender a Teoria Stakeholder é perceber que o capitalismo funciona porque há uma ação combinada entre os interesses dos clientes, dos fornecedores, dos empregados, da comunidade e os interesses financeiros da organização. O papel do gestor ou empresário é capturar a natureza desses interesses e criar valor para todos e para cada

um. Onde houver conflito, deve-se criar ainda mais valor por meio de iniciativas inovadoras (R. E. Freeman, personal communication, March 12, 2008)”.

- “Nós precisamos dar à Teoria Stakeholder uma abordagem gerencial, que esteja intimamente ligada com a prática de negócios” (FREEMAN R., 2000).
- Freeman R. (1994) argumentou que o que era mais revolucionário sobre a Teoria Stakeholder era a tendência mercadológica de se gerar valor ao se combinar os conceitos relacionados a negócios e moralidade.
- Wolfe; Putler (2002); Winn (2001) produziram evidências de que os membros de um grupo de Stakeholders têm interesses heterogêneos, o que interfere em sua capacidade individual de definir prioridades viáveis de ação, comprometendo sua habilidade para mobilizar-se em atividades coletivas.
- Freeman (1984) sugeriu que o papel da gestão é **equilibrar** os interesses dos Stakeholders ao longo do tempo e JENSEN (2002) propôs que os gerentes devem olhar para "maximização do valor de longo prazo da organização" como um critério para se **fazer as compensações necessárias** entre seus Stakeholders.
- Segundo Clarkson (1994); “**sem o elemento risco não há Stake**”.
- A característica Stakeholder é dinâmica, ou seja, pode-se ganhá-la, perdê-la, aumentá-la ou diminuí-la em função da dinâmica, das interações ou relacionamentos entre Stakeholders (MITCHELL et al., 1997; DONALDSON; PRESTON, 1995).
- As relações entre as organizações e os Stakeholders mudam ao longo do tempo, “o papel de cada Stakeholder é temporário, específico e depende do contexto de estudo” (FASSIN, 2011; FRIEDMAN; MILES, 2002).
- Segundo Donaldson; Preston (1995), os estudos sobre a Teoria Stakeholder, sugerem que a adesão, aos seus princípios e às suas práticas, permite às organizações, que se alcance, e até se supere, os mesmos

objetivos, convencionais de desempenho, alcançados com as abordagens tradicionais de gestão.

- Mitchell et al.(1997) explicam que, ao se classificar os *Stakeholders*, com os atributos de poder e legitimidade, diante de um ambiente de demanda urgente, cria-se um MODELO SISTEMÁTICO, COMPREENSIVO E DINÂMICO que representará melhor o ambiente e a estrutura funcional dos *Stakeholders*.
- Simmons (2003); Simmons et al. (2005) defendem que a solução de problemas sistêmicos deve necessariamente levar em conta (1) a identificação dos *Stakeholders* “chave”, (2) a identificação dos interesses destes *Stakeholders* e (3) a gestão equilibrada e combinada destes interesses.
- Laplume et al. (2008), advertem sobre a capacidade de interferência, na gestão das organizações, advindas das redes sociais e dos *Stakeholders*, que isolados tem pouca expressão, porém quando se associam podem influenciar ou pressionar as organizações. Os autores argumentam que as organizações mais resistentes a este tipo de pressão, são aquelas que se tornam o “player” central da rede de *Stakeholders* e as redes que exercem maior pressão são aquelas com alta densidade de interconexões.
- Freeman R. diz que a teoria *Stakeholder* torna supérflua a ideia de responsabilidade social corporativa (CSR - *Corporate Social Responsibility*) uma vez que todos os *Stakeholders* devem estar inseridos nos processos de negócio das organizações (FREEMAN R., 2005). Wood (1991) baseia-se nesta ideia, para afirmar que a teoria *Stakeholder* pode ajudar a trazer a noção **abstrata** de “sociedade” para mais perto dos gestores e estudiosos e fornecer um elemento, a partir do qual estes possam entender melhor como a sociedade concede ou nega legitimidade às organizações.
- Kotter; Heskett (1992) observaram que algumas organizações, bem sucedidas, tais como; Hewlett-Packard, Wal-Mart, e Dayton Hudson, sempre adotaram alguma forma de gestão instrumental dos interesses dos *Stakeholders*. Segundo os autores, “Quase todos os gestores daquelas

companhias cuidam com muita atenção dos interesses das pessoas que detêm algum “*Stake*” (participação) nos negócios da organização (p. ex., funcionários, acionistas, fornecedores, etc.)”.

- Bertalanffy (1968) define sistemas como sendo “um conjunto de elementos inter-relacionados com objetivo comum”. O autor mencionava que a revolução das novas experiências, que a sociedade estava vivenciando, no campo da engenharia, da química, da mecânica, da comunicação, devido aos avanços tecnológicos do pós-guerra, estava exigindo que:

“Os homens desenvolvessem uma nova forma de se relacionar, com as máquinas, com as finanças, com a economia, com a sociedade e com a política. Fazendo surgir uma série de novos problemas, complexos interconectados (BERTALANFFY, 1968)”.

(ver outros detalhes sobre Bertalanffy no Anexo B)

- Exemplo de visão sistêmica de Meadows (2008) (ver detalhes no Anexo B);

“A dependência das drogas não é falha de um indivíduo; ninguém pode curar um viciado por mais duro ou amoroso que seja, nem mesmo o próprio viciado. É somente por meio do entendimento do vício, como parte de um sistema de influências e questões sociais que se poderá começar a resolver/mapear o problema”.

4 A METODOLOGIA *SYSTEM DYNAMICS* (M. SD): (BASE CONCEITUAL).

O Objetivo deste capítulo é estabelecer a base conceitual da Metodologia *System Dynamics* (M. SD) e evidenciar quais de suas partes podem dar suporte a esta tese de doutorado. A Metodologia SD se destina a capturar a dinâmica de funcionamento dos sistemas. Nesta monográfica traduz-se o termo ***System Dynamics Methodology* (M SD)** como “metodologia de modelagem da dinâmica de sistemas ou **modelagem dinâmica de sistemas**”. Observar ainda que, está implícito que os sistemas considerados aqui são sistemas dinâmicos.

A pesquisa bibliográfica mostrou que ainda não há um consenso sobre a denominação a ser usada para a metodologia SD, alguns autores tratam-na como uma abordagem, outros como uma disciplina, outros como um campo ou área do conhecimento ou uma profissão, outros como uma teoria e outros como uma combinação de metodologias (feita de forma metodológica e teórica). Desta forma, o termo M. SD é utilizado, nos parágrafos desta monografia, seguindo a denominação utilizada por seus autores em referência.

A exemplo do ocorrido durante a pesquisa bibliográfica sobre a Teoria de *Stakeholders*, observou-se também, para a pesquisa bibliográfica sobre a Metodologia SD, que existe um grande número de títulos relativos a este tema. Com isto decidiu-se estabelecer o seguinte plano de trabalho;

- 1) Fazer uma revisão dos conceitos e áreas do conhecimento que dão suporte à metodologia SD. Identificar dentro deste universo os temas mais relevantes e transcrevê-los, (1) em um texto principal que deve focar especificamente na metodologia e (2) em 5 Anexos com o objetivo de complementar o texto principal e resgatar alguns conceitos que a fundamentam.
 - a. No Anexo B, abordar sucintamente a teoria geral de sistemas, esclarecendo sobre seus termos, definições e subclasses.

- b. No Anexo C, abordar, sucintamente, a teoria de controle moderno dando ênfase aos seus termos, definições e diagramas de representação (modelos).
 - c. No Anexo D, propor um tutorial que mostra como proceder para modelar um sistema dinâmico e simular a dinâmica de seu funcionamento. O objetivo deste Anexo é esclarecer sobre o processo de “modelagem SD”, estimular sua prática e exibir o que é feito em alguns centros de excelência que utilizam-na em seus cursos acadêmicos.
 - d. No Anexo E, complementar o item “A modelagem SD”, já abordado no texto principal, acrescentando detalhes sobre os processos e as melhores práticas para a captura de informações de um sistema complexo e sobre a qualidade de um modelo SD.
 - e. No Anexo F, complementar os dados históricos sobre o legado de Forrester (idealizador da metodologia SD), apresentar o contexto de aplicação da metodologia e a possibilidade de combiná-la com outras metodologias.
- 2) Uma vez estabelecida a base conceitual da metodologia SD, fazer então uma pesquisa específica sobre *system dynamics approach* conforme foi abordada em inúmeros trabalhos científicos, como por exemplo, nos trabalhos clássicos de Forrester “Industrial Dynamics” de 1961, e de Sterman “Business Dynamics” de 2000; referenciadas, aproximadamente e respectivamente, 13.000 e 12.000 vezes (segundo o sítio *Google academic*) por autores que estudam o tema SD. Reproduzir alguns modelos clássicos de modelagem SD, fazendo considerações sobre sua funcionalidade. Evidenciar a fase atual em que se encontram as pesquisas sobre a metodologia SD e finalmente apresentar as conclusões sobre o material pesquisado.

A Figura 4.1 a seguir é um exemplo de relatório oriundo da pesquisa bibliográfica e análise bibliométrica feita com o tópico “*System Dynamics*” utilizando a base de dados *Web of Science* e um filtro de co-citação (ver mais

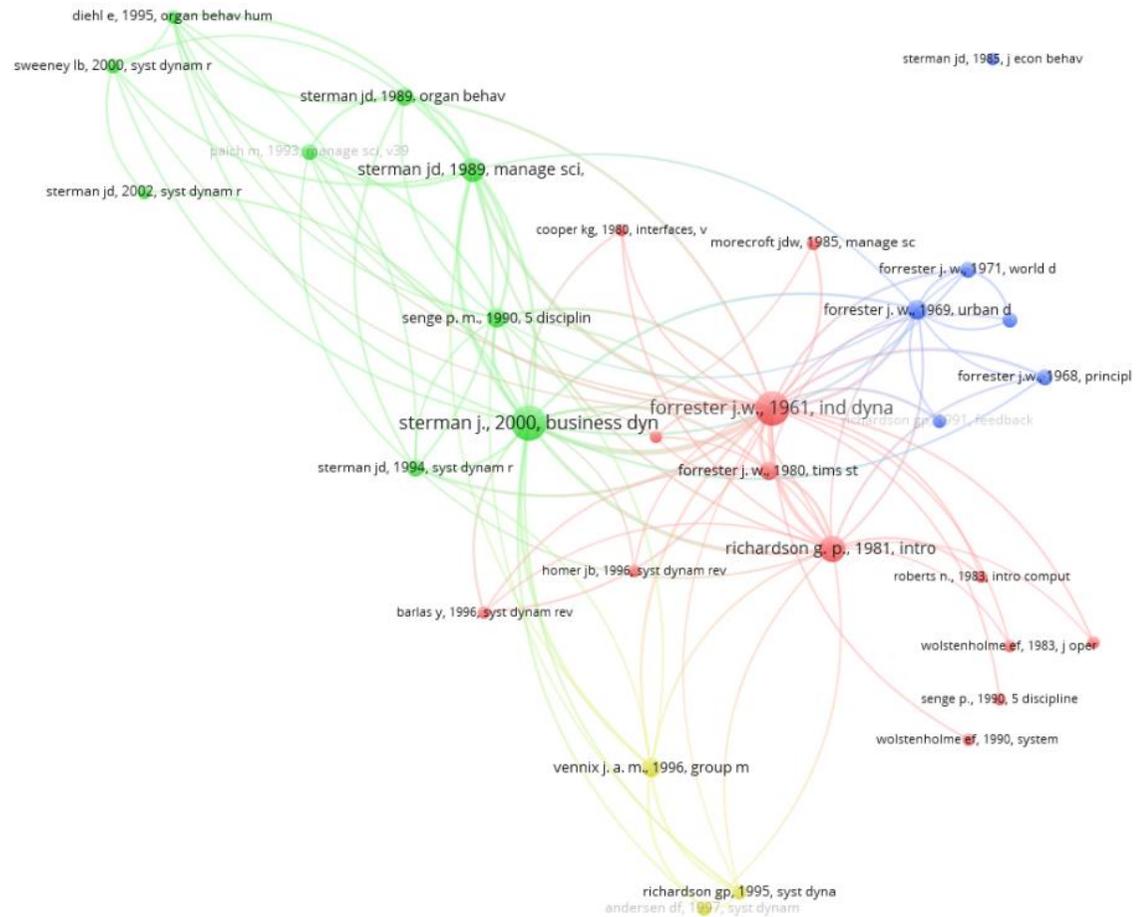
detalhes no Anexo G). Na Figura 4.1 são utilizadas linhas de interligação cuja densidade expressa o grau de correlação entre os trabalhos. Pode-se dizer, olhando a Figura 4.1, que os trabalhos de Forrester (1961) (Industrial Dynamics), Sterman (2000) (Business Dynamics), Forrester (1980) (System Dynamics: TIMS studies in the management sciences) e Richardson (1981) (Introduction to System Dynamics Modeling with Dynamo), dão a fundamentação teórica para a área System Dynamic.

4.1. Definição: Sistemas Complexos e Sistemas Dinâmicos.

Um sistema é caracterizado como complexo devido à multiplicidade de seus elementos (natural, técnico, econômico e social) e de suas interações e também pela diversidade de comportamento e propriedades que estes elementos exibem. Um sistema complexo é caracterizado como dinâmico quando; (1) há uma forte interação entre os vários atores do sistema, (2) há uma forte dependência do tempo, (3) há uma estrutura causal complexa devida aos *feedbacks* e (4) há atrasos (comportamentais ou reacionais) contra intuitivos e difíceis de serem previstos (STERMAN, 2000; citado por BÉRARD, 2010, p 35).

A pesquisa bibliográfica mostrou que existem várias definições para o termo *System Dynamics Approach* ou *System Dynamics Methodology* (traduzidos nesta monografia como “modelagem da dinâmica dos sistemas”), algumas delas apresentadas no Anexo B, outras encontram-se listadas a seguir.

Figura 4.1 – Análise Bibliométrica para “System Dynamics”.



Obs1.: Análise bibliométrica sobre os trabalhos mais influentes (e que foram citados juntos nos últimos 50 anos) dentro da Base *Web of Science*, utilizando como tópico “System Dynamics”.

Obs2.: Gráfico construído utilizando o software *VOSviewer*.

A Organização para Estudos da Dinâmica de Sistemas³³ define a abordagem SD como:

Uma metodologia que utiliza técnicas de modelagem e de simulação computacional, para esboçar, entender, debater e analisar sistemas, questões e problemas complexos. Originalmente desenvolvida na década de 1950, para auxiliar os gerentes corporativos a melhorar a sua compreensão sobre os processos industriais, atualmente ela tem sido utilizada como ferramenta de apoio, tanto no setor público quanto privado, para definição, análise e projeto das políticas e estratégias organizacionais.

O dicionário³⁴ de termos de negócio define a abordagem SD como:

Um *Framework* de propósito geral, destinado a representar e simular o comportamento dinâmico (fluido) dos negócios, da economia, do meio ambiente e da sociedade. Ele se baseia em princípios comportamentais de tomada de decisão e em estruturas cibernéticas³⁵ (loops realimentados de informações) para ilustrar as relações complexas existentes entre os aspectos tangíveis ou *hard* (tais como máquinas, materiais, dinheiro e pessoas) e os aspectos intangíveis ou *soft* (tais como moral, ética, políticas, processos e estruturas) de uma dada situação. Para construir um modelo (simulável), empregam-se dois conceitos básicos; (1) estoques ou reservatórios (simbolizados por retângulos) que representam acumulações de coisas (como por exemplo, de contas a receber, de capital, de atrasos, de inventários, etc.) e (2) fluxos (simbolizados por triângulos) que representam o movimento de coisas (como por exemplo, consumo, entrega, gastos, produção, etc.).

³³ System Dynamics Organization: Disponível em: <http://www.systemdynamics.org/DL-IntroSysDyn/start.htm> Acessado em jan. 2018.

³⁴ Business Dictionary: Disponível em: <http://www.businessdictionary.com/definition/system-dynamics-SD.html> Acesso em: jan. 2018.

³⁵ **Cibernéticas:** termo definido no Anexo B e representado na Figura 4.20 como área do conhecimento.

Segundo Forrester (1999) “System Dynamics (SD)” é um campo profissional que lida com sistemas complexos. Nele, o conhecimento e a percepção, sobre a dinâmica dos sistemas, fornece a base conceitual para o pensamento sistêmico. SD estuda como as coisas mudam ao longo do tempo podendo ser aplicado na maioria das situações ordinárias do cotidiano humano. SD envolve interpretar o comportamento real dos sistemas, mediante sua modelagem e simulação computacional. SD permite observar como a estrutura e as políticas de tomada de decisão interferem no comportamento do sistema.

4.2. O Legado de Forrester.

Lane; Sterman (2011) explicam que o campo SD foi desenvolvido por Jay Wright Forrester, na década de 50, durante seu trabalho pioneiro sobre servomecanismos e computação digital. Ao combinar os conceitos da teoria de controle em malha fechada (feedback) e computação digital, Forrester criou uma “nova abordagem” para simular o comportamento dos sistemas sociais. Essa abordagem se propõe a explicar o comportamento dos sistemas e a conceber políticas mais efetivas para a melhoria do seu desempenho.

Controlar sistemas realimentados de informação é fundamental para a vida e para toda atividade humana. Isto inclui desde a lenta evolução biológica até os mais recentes lançamentos espaciais de satélites. Tudo que fazemos como indivíduos, como indústria ou como sociedade é feito no contexto de um sistema realimentado de informação (FORRESTER 1961; citado por MEADOWS, 2008, p. 25).

O Anexo F traz dados complementares sobre o histórico dos trabalhos pioneiros de Forrester aplicando a metodologia SD na empresa *General Electric (GE)*, sobre seus trabalhos na escola de administração *Sloan School of Management do MIT (Massachusetts Institute of Technology)*, sobre suas principais obras, sobre os impactos causados pela utilização da Metodologia SD para modelar o crescimento populacional e as fontes não renováveis de recursos e sobre o potencial benefício em se combinar a metodologia SD com outras metodologias.

4.3. Características da Metodologia / Abordagem / Modelagem SD.

Sterman (2000) explica que a abordagem *System Dynamics* (SD) pode ser utilizada como um instrumento de apoio para melhorar o entendimento dos sistemas complexos e dinâmicos que permeiam a maioria das atividades humanas. O autor menciona que assim como uma companhia aérea utiliza simuladores de voo, para ajudar os pilotos a apreender a dinâmica da aeronave, a abordagem SD é em parte um método para desenvolver simuladores de “voos administrativos”, implementado por meio de modelos (físicos e matemáticos) simuláveis, que ajudam a (1) aprender sobre a complexidade dinâmica dos sistemas, (2) a entender seus pontos de resistência política e (3) a tomar decisões e a conceber políticas mais eficazes.

Sterman (2000) explica ainda que aprender sobre a dinâmica dos sistemas complexos requer mais do que ferramentas e técnicas para criar modelos matemáticos. O autor destaca as seguintes características referentes à abordagem SD;

- SD é uma perspectiva, com um conjunto de ferramentas conceituais, que nos permite entender a estrutura e a dinâmica dos sistemas complexos;
- SD é fundamentalmente interdisciplinar;
- SD pode ser aplicada a outras áreas do conhecimento, como por exemplo, às ciências sociais (utilizando conceitos relacionados ao comportamento humano, à psicologia social e cognitiva³⁶, à economia, etc.).

³⁶**Cognição:** É definida por alguns autores como uma habilidade e por outros como um processo. Cognição é um termo que se refere aos processos mentais envolvidos na obtenção de conhecimento e compreensão. Esses processos interferem no comportamento humano definindo como as pessoas pensam, adquirem conhecimento, organizam suas lembranças, julgam e resolvem problemas. Estas são funções de nível superior do cérebro e abrangem a linguagem, a imaginação, a percepção e o planejamento. A filosofia sugere que existem duas formas com as quais as pessoas adquirem uma “visão do mundo”; 1) baseada nas experiências básicas e primárias do indivíduo que posteriormente são usadas, pelo pensamento racional, para criar conhecimento e 2) baseada na crença de que as pessoas adquirem conhecimento através de suas observações do mundo ao seu redor (empirismo).

Ref.: (1) American Psychological Association, Glossary of Psychological Terms (Disponível em: <http://www.apa.org/research/action/glossary.aspx?tab=3>; Acesso em: jan. 2018. e (2) Human

- SD é normalmente utilizado para modelar e auxiliar na solução de problemas reais.
- SD se baseia na teoria de controle não linear, dinâmica e recursiva (feedback), aplicada normalmente nas áreas de engenharia, física e matemática.

Astrom; Murray (2010) acrescentam que a engenharia de controle compartilha conceitos e ferramentas com as seguintes disciplinas; física (dinâmica e modelagem), ciência da computação (informação e software), Pesquisa Operacional (otimização, teoria da probabilidade e teoria dos jogos).

Considerando o vínculo entre a teoria de controle e a teoria SD faz-se, no Anexo C, deste trabalho de tese, uma breve revisão sobre os principais conceitos que envolvem a “teoria de controle moderno” que podem subsidiar o entendimento sobre os fundamentos da metodologia SD.

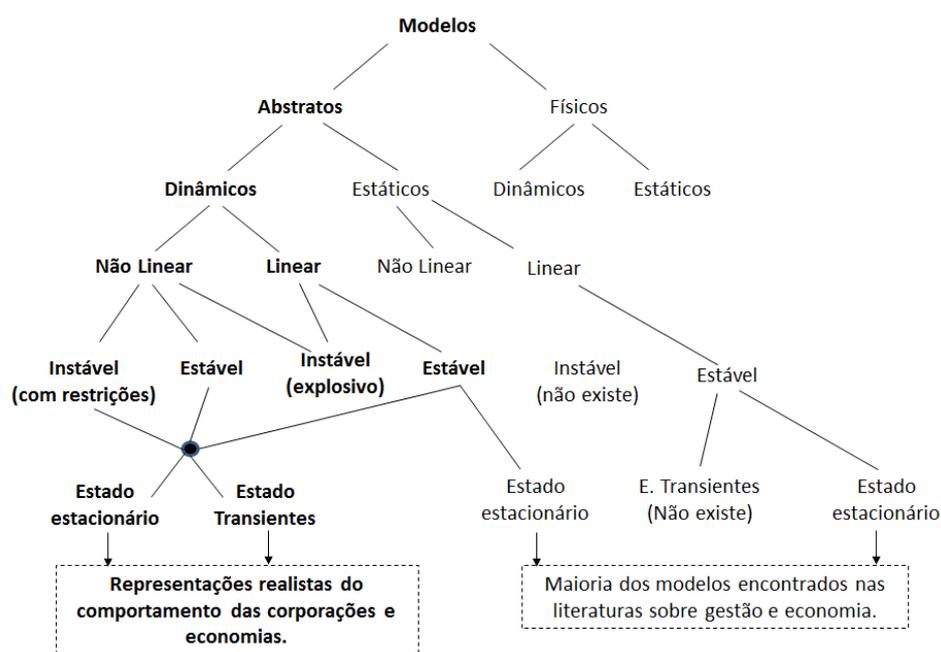
4.4. A Modelagem *System Dynamics* (SD).

Existem processos que podem guiar o projetista de SD na construção de modelos simples e representativos. Forrester (1961) menciona que, apesar da complexidade de determinados sistemas, existe sempre uma forma estruturada, intuitiva e simples de representá-los, ou pelos mesmos, de **começar a representá-los**. O autor esclarece que, existem várias formas de se classificar modelos e propõe a Figura 4.2 para exemplificar como seria possível chegar a uma “representação realista do comportamento das corporações e economias”.

Cognitive Abilities, John B. Carroll, 1993 e (3) CHERRY, Kendra. **The Everything Psychology Book: Explore the human psyche and understand why we do the things we do**. Everything Books, 2010.

Obs: A cognição é uma característica individual, particular e tácita do indivíduo sendo usada na identificação, captura e dimensionamento dos elementos que compõem um sistema (ou uma situação problemática) durante o processo de estudo e/ou planejamento. A cognição também é usada na etapa de tomada de decisão, gestão e análise de sistemas.

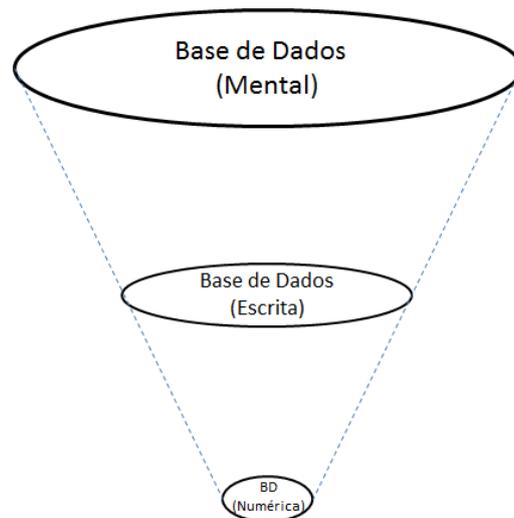
Figura 4.2 – Classificação de modelos.



Fonte: Adaptado de Forrester (1961, p. 49).

Forrester (2009) menciona que o processo de construção de bons “modelos computacionais de simulação” é uma arte, pois, na verdade os modelos são **uma representação extremamente reduzida e simplificada do rico e extenso “modelo mental”** que as pessoas têm sobre determinado sistema (ou situação problemática). Ainda segundo o autor, ao se iniciar a modelagem da dinâmica dos sistemas, deve-se considerar (1) a base de dados disponível sobre o sistema que se deseja modelar e (2) as demais fontes das quais se pode extrair informações sobre o sistema. O autor utilizou a Figura 4.3 para representar, graficamente, o afunilamento, ou seja, a diminuição relativa de informações com as quais cada modelo trabalha. A Figura 4.3 mostra a riqueza de informações que existe no modelo mental (Base de dados - Mental) e a síntese que se faz, ao se capturar tal modelo, e transcrevê-lo em uma forma textual (Base de Dados – Escrita). O modelo numérico (Base de dados - Numérica), que sucede o modelo textual, é de fato o que se usa para fazer a simulação. Como se vê na Figura 4.3, ele é uma versão ainda mais reduzida do modelo original (modelo mental).

Figura 4.3 – Exemplo de fontes de Informação disponíveis para captura e representação do modelo de simulação.



Fonte: Adaptado de Forrester (2009).

Forrester (2009) menciona também sobre a capacidade de síntese que este afunilamento impõe ao analista (ou *designer* de modelos SD) durante o processo de “captura” e “descarte” de elementos (variáveis, fluxos e estoques), realmente importantes para representar o sistema (ou a situação problemática). Segundo o autor, muitas das análises e modelagens, feitas sobre as ciências sociais e econômicas, ficam comprometidas devido ao reduzido universo de informações capturadas nos modelos numéricos.

Segundo (STERMAN, 2000), o estudo e a modelagem de sistemas, utilizando a metodologia SD, são feitos por meio do desenvolvimento de modelos matemáticos formais, fundamentados em evidências empíricas, com o objetivo de entender a dinâmica de funcionamento dos sistemas complexos. Esses modelos podem ser utilizados, por exemplo, para; definir as ações que orientam as estratégias das organizações públicas e privadas, melhorar o desempenho dos negócios, beneficiar a sociedade, estudar e entender a dinâmica de funcionamento das corporações (BD. numérica).

Assim como Forrester (2000), Richardson (2011, p. 241) menciona que as áreas do conhecimento tratadas como “pensamento sistêmico” e como “abordagem dinâmica de sistemas” se tangenciam e se complementam, assim, o autor sugere as seguintes definições para ambas:

System Thinking (pensar sistemicamente): é o esforço mental feito para “descobrir” as fontes endógenas responsáveis pelo comportamento do sistema.

System Dynamics Approach (abordagem sobre a dinâmica de sistemas): é uma metodologia que utiliza mapas informais e modelos (físicos e matemáticos) formais, simuláveis por meio de computador, para “descobrir e entender” as fontes endógenas responsáveis pelo comportamento do sistema.

Segundo Astrom; Murray (2000), um modelo SD é uma representação da dinâmica de funcionamento de um sistema, utilizado para responder perguntas por meio das atividades de análise e simulação. O modelo que se escolhe para representar um determinado sistema dependerá das perguntas que se deseja responder sobre aquele sistema, assim, poderá haver vários modelos para um único sistema dinâmico, com diferentes níveis de fidelidade. Esses modelos dependerão dos fenômenos que se deseja modelar.

Sterman (2001) acrescenta que, modelos SD são geralmente representados por sistemas de alta ordem, não lineares, e utilizam equações diferenciais estocásticas³⁷ para retratar; as regras de decisão dos agentes, os processos naturais e as estruturas físicas relevantes para o propósito do sistema. A dinâmica e a complexidade desses sistemas, e de suas partes, são causadas principalmente devido às suas características intrínsecas, como por exemplo: 1) A constante ocorrência de mudanças; 2) o forte acoplamento entre as partes; 3) as reações causadas pelos *feedbacks*; 4) a não linearidade das partes; 5) a dependência histórica de decisões passadas; 6) a capacidade de se auto-organizar; 7) a capacidade de se adaptar; 8) a sensibilidade ao atraso; 9) a limitação para se entender o todo (apego à visão e ao comportamento local).

³⁷ No Anexo C faz-se uma pequena revisão sobre a teoria de controle moderno e menciona-se sobre modelos determinísticos e modelos estocásticos.

Ainda segundo Sterman (2001), o que distingue os modelos SD dos demais modelos dinâmicos não é a matemática, mas a especificação das equações e o seu processo de modelagem. “Bons modelos” devem, por exemplo: 1) Conter uma ampla fronteira de análise, 2) Conter poucas variáveis exógenas; 3) Ter uma predominância de variáveis endógenas; 4) Evitar as simplificações (p. ex. linearizações), 5) Considerar todas as variáveis que pareçam importantes, 6) Ponderar quando for necessário omitir variáveis, 7) Ser robustos em condições extremas e 8) Estar em conformidade com as leis básicas da física. Finalmente os modelos devem ser testados contra uma ampla variedade de dados, incluindo dados numéricos, informações de arquivo, dados qualitativos, recolhidos a partir de entrevistas, observações, e outros métodos de coleta de dados.

Existem várias propostas de processos para se modelar a dinâmica dos sistemas, segundo Albin (2001) e Randers (1980; citado por ALBIN, 1997), a maioria dos modelos SD são criados em 4 estágios conforme listados abaixo:

1) **CONCEITUALIZAÇÃO** (subdividido em 5 fases):

Definição do propósito do modelo; Definição dos limites do modelo; Identificação das principais variáveis (variáveis chave); Descrição do comportamento ou o desenho dos modos de referência das variáveis chave; Diagramação dos mecanismos básicos do sistema “os loops de realimentação (feedback)”.

2) **FORMULAÇÃO** (subdividido em 2 fases):

Conversão dos *feedbacks* loops em equações diferenciais; Estimação e seleção dos valores dos parâmetros;

3) **TESTE** (subdividido em 3 fases):

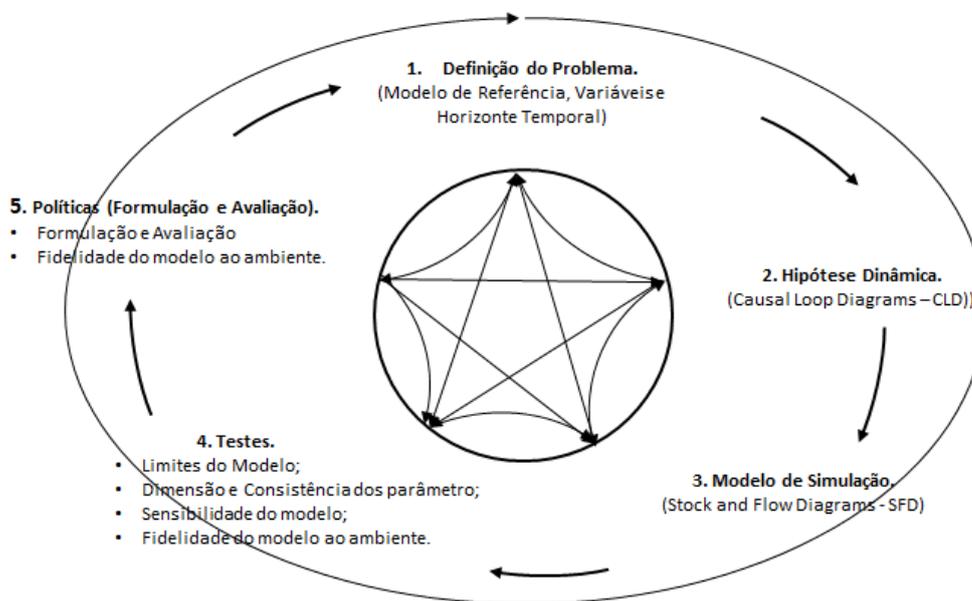
Nesta etapa deve-se simular o modelo e testar a hipótese dinâmica; Testar as considerações feitas ao se modelar; Testar o comportamento do modelo e sua sensibilidade às perturbações;

4) **EXECUÇÃO** (subdividido em 2 fases):

Testar a resposta do modelo para os diferentes cenários (diferentes políticas); Traduzir as ideias, capturadas pelo estudo, para uma forma a mais acessível e compreensível possível para o usuário;

Outra forma de representar o processo de modelagem é proposta por Sterman (2000) conforme se vê na Figura 4.4. O autor sugere que o processo de modelagem seja dividido em 5 cinco passos que devem interagir mutuamente, para que o modelo seja o mais representativo possível. A etapa 1) “definição do problema”, inicia-se com o entendimento da situação problemática e o destaque dos aspectos mais importantes sobre o problema. Nesta etapa se produz um “modelo de referência”, com as variáveis e com o horizonte temporal que represente, hipoteticamente, o comportamento do sistema. Na etapa 2) “hipótese dinâmica”, faz-se uma transcrição, do modelo de referência, utilizando loops de realimentação em forma de um diagrama-CLD (*Causal Loop Diagrams* – CLD). Com este diagrama pode-se entender a dinâmica de interação dos elementos envolvidos no modelo / sistema.

Figura 4.4– Cinco passos do processo de Modelagem SD.



Fonte: Adaptado de Sterman (2000, p. 87).

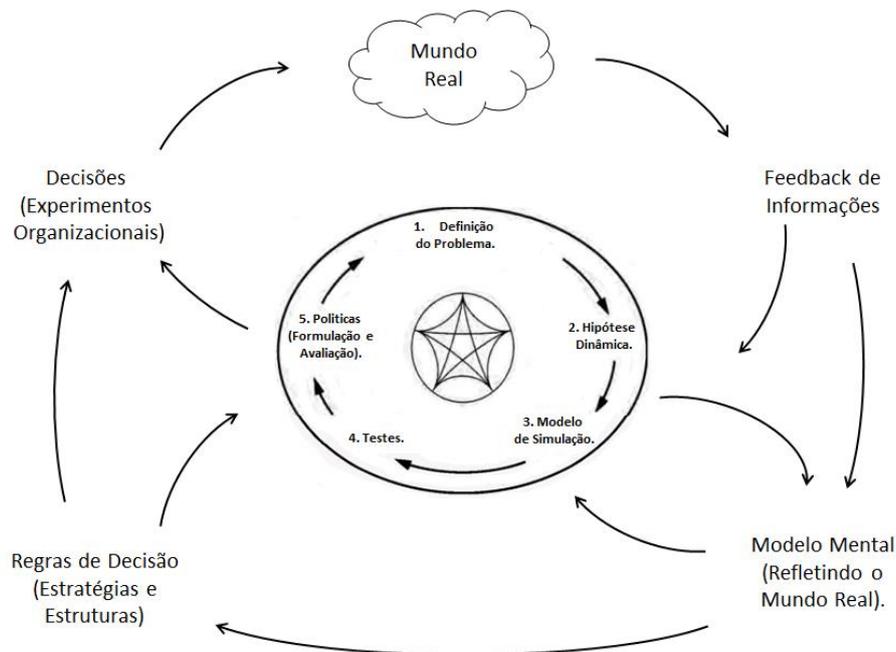
Na etapa 3) “Modelo de Simulação”, se adiciona aos CLDs os conceitos relativos à armazenagem e fluxos, ou seja, adiciona-se ao modelo elementos de memória. Nesta fase se transcreve o diagrama-CLD para um diagrama-SFD, utilizando elementos que representam os “Estoques” e os “Fluxos” (*Stock*

and Flow Diagrams—SFD). Na etapa 4) “Testes”, são definidas quais variáveis serão modeladas como endógenas ao sistema, quais serão exógenas ao sistema e quais podem ser omitidas. Por meio dessas variáveis se conhecerá os “limites (ou fronteiras) do sistema” e se o modelo idealizado será capaz de representar, satisfatoriamente, o comportamento endógeno do sistema. Na etapa 5) “Formulação e Avaliação de Políticas”, uma vez que o modelo foi validado na etapa 4, podem-se avaliar, por meio de simulação, possíveis respostas do sistema a determinados estímulos ou políticas organizacionais.

A Figura 4.5 mostra o processo de modelagem, descrito na Figura 4.4, inserido em um contexto mais amplo “sistêmico”. Sterman (2000) observa que a modelagem de um sistema envolve constantes interações entre “experimentos & aprendizado”, confrontando os resultados do mundo “real & virtual”.

Sterman (2000) menciona que o processo de análise de sistemas, utilizando a abordagem SD, começa com um problema a ser resolvido ou com uma situação que se deseja conhecer melhor ou ainda com o estudo sobre um comportamento indesejável que precisa ser corrigido ou evitado.

Figura 4.5 – Modelagem SD inserida em um contexto mais amplo.



Fonte: Adaptado de Sterman (2000, p. 88).

Forrester (1991) enfatiza que o primeiro passo da análise de sistemas, utilizando a abordagem SD, é “explorar a riqueza de informações que as pessoas possuem em suas cabeças”. O autor esclarece que a base de dados mental é uma inestimável fonte de informações sobre “as partes do sistema”, “as fontes de informação sobre o sistema” e “suas políticas de tomada de decisão”. Esses elementos constituem a “visão de mundo” que o indivíduo ou os grupos (equipes) têm sobre o sistema.

Forrester (1991) faz um alerta sobre a análise e captura de dados, feitos durante o processo de modelagem. Segundo o autor, as pessoas que estão no “ativo mundo do trabalho” possuem “informações e experiências” que não devem ser negligenciadas, no dinâmico processo de captura de informações e de tomada de decisão.

4.5. Estruturas de Tomada de Decisão.

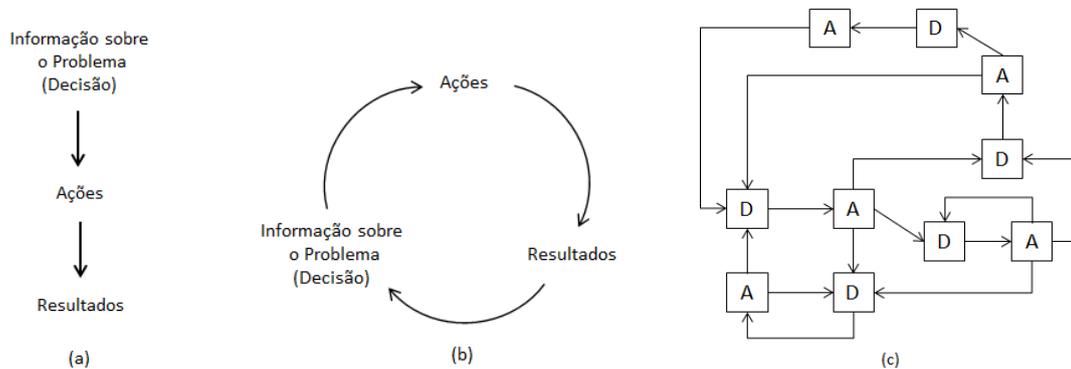
Forrester (1991 p. 8) utiliza a Figura 4.6, a seguir, para mostrar que a estrutura de tomada de decisão pode estar distribuída ao longo da cadeia de atores (*Stakeholders*) do sistema. Na Figura 4.6(a) mostra-se um sistema cuja visão de mundo é “linear”, típico dos ambientes políticos e de negócio. Nesse tipo de sistema, as decisões são tomadas utilizando como referência as “informações” sobre o problema. Elas têm o objetivo de corrigi-lo e de conduzir o sistema até o resultado desejado. Na Figura 4.6(b) mostra-se uma visão de mundo não linear, onde se considera que a solução dos problemas é um processo contínuo, onde os resultados revelam “novas informações” sobre o problema, sobre o qual as decisões e ações são tomadas, mudando ciclicamente as condições do sistema. Na Figura 4.6(c) mostra-se uma estrutura “mais realista”, onde se considera múltiplos *feedbacks* (loops de informação) e onde existem múltiplos tomadores de decisão [D] que disparam ações [A] que influenciam outros tomadores de decisão.

Conforme proposto nos trabalhos de (FORRESTER,1961, citado por VOGSTAD, 2005 p. 28) pode-se utilizar os conceitos da teoria SD, baseada em elementos e processos dinâmicos de armazenagem (*stocks*), de fluxos (*flows*) e loops de realimentação (*feedback loops*), para representar as mesmas

“estruturas de feedback de informação” descritas na Figura 4.6, transformando-a nos diagramas (de estoque e fluxos) mostrados na Figura 4.7.

Figura 4.6 – Representação Física de Sistemas de Tomada de Decisão.

(a) Visão Linear, (b) Visão não Linear; (c) Visão não linear, com múltiplos loops (múltiplos tomadores de decisão).



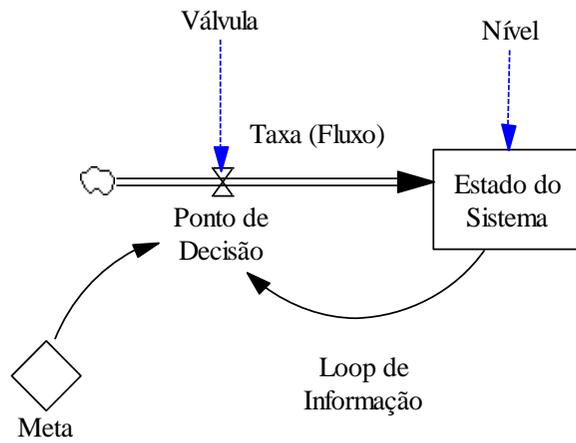
Fonte: Forrester (1961, p. 94); Forrester (1991, p. 8).

Na Figura 4.7(a) o “Estado do Sistema” (nível) é comparado ao “Estado Desejado” (Meta) no “Ponto de Decisão”, em seguida a diferença entre aquelas duas grandezas é convertida em uma ação, de acordo com a política de decisão (tomada de decisão), isto controla o “fluxo” que muda o “Estado do Sistema”. A Figura 4.7(a) representa uma “célula básica de tomada de decisão” onde o estado do sistema, que está sendo observado, é comparado com o estado desejado, para este mesmo sistema, e ações corretivas são tomadas para ajustar a “válvula” do fluxo que controla aquele estado.

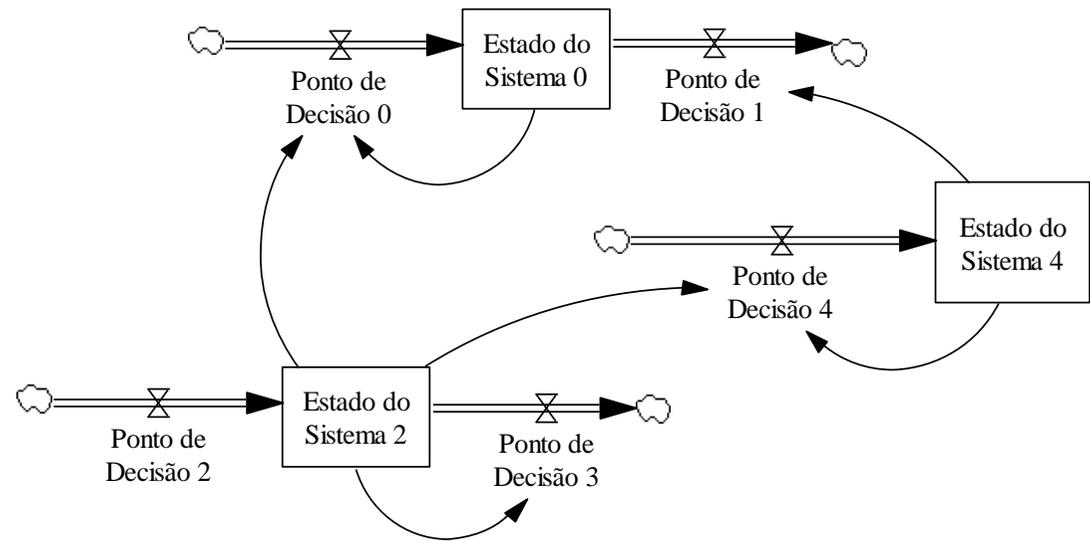
A Figura 4.7(b) amplia este conceito, aplicando-o a um sistema mais complexo. Ela mostra uma estrutura com múltiplos loops-realimentados de informação contendo outros estoques (stocks) nos quais existem tomadores de decisão, controlando as “válvulas” de seus próprios fluxos (equivalente à estrutura física mostrada na Figura 4.6(c)). Esses tomadores de decisão convertem as informações disponíveis e, baseado em suas próprias políticas, controlam as taxas pontuais do sistema, que alteram os níveis (ou estados) particulares do sistema, a partir dos quais novas informações são disponibilizadas e distribuídas para todo o sistema, reiniciando o processo de análise e ajuste de tomada de decisão.

Figura 4.7 – Exemplo de Modelagem SD de Sistemas de Tomada de Decisão.

(a) Diagrama de estoque e fluxo (SFD) de uma célula básica de tomada de decisão. (b) SFD de um sistema dinâmico (com múltiplos loops) de tomada de decisão.



(a)



(b)

Fonte: Adaptado de Sterman (2000, p. 193); Vogstad, (2005, p. 29).

As decisões sobre as “taxas” que podem ser controladas podem representar, na prática, fluxos, como por exemplo, fluxos monetários (investimentos), fluxos de bens de capital, fluxos de mão de obra, fluxos epidemiológicos, fluxos migratórios, fluxos de gases atmosféricos, etc.

Conforme explicado por Vogstad (2005) fazer previsões sobre o comportamento de sistemas não lineares complexos (como aquele retratado pelas Figuras 4.6-c e 4.7-b), quando estimulado por mudanças, não é uma atividade trivial. Trabalhar na solução de tais problemas é equivalente a resolver equações diferenciais de alta ordem. Todavia, essa é a realidade do ambiente de tomada de decisão, por exemplo, nas organizações, na formulação de políticas (públicas e privadas), na definição de estratégias de curto e longo prazo, etc.

Os trabalhos de Forrester (1958); Sterman (2000) demonstram que essa situação real é o ambiente onde a metodologia SD pode desempenhar um papel importante para se definir (projetar) ações que possam melhorar ou redirecionar o comportamento dos sistemas complexos (p. ex. corporações em um ambiente de negócios).

Segundo Vogstad (2005), o processo de modelagem da dinâmica de sistemas, utilizando a teoria SD, é feito por indivíduos, logo é preciso considerar os limites ou fronteiras da racionalidade humana que cerceiam todos os processos de tomada de decisão.

Conforme explicado por Sterman (STERMAN, 2000, p. 599, citado por VOGSTAD, 2005) a manutenção do equilíbrio da maioria dos modelos econômicos vigentes assume que as decisões são tomadas de forma racional. Para que essa hipótese seja verdadeira é preciso que os tomadores de decisão tenham um conhecimento completo das “informações relevantes do sistema”, consigam prever seus comportamentos futuros, oriundos das possíveis mudanças internas e externas, e tenham também capacidade cognitiva e disponibilidade de tempo para fazer tais previsões.

Simon³⁸ (1957) esclarece sobre as limitações que a mente humana tem para formular e resolver problemas complexos. O autor explica que, durante o processo de tomada de decisão, a capacidade cognitiva do indivíduo o limita, fazendo com que ele reduza a extensa rede de informações e conexões disponíveis, e que realmente definem o sistema, a um conjunto limitado, porém compreensível (por ele) daqueles elementos.

Conforme explicado por Vogstad (2005) existem inúmeros relatos, no campo da administração, economia e psicologia, atribuindo a esta visão reducionista, os erros oriundos de tomadas de decisões equivocadas nas organizações. Ou seja, não é confiável basear as decisões no modelo mental intuitivo do indivíduo.

Segundo Sterman (2000), a modelagem e simulação SD são as respostas para se corrigir a baixa confiabilidade dos modelos mentais intuitivos dos indivíduos. Segundo o autor, por meio da modelagem SD pode-se revisar continuamente a estrutura funcional do sistema redesenhando-a até torná-la a mais realista ou representativa possível. A simulação permite que se experimente o comportamento do sistema a cada revisão do modelo.

A modelagem SD se destina a capturar as “informações essenciais” sobre o sistema e definir as regras a partir das quais as ações são tomadas, levando-se

³⁸ Herbert Alexander Simon (1916 – 2001) recebeu o prêmio Nobel de economia em 1978 e se tornou um dos mais influentes cientistas sociais do século XX. Ele atuou no campo da psicologia cognitiva, ciência da computação, administração pública, economia, administração, filosofia e sociologia da ciência. Em sua carreira docente produziu aproximadamente 1.000 publicações, desenvolvidas, em sua maioria, na *Carnegie Mellon University*. Dentre suas obras, vale ressaltar seu trabalho pioneiro de 1935, voltado a solucionar problemas orçamentários na administração pública. Simon percebeu que a simples decisão de distribuir recursos entre duas divisões, era efetuada, levando-se em conta as preferências e fidelidades do tomador de decisão, em detrimento das considerações economicamente racionais (burlando a orientação de se investir no que realmente traz resultados melhores). Simon viu o problema como sendo uma questão de tomada de decisões humanas e de racionalidade limitada. Este trabalho deu origem ao best-seller *Administrative Behavior, a Study of Decision-Making: Processes in Administrative Organization* editado pela primeira vez em (1947). (ref.: <http://www.historiadaadministracao.com.br/jl/gurus/193-herber-alexander-simon> e <http://diva.library.cmu.edu/Simon/> acessados em Setembro de 2017). Artigos relacionados com o livro “*Administrative Behavior*” (Simon, 1957); “*The Nature of the Firm* (Coase, Ronald H., 1937).

em conta a característica cognitiva dos indivíduos. Ver detalhes nos capítulos 13, 14 e 15 de Sterman (2000).

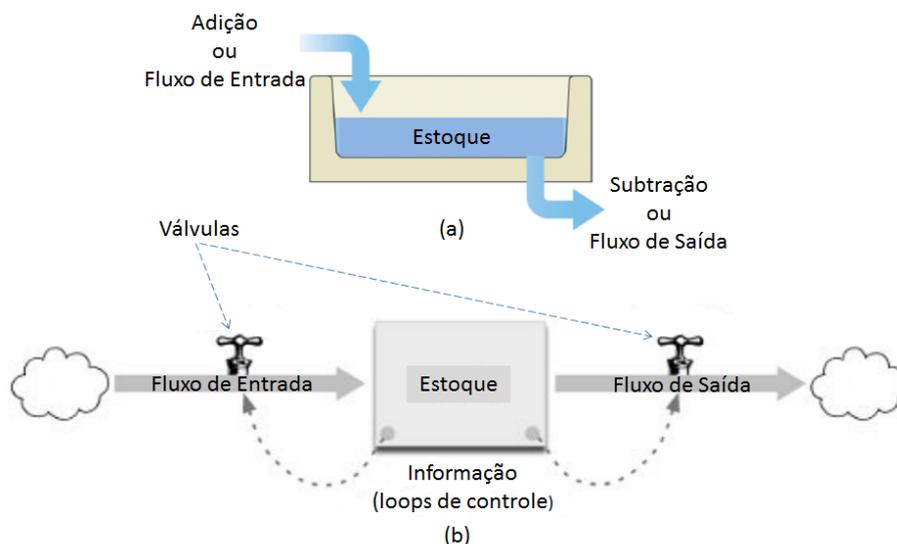
O Anexo E traz dados complementares sobre as estratégias que podem ser utilizados para se construir “bons modelos SD”. O Anexo apresenta ainda os grupos dedicados a prestar serviços de modelagem de sistemas usando a metodologia SD, os *Group Model Building- GMB*. Decidiu-se por transferir os detalhes do processo de modelagem para o Anexo E para preservar o foco deste item, que é apresentar a metodologia SD seus conceitos básicos, sua abrangência e as teorias vinculantes.

4.6. Elementos Utilizados na Modelagem SD.

A partir deste item decidiu-se por focar estritamente na modelagem SD, apresentando seus elementos básicos, o *Causal Loop Diagram (CLD)* e o *Stock and Flow Diagram (SFD)*. A Figura 4.8 mostra a ideia de como transformar um modelo físico de “enchimento e dreno de um reservatório” em um diagrama de “estoque e fluxos”. Com este conceito em mente será possível se aprofundar um pouco mais na proposta de modelagem SD de Forrester.

Figura 4.8 – Sistema de enchimento e dreno de um reservatório.

(a) O Modelo Físico e (b) Diagrama de Estoque e Fluxos (SFD).

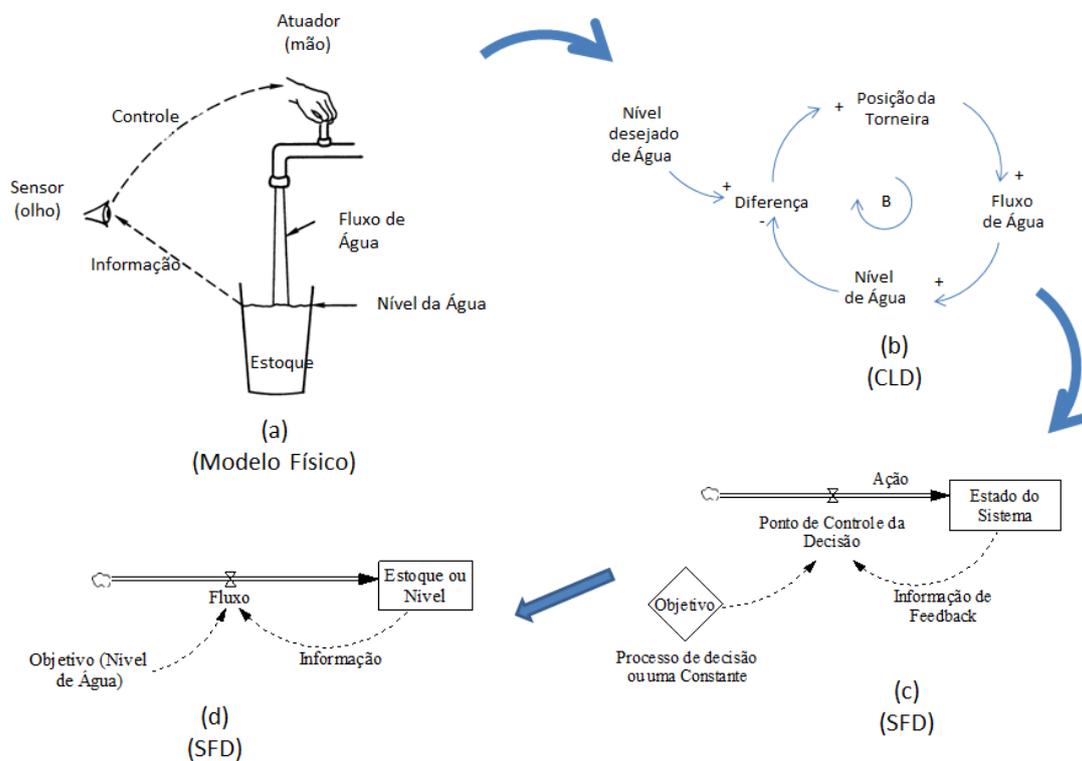


Fonte: Prokopenko (2015).

Nas Figuras 4.9 (a-d) mostra-se um exemplo um pouco mais elaborado de uma modelagem SD onde existem várias representações possíveis do processo de encher, até um limite desejado, um copo de água (FORRESTER, 2009; STERMAN, 2000).

Figura 4.9 – Modelagem SD - Processo de encher um copo de água até um limite desejado.

(a) modelo físico, (b) diagrama CLD, (c) diagrama SFD e (d) SFD simplificado.



Fonte: Adaptado de Forrester (2009); Sterman (2000).

Pode-se ver a evolução da modelagem SD, iniciando pela modelagem física (Figura 4.9-a). Nela encontra-se a representação gráfica “modelo físico” do processo de enchimento do copo. Na Figura 4.9(b), traduz-se o modelo físico em um diagrama de loops causais (*Causal Loop Diagram* - CLD). Nas Figuras 4.9(c) e (d), encontram-se a transcrição do CLD em um novo diagrama, o diagrama de fluxos e estoques (*Stock and Flow Diagram* - SFD). Posteriormente, o SFD da Figura 4.9(d) poderá ser transcrito em equações diferenciais, ou seja, no “modelo matemático” do sistema. De posse das

equações diferenciais, que representam o modelo em análise, faz-se a simulação do comportamento dinâmico do sistema em função de diferentes entradas (estímulos).

4.6.1. Causal Loop Diagram (CLD).

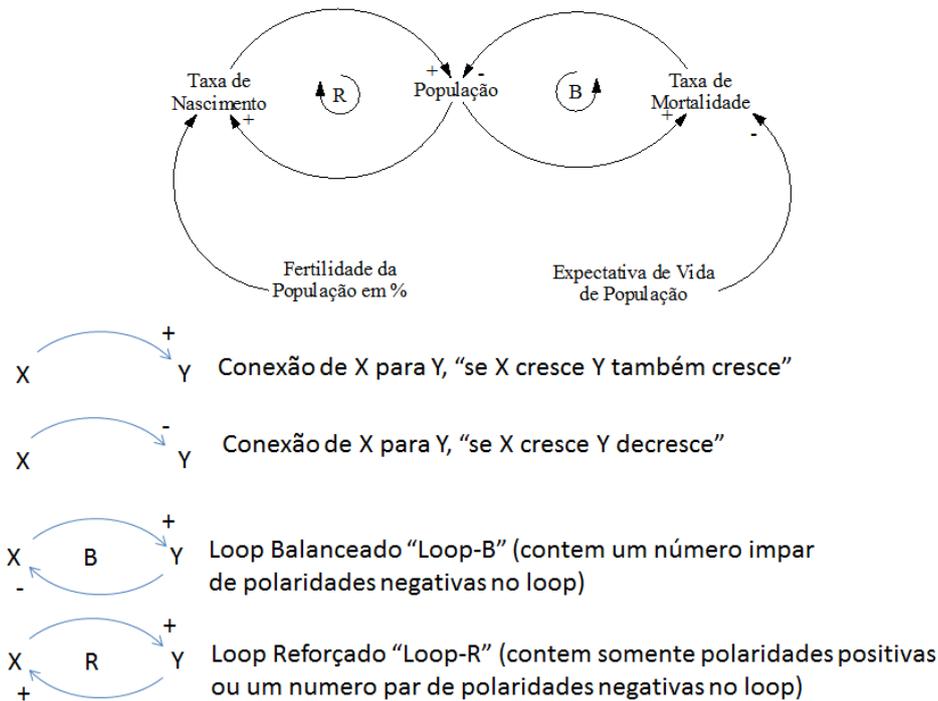
Segundo Sterman (2001), os *Causal Loop Diagramas* (CLD) são uma forma de representação das estruturas de realimentação (*feedbacks*)³⁹ do sistema em análise. Os CLDs são excelentes para:

- Capturar rapidamente as hipóteses sobre as causas da dinâmica do sistema;
- Elicitar e capturar os modelos mentais dos indivíduos ou das equipes;
- Comunicar quais são os *feedbacks* críticos na análise de um problema;
- Comunicar resultados do modelo completo

A Figura 4.10, a seguir, é um exemplo simplificado de um CLD utilizado para modelar o aumento e declínio de uma população, nela pode-se ver também, a descrição dos principais elementos que compõem um CLD. Sterman (2001) explica ainda que o CLD da Figura 4.10 é uma representação gráfica do estoque (população) e dos fluxos (nascimento e morte) que influenciam no aumento ou declínio do estoque.

³⁹ No Anexo C faz-se uma breve revisão sobre a teoria de controle moderno e menciona-se sobre feedback-loops e sobre sistemas em malha fechada.

Figura 4.10 – Exemplo de um CLD utilizado para modelar o crescimento populacional.



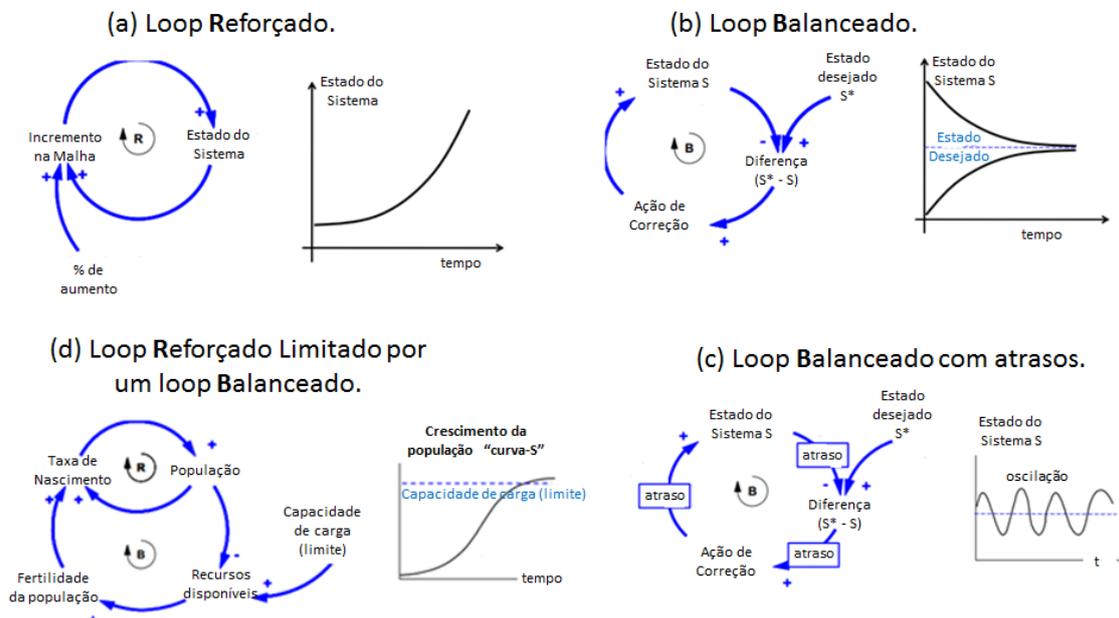
Fonte: Adaptado de Sterman (2001).

No exemplo pode-se verificar, de forma intuitiva, a dependência do estoque em função da taxa de variação dos fluxos. Pode-se entender também o que pode levar o estoque a crescer indefinidamente (loop-R) ou entrar em queda (loop-B), se estabilizar ou até se extinguir. Pode-se inferir também, sobre oscilações e instabilidades no estoque (o Anexo D, "passo 4 e 5", mostra como implementar e simular um modelo desta natureza).

A Figura 4.11 mostra as possíveis respostas (ou estados)⁴⁰ dos sistemas em função dos loops balanceados (B), loops reforçados (R) e dos atrasos utilizados para construir um CLD.

⁴⁰ No Anexo C faz-se uma pequena revisão sobre a teoria de controle moderno e menciona-se sobre a modelagem utilizando espaço de estado e variáveis de estado.

Figura 4.11 – Exemplos de CLDs e suas respostas sistêmicas (comportamento).
 (a) Loop Reforçado; (b) Loop Balanceado; (c) Loop Balanceado e Reforçado; (d) Loop balanceado com atraso.



Fonte: Adaptado de Sterman (2000, p. 108).

Sterman (2001) destaca que os CLD são excelentes para representar as interdependências e os processos de *feedbacks* entre os elementos do sistema. Os CLD são utilizados no início do processo de modelagem para capturar os modelos mentais, tanto de quem faz a modelagem (projetista SD) como de quem fornece os dados (cliente). Ainda segundo Sterman (2001), os CLD possuem limitações como, por exemplo, sua inabilidade em capturar as estruturas de estoques e fluxos dos sistemas. Essa limitação será compensada com um segundo diagrama, o *Stock and Flow Diagram* (SFD).

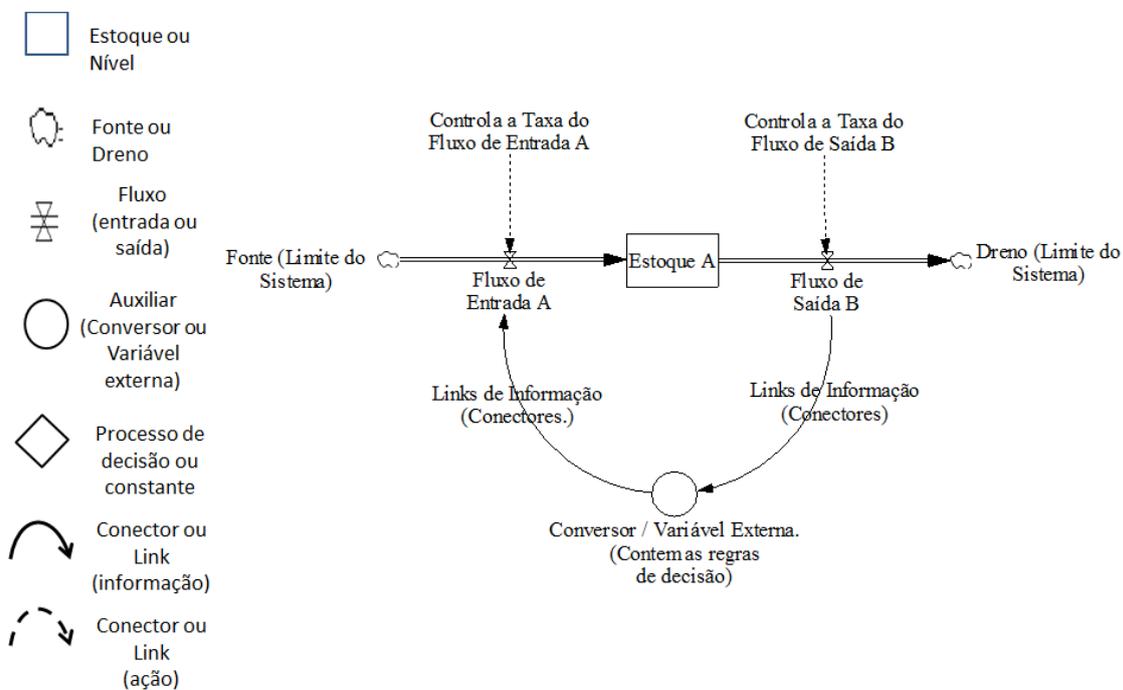
4.6.2. Stock and Flows Diagram (SFD).

Segundo Sterman (2001) o *Stock and Flows Diagram* (SFD) é outra forma de representar a dinâmica de um sistema, mostrando a relação causal entre os estados (estoques ou níveis), as taxas, as variáveis e as constantes que o descrevem.

Os estoques são acumulações, eles caracterizam o estado do sistema e geram “informações” sobre as quais as decisões e ações são baseadas. O estoque

representa a inércia do sistema, ele proporciona memória ao sistema e pode criar atrasos uma vez que acumula a diferença entre o fluxo de entrada e o fluxo de saída do sistema. Devido à independência dos fluxos, os estoques são uma das fontes de desequilíbrio dinâmico no sistema. Estoques e fluxos são usados para construir a dinâmica dos sistemas complexos. Adicionando-se a eles as variáveis de estado e suas taxas de variações, produz-se os elementos básicos usados para construir as equações diferenciais que definem o “modelo matemático” do sistema (STERMAN, 2000). A Figura 4.12 mostra, à esquerda, os elementos básicos utilizados para se representar um SFD e à direita, a sua representação gráfica.

Figura 4.12 – Elementos básicos de um SFD e sua representação gráfica.



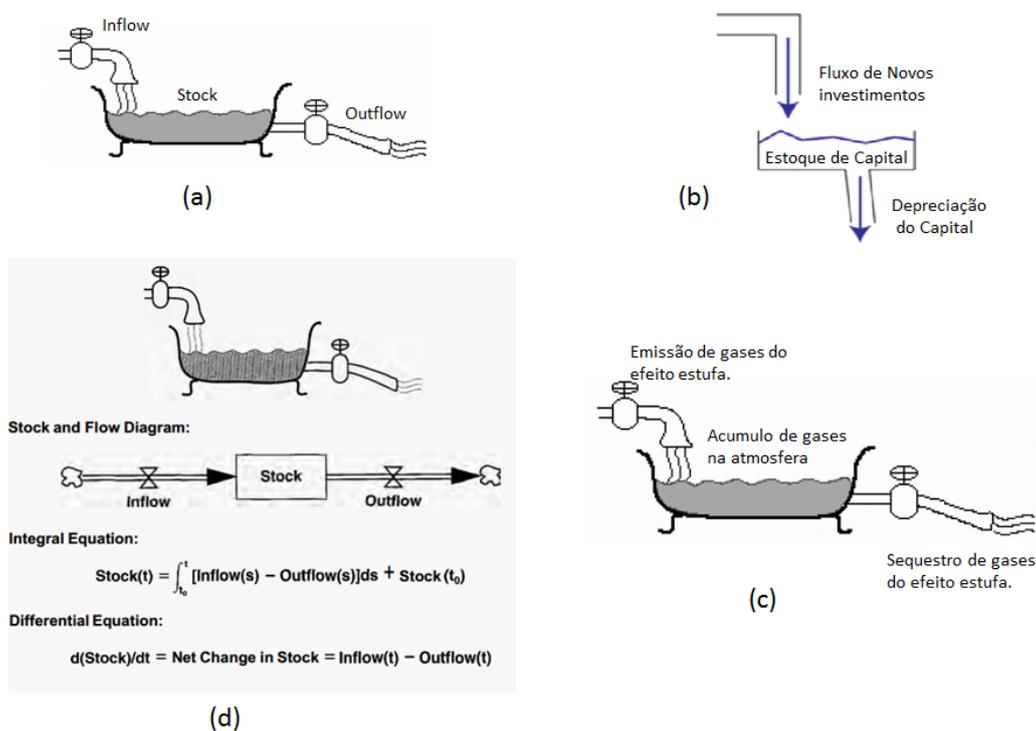
Fonte: Adaptado de Tulinayo et al. (2013).

A Figura 4.13 mostra três exemplos de processos que podem ser modelados e estudados por meio da metodologia SD. Eles representam situações diferentes, porém, modeladas pelo mesmo processo. No desenho (a) apresenta-se o modelo físico do fluxo e estoque de água em uma banheira, no desenho (b) o fluxo e estoque de capital em uma organização e no desenho (c) o fluxo e estoque de gases na atmosfera. No desenho (d), a Figura 4.13(a) é transcrita para uma representação gráfica usando SFD e posteriormente para equações

“Integral” e “Diferencial” (STERMAN, 2000). Essas equações são equivalentes para todos os três exemplos citados na Figura 4.13 e representam o modelo matemático do sistema. Para simular o comportamento do sistema, basta resolver as equações integrais e diferenciais do sistema (para a solução das equações, pode-se recorrer a softwares dedicados, como por exemplo, o MATLAB ou o VENSIM).

Figura 4.13 – Exemplos de modelagem, da dinâmica de sistemas, utilizando fluxo e estoque.

(a) enchimento e dreno de uma banheira, (b) fluxo de investimento em uma empresa, (c) acúmulo de gás na atmosfera e (d) SFD e as expressões matemáticas “Integral” e “Diferencial” que representam os modelos físicos das Figuras 4.13 (a), (b) e (c).



Fonte: Adaptado de Sterman (2000, p. 194).

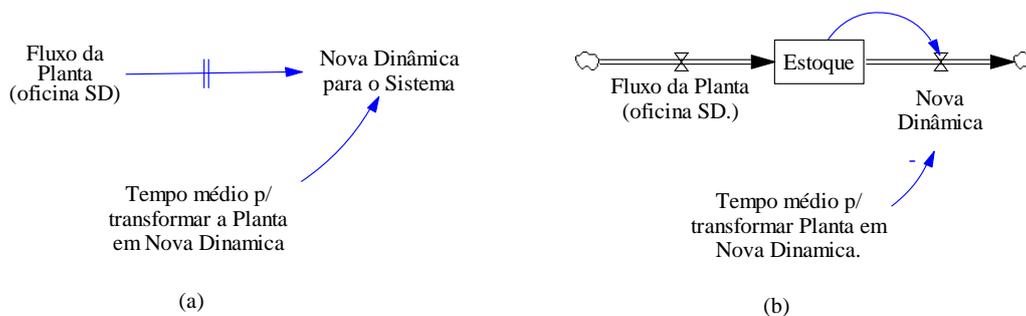
4.6.3. Atrasos.

Apesar do atraso não ser citado explicitamente, como um elemento da modelagem SD, é importante ressaltar sua influência no processo de construção dos diagramas. Sterman (2000) salienta que, durante o processo de

modelagem, o atraso é frequentemente ignorado, por alguns projetistas de SD, produzindo modelos simplificados e geralmente imprecisos dos sistemas que se deseja analisar.

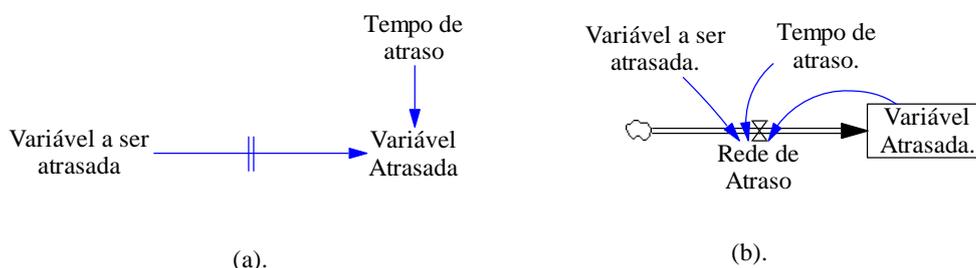
Pruyt (2013) sugere as Figuras 4.14 e 4.15 para representar graficamente o atraso, respectivamente, de material e de informação, na modelagem SD. A Figura 4.14(a) mostra como seria o CLD de um atraso de materiais e a Figura 4.14(b) mostra como seria a transcrição daquele CLD para um SFD. Nas Figuras 4.15(a) e 4.15(b) mostra-se o equivalente quando o elemento a ser modelado é uma informação.

Figura 4.14 – Representação do Atraso, de 1ª ordem, de material (a) usando o CLD e (b) usando o SFD.



Fonte: Adaptado de Pruyt (2013, p.121).

Figura 4.15 – Representação do Atraso, de 1ª ordem, de informação (a) usando o CLD e (b) usando o SFD.



Fonte: Adaptado de Pruyt (2013, p. 121).

O autor explica ainda que, em sistemas com *feedbacks*, os atrasos são uma fonte de problemas ocasionando instabilidade ou oscilações no sistema. O

capítulo 11 de Serman (2000) trata exclusivamente dos efeitos do atraso em SD.

4.7. Exemplo de Modelagem Utilizando a Metodologia SD.

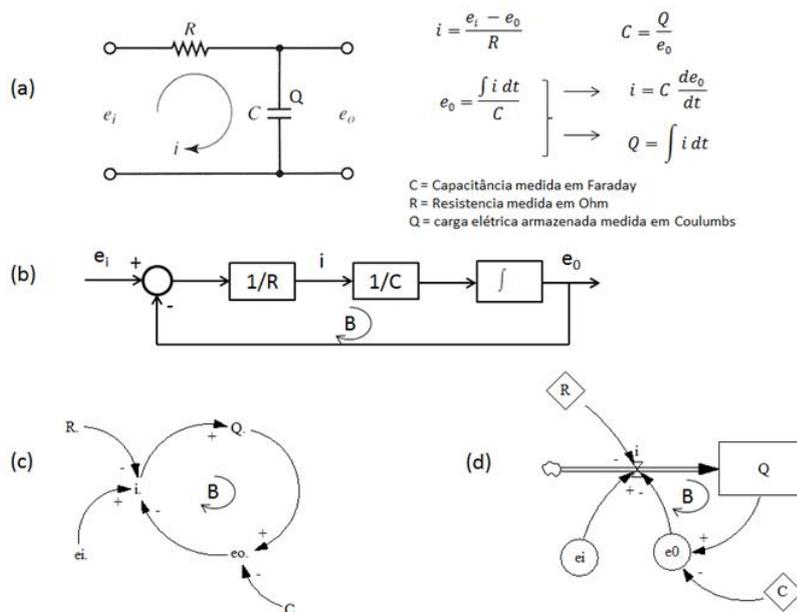
Os exemplos de modelagem propostos neste item são uma amostra das possíveis aplicações da metodologia. Reproduz-se inicialmente a modelagem de um “circuito elétrico”, mais conhecido e intuitivo, e posteriormente, reproduz-se a modelagem de um sistema empresarial para analisar o comportamento de uma firma diante de um cenário de “crescimento de mercado”.

4.7.1. Modelo: “Circuito Elétrico”.

A Figura 4.16 mostra como se poderia proceder para modelar um circuito elétrico (resistivo e capacitivo – circuito RC) utilizando os conceitos e elementos da metodologia SD (ver outros detalhes, sobre o circuito RC, no Anexo C).

Figura 4.16: Exemplo completo de modelagem SD, usando um circuito elétrico RC.

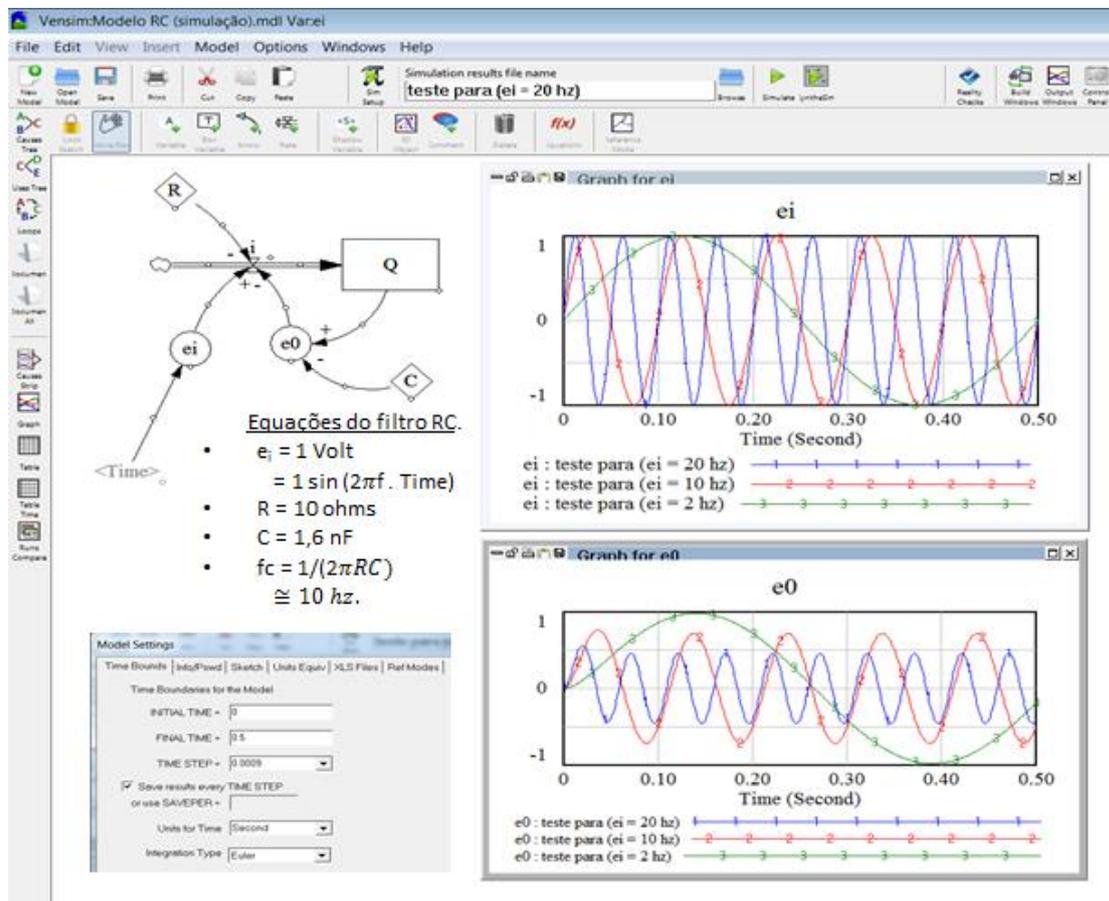
(a) Modelagem física do circuito RC e suas equações segundo a lei de Kirchoof e lei de Ohm, (b) Diagrama em blocos do circuito RC, (c) Diagrama CLD e (d) Diagrama SFD.



Fonte: Adaptado de Ogata (2000); Serman (2000); Vogstad (2005).

Na parte (a) da Figura 4.16 observa-se o modelo físico do sistema (inclusive com suas equações / modelo matemático). Na parte (b) observa-se o diagrama em blocos (com as funções de transferência dos blocos⁴¹). Na parte (c) observa-se o diagrama CLD e na parte (d) observa-se o diagrama SFD do sistema. Este exemplo mostra o modelamento completo de um circuito RC e permite que se observe a presença do fluxo balanceado “B” nos modelos (b), (c) e (d) da Figura 4.16. Pode-se observar também (ver Figura 4.16-d), como representar a característica “integradora” do elemento (Q) tratado como “stock” e a característica “derivativa” do elemento (i) tratado como “fluxo”.

Figura 4.17 – Simulação do circuito RC utilizando o software Vensim.



⁴¹ O diagrama de blocos conforme é mostrado neste exemplo não é utilizado na modelagem SD, ele foi introduzido aqui para facilitar o entendimento e mostrar o vínculo existente entre a modelagem SD e os processos tradicionais de modelagem de circuitos.

A Figura 4.17 mostra o resultado da simulação (usando o software Vensim⁴²) para o circuito RC descrito na Figura 4.16. Observar que o circuito RC (mostrado na Figura 4.16-a) atua como um filtro passa baixa, assim, utilizando os valores de $R = 10$ ohms, $C = 1,6$ nF, obtêm-se uma frequência de corte $f_c = 1/(2\pi RC) \cong 10$ Hz. Com isto é possível analisar o comportamento do filtro (saída e_0) para valores de entrada (e_i) senoidais com 1 volt de amplitude e frequências de 2Hz, 10Hz e 20Hz. O resultado de simulação (valor de e_0 no gráfico da Figura 4.17) mostra que o sistema responde (se comporta) filtrando (atenuando) o sinal de 20Hz e deixando passar (não atenuando) o sinal de 2Hz, observar que o nível de tensão na saída (e_0) continua 1 volt, igual ao nível de tensão da entrada e_i . Assim, é possível concluir que o modelo SD (Figura 4.16-d) comporta-se conforme o esperado sendo uma representação “fiel” do sistema físico (Figura 4.16-a).

4.7.2. Modelo: “Crescimento de Mercado”.

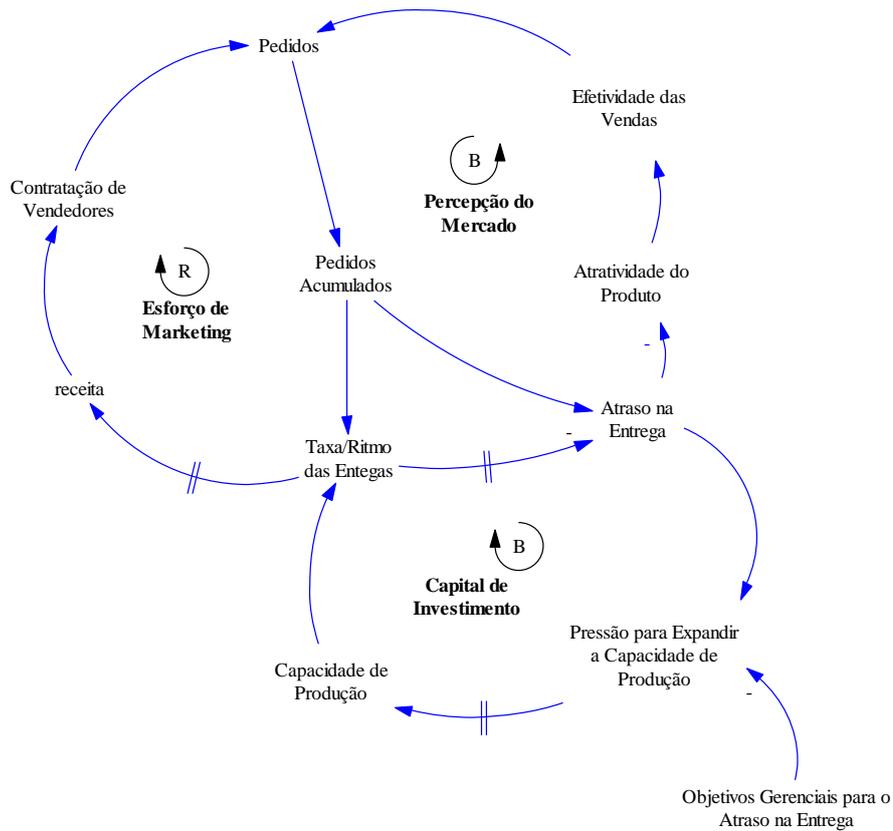
O modelo de crescimento de mercado é ao mesmo tempo um exercício clássico de modelagem SD e também um excelente exemplo sobre os cuidados quanto à captura dos elementos endógenos e exógenos do sistema.

Para exemplificar o impacto de se classificar um sistema como endógeno (ver definição e considerações sobre mapeamento endógeno no Anexo E) ou exógeno sugere-se reproduzir o famoso modelo de “crescimento de mercado influenciado pelo capital”, proposto por Forrester (1968a). As Figuras 4.18(a), (b), (c) e (d) evidenciam o ponto de vista endógeno ou abordagem endógena proposta pelo autor para estudar este sistema. As Figuras mostram uma estrutura sem influências dinâmicas externas. A dinâmica observada nos gráficos da Figura 4.18(d) é devida exclusivamente às interações internas entre as variáveis presentes nos loops reforçados (R) e nos loops balanceados (B).

⁴²<http://vensim.com/download/>. (Acesso em: jan. 2018)

Este sitio oferece uma versão gratuita do software de simulação Vensim bem como um manual Vensim-Help contendo um tutorial com exemplos de modelos de simulação.

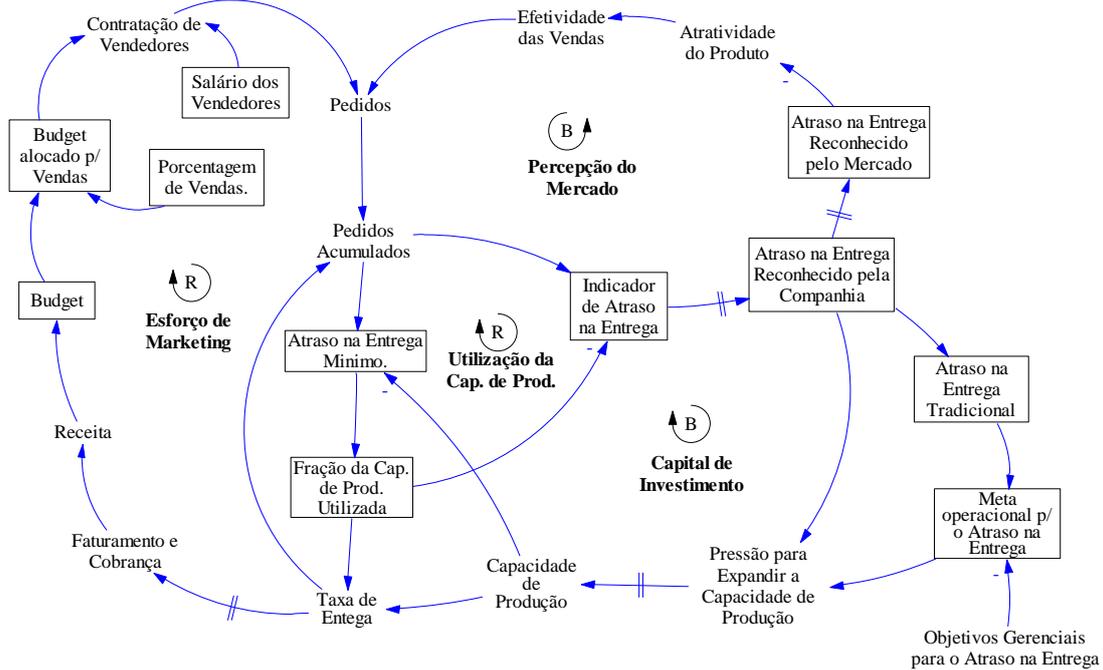
Figura 4.18(a)– Arquitetura para o “Modelo Crescimento de Mercado”.



Fonte: Adaptado de Forrester (1968a); Membrillo et al. (1999).

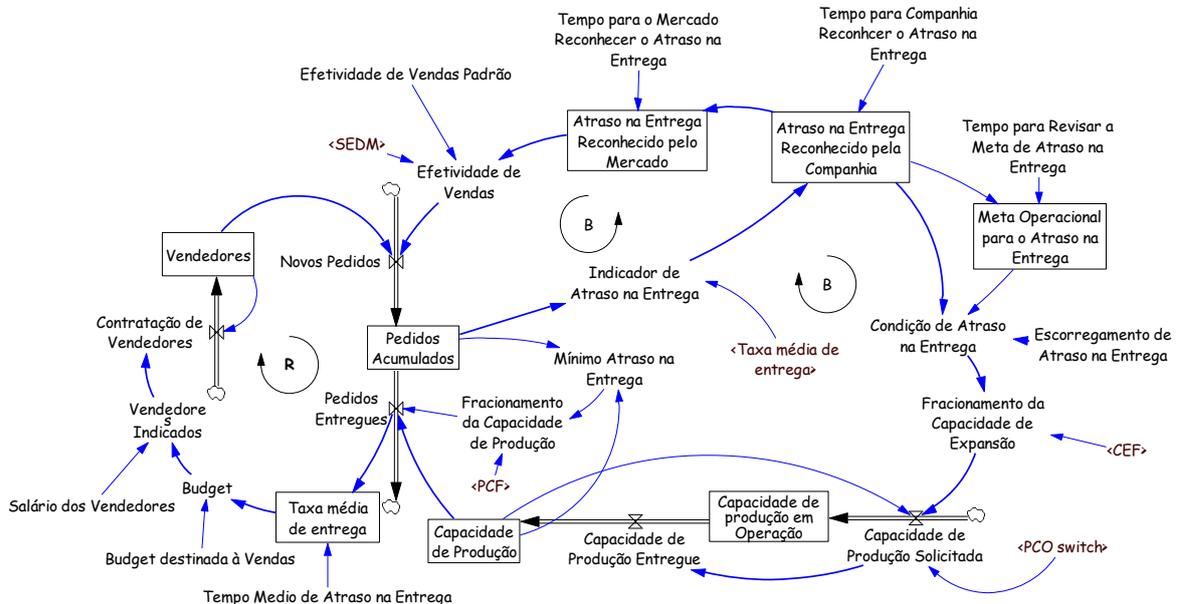
Na Figura 4.18(a) mostra-se a arquitetura idealizada para implementar o modelo. O principal objetivo é explicitar os macros elementos que interferem no sistema. Na Figura 4.18(b) faz-se o *Causal Loop Diagram* (CLD) do sistema (modelo de crescimento do mercado). Na Figura 4.18(c) mostra-se o *Stock and Flow Diagram* (SFD) gerado a partir do CLD. Na Figura 4.18(d) mostra-se o gráfico com o comportamento (estado) dos estoques (Capacidade de produção, Pedidos acumulados, Vendedores) e das variáveis (Indicador de Atrasos na Entrega e Efetividade de Vendas) do sistema.

Figura 4.18(b)– Exemplo do CLD para o “Modelo Crescimento de Mercado”.



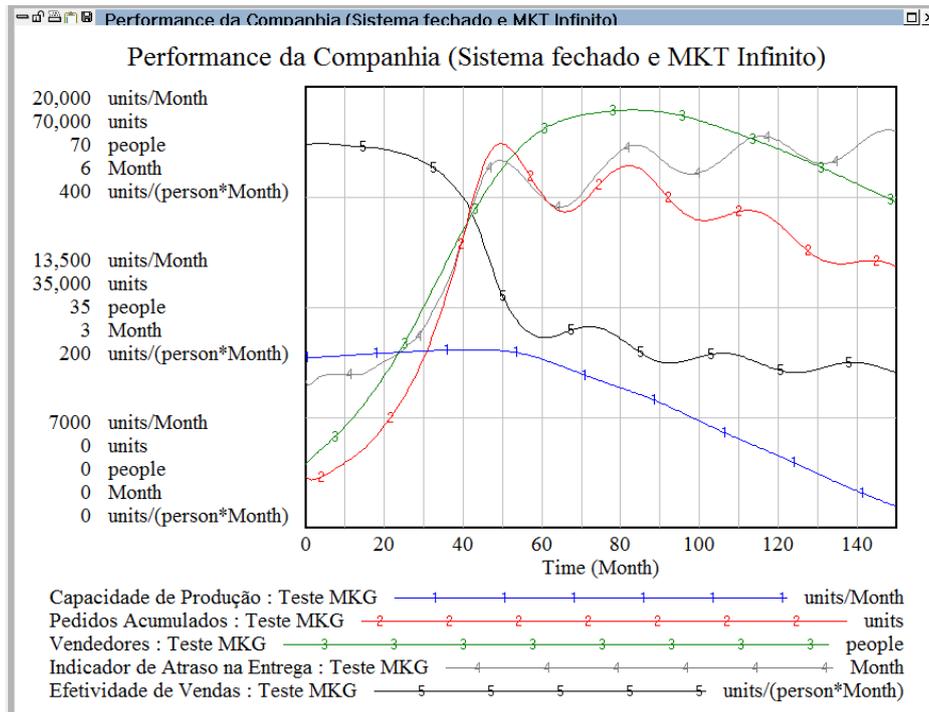
Fonte: Adaptado de Forrester (1968a); Membrillo et al. (1999).

Figura 4.18(c) – Exemplo do SFD para o “Modelo Crescimento de Mercado”.



Fonte: Adaptado de Forrester (1968a); Richardson (2011).

Figura 4.18(d) – Comportamento geral e endógeno do “Modelo de Crescimento de Mercado” proposto por Forrester (1968a).



Fonte: Adaptado de Richardson (2011).

Conforme explicado por Richardson (2011) este modelo permite analisar casos de mau desempenho corporativo devido, por exemplo, às políticas operacionais internas mal conduzidas. O modelo proposto por Forrester (1968a) representa uma empresa com uma demanda de mercado potencialmente infinita. Ou seja; não há restrições no mercado externo que impeçam o crescimento da empresa, não há restrição quanto ao tamanho de sua equipe de venda ou quanto à quantidade de encomendas por mês. A dinâmica observada nos gráficos da Figura 4.18(d) mostra uma corporação na qual a capacidade de produção está em declínio, os pedidos inicialmente crescem e depois oscilam e entram em queda e o tamanho da equipe de vendas atingiu um pico e em seguida entrou em declínio. Mesmo considerando o mercado ilimitado os gráficos mostram que a companhia está “saindo do mercado”.

Conforme foi demonstrando por Forrester (1968a) a chave para este comportamento está na política que a empresa utiliza para determinar “quando e quanto aumentar a capacidade de produção”.

A Figura 4.18(c) mostra que existe um loop reforçado (R) que representa o esforço de venda da companhia. Este loop age como um motor de crescimento e os outros dois loops balanceados (B) atuam para equilibrar este motor de crescimento. O que se espera é que a capacidade de produção e os atrasos na entrega acompanhem a capacidade de venda da companhia.

Este equilíbrio está comprometido neste modelo, pois, a política capturada na variável “Condição de Atraso na Entrega” estabelece que se adicione capacidade de produção quando o atraso na entrega atingir um valor alvo (objetivo) a “Meta Operacional para o Atraso na Entrega”. Considerando que este objetivo se baseia apenas em desempenhos passados (histórico armazenado na variável CEF), ele pode não refletir o atraso real das entregas. A Figura 4.18(c) mostra ainda que, com o aumento dos pedidos, o atraso nas entregas inicialmente sobe, pressionando para que haja aumento da capacidade de produção, porém, esta pressão depende de uma comparação entre “Atraso na Entrega Reconhecido pela Companhia” e a meta de “Atraso na Entrega”. Inicialmente há um ligeiro aumento na capacidade de produção, porém, como ela se baseia no desempenho passado (variável CEF), ela entra em queda. Neste cenário, o incremento dado pela “Meta Operacional para o Atraso na Entrega” nunca será capaz de gerar pressão suficiente na variável “Condição de Atraso na Entrega” que permita expandir a “Capacidade de Produção Solicitada”. Assim, a empresa continuará a perder “mercado” (RICHARDSON, 2011).

Richardson (2011) chama a atenção para o quão didáticas podem ser as análises feitas sobre este sistema. Uma avaliação precipitada, do comportamento deste sistema, poderia concluir que o declínio nas vendas estaria associado a um mercado em retração, quando de fato, (para este modelo) o mercado foi mapeado como sendo infinito, desta forma é preciso admitir que a origem do problema provavelmente seja endógena ao sistema.

Conforme explicado por Richardson (2011), há 3 aspectos importantes neste tipo de exemplo:

- A inconfundível fronteira fechada, delimitando o sistema, conforme sugerida por Forrester (1969). Com este limite não há relações causais

provenientes do exterior o que permite uma análise dos processos internos da empresa.

- Não há restrições externas para o crescimento da empresa.
- Apesar das condições hipotéticas do modelo, é possível analisar, estudar e entender a estrutura funcional do sistema (da empresa) e sua sensibilidade (vulnerabilidade ou robustez) a possíveis mudanças “internas”.

No Anexo D faz-se uma breve introdução, com sugestões de tutoriais, contendo outros modelos clássicos de sistema dinâmicos, com o objetivo de auxiliar os estudos iniciais nesta disciplina. Os diagramas e gráficos mostrados nas Figuras 4.16 e 4.17 podem ser reproduzidos utilizando as referências apresentadas naquele Anexo.

4.8. **System Dynamics (SD) e a Teoria Geral de Sistemas.**

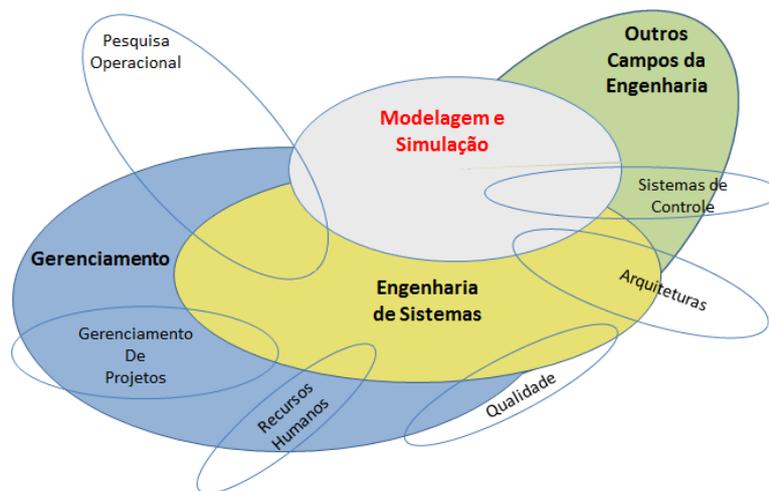
Estudar a “teoria geral de sistemas” não é mandatório para se iniciar os trabalhos de modelagem SD, entretanto, ela pode ser uma grande aliada para que se possa entender a proposta da abordagem *System Dynamics* (SD), conforme foi idealizada por Forrester. Assim, faz-se no Anexo B uma breve revisão sobre **sistemas**, definindo alguns termos importantes (como por exemplo, pensamento sistêmico, sistemas dinâmicos, dinâmica de sistemas, sistemas fechados, sistemas realimentados, sistemas complexos, engenharia de sistemas, etc.) que podem facilitar o trabalho do projetista e analista de SD e aguçar sua visão de mundo quando for necessário modelar os complexos sistemas contemporâneos.

Um sistema é mais do que a soma das suas partes; é um todo indivisível. Ele perde a sua propriedade essencial quando é desmontado. Os elementos de um sistema podem ser eles próprios sistemas e cada sistema pode ser parte de um sistema maior (ACKOFF, 1973)⁴³.

⁴³ ACKOFF, Russell L. et al. IFORS' Operational Research Hall of Fame. (Acesso em: jan. 2018)

A Figura 4.19, vista a seguir, mostra como a “engenharia de sistema” está posicionada em relação às outras áreas conhecimento. Pode-se inferir dali onde estaria posicionada a área de “*System Dynamics* - SD” que, segundo a proposta de Forrester, se baseou nos sistemas de controle e servomecanismos e em simulação (ver outros detalhes sobre engenharia de sistemas no Anexo B).

Figura 4.19 – Interfaces entre a Engenharia de Sistemas e outras Áreas do Conhecimento.

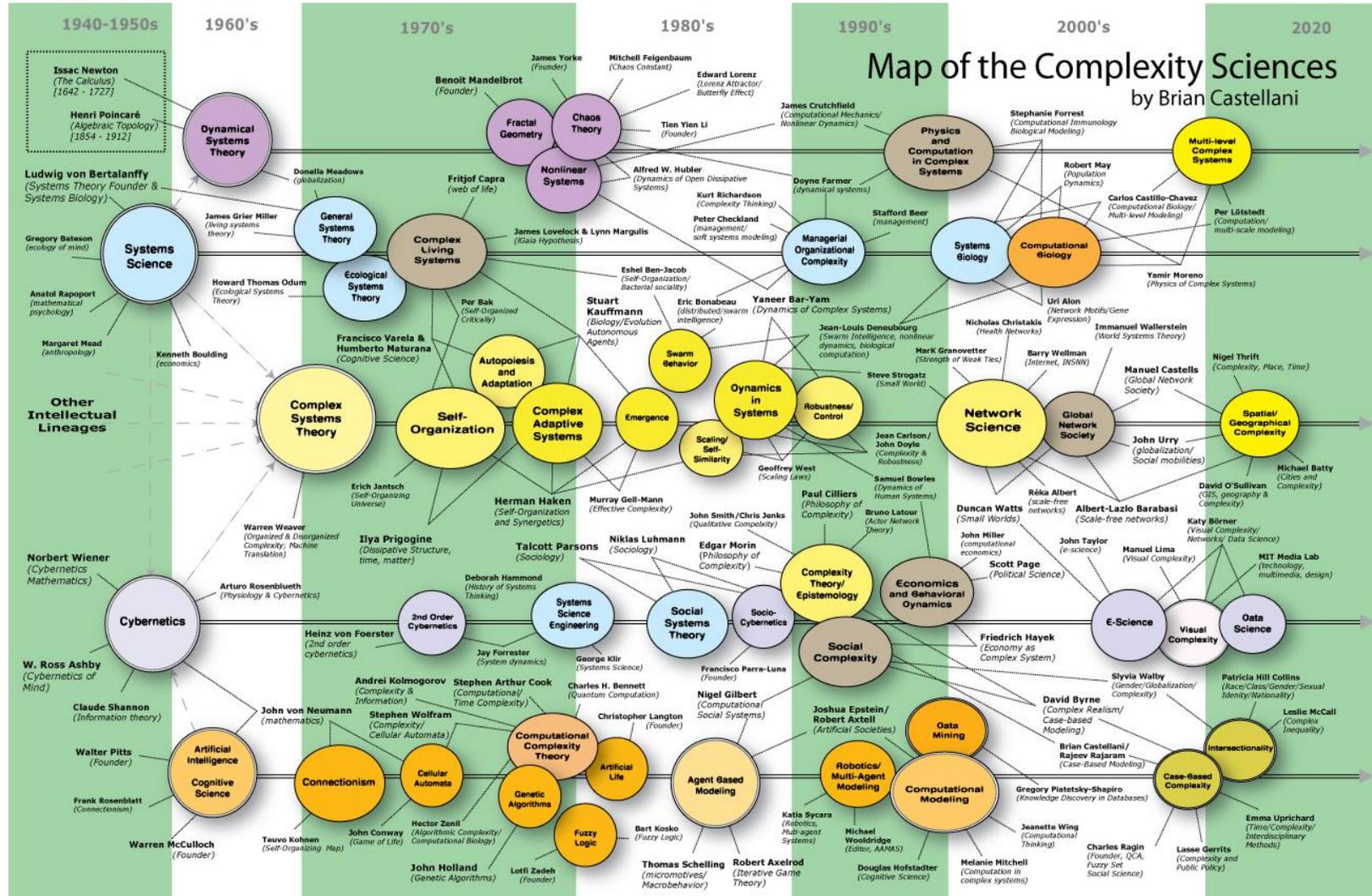


Fonte: Adaptado de Seymour; Luman (2011).

A proposta feita inicialmente por Forrester foi ampliada ao longo dos últimos 50 anos, com isso, existem outras formas de se visualizar o posicionamento da área de conhecimento que envolve a metodologia SD. A exemplo do que se observa na Figura 4.20⁴⁴ que mostra, cronologicamente, como se deu a evolução da ciência da complexidade dos sistemas, desde os primórdios da cibernética e ciências sistêmicas até os dias atuais. Neste mapeamento histórico pode-se supor que a vertente relativa a dinâmica de sistemas (SD) poderia ter se originado dos trabalhos de Issac Newton e Henri Poincaré e teria evoluído até os sistemas contemporâneos que se estruturam em múltiplos níveis de complexidade.

⁴⁴ Figura “Mapa de Complexidade da Ciência”: Brian Castellani on Complex systems versus complicated systems, 2017. Disponível em: http://www.art-sciencefactory.com/complexity-map_feb09.html ou <http://www.theoryculturesociety.org/brian-castellani-on-the-complexity-sciences/> Acesso em: jan. 2018.

Figura 4.20 – Mapa de evolução da Ciência da Complexidade.



Fonte: Castellani (2017).

4.9. Combinando a Metodologia SD com Outras Metodologias.

Existem esforços para se combinar outras metodologias e/ou outros processos com a metodologia SD, com o objetivo de complementá-la ou de se produzir novas metodologias. Assim, faz-se neste item uma pequena menção a este tipo de esforço.

4.9.1. System Dynamics e Gestão de Projetos (*Project Management Dynamics*).

Conforme explicado por Sterman (2000, p. 55) o gerenciamento de projetos pode encontrar na metodologia SD uma aliada importante para antecipar possíveis cenários problemáticos cujas ocorrências são relativamente frequentes durante as fases (planejamento, concepção, análise, execução, testes, entrega, etc.) de projetos complexos. Sterman menciona que fenômenos como o atraso na entrega dos projetos, o estouro de orçamentos e a falta de qualidade no desenvolvimento de produtos (em qualquer escala) pode matar uma empresa, especialmente aquelas que atuam em segmentos de alta velocidade, tais como as de desenvolvimento de software, e de alta tecnologia como a espacial, aeronáutico e farmacêutico. Segundo o autor, ocorrências como desvios no escopo, tempo e custo em obras civis e projetos militares podem afetar a vitalidade econômica de uma região ou até interferir na soberania de uma nação. Para sustentar seu argumento Sterman cita o caso da empresa norte americana *Ingalls Shipbuilding of Pascagoula* contratada em 1970 para construir uma frota de 30 destróieres e 9 porta-aviões, para a marinha norte americana. Segundo o autor, em um período de 5 anos de projeto, a empresa havia acumulado um prejuízo de aproximadamente US\$ 500 milhões. Sterman destaca que há estudos comprovados que sinalizam que a escassez de recursos, o excesso de mudanças (pedidos de alterações de projeto inclusive aquelas para incorporar novas tecnologias ao produto) e a falta de planejamento, são as responsáveis pelos aumentos de custo da ordem de 140% a 190% e de 310% a 460%, respectivamente, em projetos comerciais e de defesa. O autor menciona também que os litígios envolvendo essas cifras, se prolongam por anos e, em geral, responsabilizam: os fornecedores, pela má-gestão e sub-precificação deliberada (com o objetivo de ganhar os

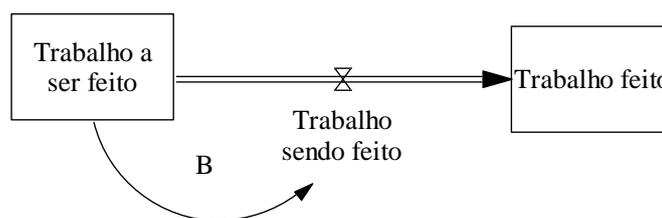
contratos); e os clientes, pelos excessos de solicitações de alteração no *design* original.

Sterman sugere que a metodologia SD poderia ser utilizada naqueles contextos como uma aliada, às equipes de Gestão de Projetos, para modelar todas as fases do ciclo de vida do produto. Alguns autores denominam essa abordagem de “*Project Management Dynamics*”.

A Figura 4.21(a) mostra uma célula básica, modelada com a metodologia SD, que pode ser utilizada para representar a atividade de gestão de projetos. Ela pode ainda ser 1) melhorada / detalhada e 2) reutilizada/replicada em todas as fases do ciclo de vida do produto, se adequando quando necessário⁴⁵. A Figura 4.21(b) mostra como seria possível expandir a célula básica da Figura 4.21(a), para atender projetos mais complexos (LYNEIS; FORD, 2007).

Para maiores detalhes sobre a gestão de projetos, utilizando a metodologia SD, pode-se recorrer também às seguintes referenciais, Love et al., (2002), Lyneis; Ford (2007), Rodrigues; Bowers (1996); Sterman (1992); Sterman (2000); Barros et al. (2001).

Figura 4.21(a) – Modelo de célula básica da atividade de gestão de projeto

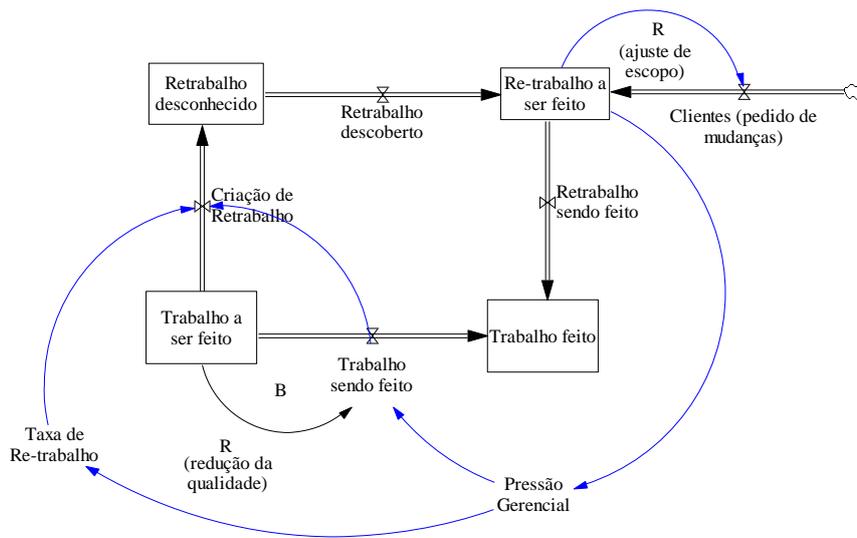


Fonte: Adaptado de Lyneis; Ford (2007); Sterman (1992 e 2000, p. 58 e 564) e do sitio Systems Thinker⁴⁶

⁴⁵ Project management Dynamics: Disponível em: <https://www.leveragenetworks.com/industry-insights/project-management-dynamics> Acesso em jan. 2018.

⁴⁶ Systems Thinker: Disponível em <https://www.leveragenetworks.com/industry-insights/project-management-dynamics> Acesso em: jan. 2018.

Figura 4.21(b) – Célula básica, da atividade de gestão de projeto, expandida.



Fonte: Adaptado de Lyneis; Ford (2007); Sterman (1992, 2000).

4.9.2. System Dynamics (SD) e Pesquisa Operacional (OR).

Conforme explicado nos trabalhos de Assad; Gass (2011) e LANE e Sterman (2011) a área do conhecimento *Operation Research* (RO) (Pesquisa Operacional (PO), em português) possui elementos que por si só exigiriam uma longa abordagem do tema o que fugiria do objetivo deste item. Vale mencionar, porém, que a metodologia SD tem sido combinada, com sucesso, com outras metodologias oriundas da Pesquisa Operacional Soft (Soft OR) (ADAMIDES et al., 2009). Por meio dessa associação, o analista de sistemas é capaz de produzir gráficos, figuras e estruturas, complementares àquelas produzidas pela abordagem SD, as quais vêm se tornando, cada vez mais, instrumentos imprescindíveis na tarefa de tomada de decisão em situações complexas. No âmbito da “soft OR”, existe a subdisciplina MCDA (*Multiple Criteria Decision Analysis*), considerada, por alguns autores, uma evolução da OR (VINCKE, 1992; citado por ENSSLIN et al., 2004). Sua principal característica é a objetividade, ela é responsável por oferecer metodologias capazes de estruturar e organizar as situações problemáticas oferecendo uma “visão organizada de mundo” ao decisor, antes mesmo de se partir para a solução dos problemas. A MCDA propicia tomada de decisão mais eficiente e objetiva em meio a múltiplos critérios que, em geral, são divergentes. À MCDA cabe também propor soluções candidatas (ou melhores alternativas) à “solução” ou

“encaminhamento” dos problemas. Dentro da MCDA existem famílias de metodologias, como por exemplo, a metodologia *Problem Structuring Methods* (PSM) que se propõe especificamente a mapear, estruturar e conhecer, de fato, a situação problemática sem necessariamente tentar resolvê-la (BELTON; STEWARD, 2010; SANTOS, 2012 p. 36). Dentre os PSMs mais conhecidos, pode-se citar; *Strategic Options Development and Analysis* (SODA), *Strategic Choise Approach* (SCA) e *Soft Systems Methodology* (SSM) (ACKERMANN, 2012; MINGERS; ROSENHEAD, 2004).

O Anexo F faz outras considerações sobre as possibilidades e os benefícios de se combinar a metodologia SD e as metodologias da Pesquisa Operacional Soft (Soft OR).

4.10. O Contexto Atual das Pesquisas sobre da Metodologia SD.

Sobre o futuro da metodologia SD, Forrester escreve em seu artigo de 2007 “*System Dynamics: the next fifty years*”, que as potencialidades do SD ainda estão por ser testadas e descobertas. Forrester (2007) não se refere ao SD como metodologia ou abordagem ou como teoria, mas como um campo do conhecimento. Segundo o autor os primeiros 50 anos de SD foram uma introdução ao campo. O que se conseguiu neste período foi mostrar a importância de alcançar uma melhor compreensão dos sistemas complexos como aqueles que ocorrem na natureza ou aqueles oriundos das atividades humanas. Segundo Forrester, atualmente, o campo SD atingiu um patamar de maturidade e estaria pronto para ser “catapultado” para um próximo nível. Forrester compara os avanços atuais obtidos no campo SD aos primórdios das profissões de medicina e engenharia, desenvolvidas respectivamente por volta dos anos de 1800 e 1865. Segundo Forrester o campo SD está em um estágio embrionário sinalizando que há ainda muito a aprender, a exemplo do ocorrido nas profissões citadas anteriormente, ao longo dos últimos 150 anos. No caso SD, o autor cita como exemplo as estruturas representadas com *feedbacks* não lineares de alta ordem, que permeiam todas as atividades humanas, como uma evidência do *gap* de conhecimento ainda por ser explorado. O autor sugere que agora seria a hora de planejar como os próximos 50 anos poderiam resolver o enorme *gap* de conhecimento ainda existente no campo SD. Forrester observa

que, assim como ocorreu nos primórdios das profissões mais maduras (Como por exemplo, medicina e engenharia), ainda não existem hoje, programas universitários de 4 e 6 anos dedicados especificamente à SD. Outra alusão feita por Forrester é a de que aquelas profissões induziram nos cursos do ensino fundamental e médio atuais, a educação de ciência e biologia, o que provavelmente deverá produzir uma ação equivalente quando o campo do conhecimento for SD. Forrester finaliza dizendo que houve imenso progresso no campo SD nos últimos 50 anos, mais até do que aquele observado nas profissões mais antigas, antes delas terem sido formalizadas em programas educacionais avançados e terem sido reconhecidas publicamente.

Sterman et al. (2015) fazem também considerações sobre as aplicações atuais da metodologia SD. Segundo os autores, o mundo continua a mudar rapidamente criando desafios excitantes sobre a dinâmica do comportamento e sobre a operação dos sistemas modernos, exigindo que se avance nos estudos, sobre as metodologias e sobre as teorias que lhes dão e poderão vir a dar suporte. As atividades de gestão e tomada de decisão, envolvendo atores (*Stakeholders*) como clientes, fornecedores, trabalhadores, concorrentes, finanças, o mercado, etc., guardam uma relação direta com a dinâmica da inovação, haja vista que os processos organizacionais mudam constantemente para acomodar novas leis de mercado, novas tecnologias, novos clientes, novos fornecedores, etc. Essas interações e *feedbacks* continuam a envolver, por exemplo, atrasos significativos de tempo, não linearidades, distorções de informações e respostas comportamentais desalinhadas, comprometendo o desempenho das corporações. Segundo os autores o desafio atual da “modelagem SD”, está em desenvolver, articular e propor teorias robustas, capazes de explicar o comportamento dos sistemas complexos, testar possíveis políticas de melhoria, implementáveis em organizações reais e que possibilitem estimar quais seriam seus impactos ao longo do tempo.

Kunc (2012) também aborda a fase atual da metodologia SD estimulando; (1) suas possíveis combinações teóricas e metodológicas com outras metodologias e disciplinas (2) os esforços para se desenvolver e ampliar as

habilidades e *expertises* dos futuros “*designers* de SD” e (3) que se invista no aprendizado de SD nas escolas, desde o ensino médio e fundamental.

O Livro *21st Century Skills (2011)*, ao mencionar as novas formas de cooperação entre as equipes, a escassez de tempo e de recursos, o armazenamento de informações sobre projetos em banco de dados, a transcrição dessas informações em padrões e a exigência de megacognição, como habilidades ou ferramentas de trabalho dos futuros tomadores de decisão (BELLANCA, 2011, cap. 3⁴⁷), endossam implicitamente o que Forrester e Kunc prescreveram sobre as habilidades do analista de sistemas complexos.

Especificamente na área de SD, existem iniciativas que estimulam a pesquisa e o adensamento de informação nesta “área do conhecimento”. São exemplos delas os seminários e as premiações promovidas pela sociedade de dinâmica de sistemas (*System Dynamics Society*)⁴⁸. Para que se tenha uma ideia da fronteira do conhecimento na área SD pode-se mencionar o trabalho ganhador do prêmio “*The 2015 Jay Wright Forrester Award*” (RAHMANDAD, 2012), segundo o autor, a teoria econômica atual sugere que, considerando a globalização da competição e do conhecimento, as empresas que operam nos mercados modernos devem convergir para o equilíbrio convencional de lucros econômicos “zero”. O autor sugere que as corporações podem reagir a este fenômeno, se destacando no ambiente de negócios, criando capacidades superiores, desenvolvendo, de forma dinâmica, seus conhecimentos específicos e outros ativos intangíveis. Utilizando modelos dinâmicos o autor compara dois métodos de trabalho, “duro” e “inteligente” e defende a ideia de que **as empresas devem optar por investir, seus recursos limitados, em capacitação, para competir melhor no mercado em que atuam.** A modelagem SD, produzida pelo autor, é utilizada para explicar como as pressões, utilizadas para atender a produção ou metas financeiras, podem levar ao contingenciamento, que por sua vez pode comprometer a

⁴⁷Capítulo 3 “Comparing Frameworks for 21st Century Skills, Chris Dede – ref: Bellanca e Brandt, 2011).

⁴⁸System Dynamics Society): ref1: <http://conference.systemdynamics.org/> e ref2: <http://www.systemdynamics.org/award-recipients/> Acesso em: jan. 2018.

manutenção, a melhoria dos processos, a moral e a segurança das equipes. Ainda segundo o autor, isso pode corroer a capacidade de reação e o desempenho, o que aumenta ainda mais a necessidade de produção e as pressões financeiras. O autor conclui dizendo que, este ciclo vicioso pode levar não só à insuficiência organizacional, mas também causar danos ambientais e acidentes graves.

Outros trabalhos atuais continuam a mostrar o impacto causado pela aplicação da metodologia SD em áreas como redes neurais (ALBORZI, 2006), gestão estratégica de projetos complexos (GHAFFARZADEGAN et al., 2011; LYNEIS et al., 2001; LYNEIS; FORD, 2007), economia (SAEED, 2014), estudos sobre corrupção (ULLAH, 2013), meio ambiente e sustentabilidade (FORD, 2000), etc.

4.11. Resumo e conclusões sobre o Estudo da Metodologia SD.

O que se pode ressaltar sobre a Metodologia *System Dynamics* (SD) é:

- A metodologia SD foi idealizada por Jay W. Forrester na década de 50, para dar suporte à tomada de decisão em sistemas de gestão corporativa.
- Bons modelos SD exigem uma abordagem sistêmica.
- Um sistema é mais do que a soma de suas partes. Ele pode exibir comportamentos adaptativos, dinâmicos, de auto preservação, evolutivos, etc. (MEADOWS, 2008).
- Sistemas dinâmicos são sistemas cujo comportamento se altera em função do tempo, em decorrência de um estímulo interno ou externo (ASTROM; MURRAY, 2010).
- A metodologia SD é utilizada para modelar sistemas complexos e, por meio de simulação, analisar sua resposta a determinados estímulos.
- A metodologia SD foi concebida utilizando conceitos da teoria de controle e servomecanismos, oriundos da engenharia. Ela produz

modelos capazes de explicitar a estrutura funcional dos sistemas complexos.

- A metodologia SD pode ser utilizada para modelar os sistemas que permeiam as atividades humanas (p.ex., engenharia, administração, negócios, saúde, meio ambiente, etc.).
- Segundo Astrom; Murray (2000), um modelo SD é uma representação da dinâmica de funcionamento de um sistema, utilizado para responder perguntas por meio das atividades de análise e simulação. O modelo que se escolhe para representar um determinado sistema dependerá das perguntas que se deseja responder, sobre aquele sistema, assim, poderá haver vários modelos para um único sistema dinâmico, com diferentes níveis de fidelidade. Esses modelos dependerão dos fenômenos que se deseja modelar.
- Segundo Sterman (2000), a modelagem e simulação SD são as respostas para se corrigir a baixa confiabilidade dos modelos mentais intuitivos dos indivíduos. Segundo o autor, por meio da modelagem SD pode-se revisar continuamente a estrutura funcional do sistema redesenhando-a até torná-la a mais realista ou representativa possível. A simulação permite que se experimente o comportamento do sistema a cada revisão do modelo.
- Atualmente, a metodologia SD, está na fase de aplicação sendo utilizada para modelar sistemas complexos, como por exemplo:
 - Mapeamento de recursos:
 - Sistemas Hídricos (demanda X consumo X ciclo das águas);
 - Sistema de energéticos (demanda X consumo);
 - Mercadológicos (demanda X consumo X sustentabilidade)
 - Disseminação de doenças (planejamento e contenção de epidemias);

- Agronegócio (manejo e contenção de recursos);
- Saúde (mapeamento de sistema circulatório humano e/ou animal);
- Mapeamento da corrupção;
- Pode-se associar, de forma virtuosa, a metodologia SD com outras metodologias.

Pode-se concluir do exposto que existem aplicações muito convincentes sobre a utilidade da Metodologia SD no sentido de compatibilizar Recursos e Demandas e também para se fazer análises preditivas de possíveis cenários futuros.

A iniciativa de instituir nas escolas (ensino fundamental, médio e superior) cursos específicos sobre SD podem ser uma estratégia valiosa para inculcar e refinar nos indivíduos a ideia de que é necessário pensar e agir sistemicamente.

A metodologia se mostra muito atraente, pois é intuitiva. Sem que se exijam grandes conhecimentos matemáticos é possível que o indivíduo (de outras áreas do conhecimento, não necessariamente ligados à engenharia) perceba, ao manipulá-la (fazendo diagramas e simulações), que é possível planejar e fazer previsões sobre fenômenos do seu cotidiano. Essa percepção pode estimulá-lo a modelar sistemas cada vez mais complexos, aguçando o desejo pelo planejamento e aumentando a eficiência na tomada de decisão.

O fato de centros de excelência, como por exemplo, o MIT e a universidade de Albany utilizarem e disponibilizarem, em seus sítios na internet, modelos simuláveis de SD básicos, como por exemplo, o crescimento populacional, o crescimento de mercado, etc., são um estímulo e um excelente subsídio para os iniciantes na utilização da metodologia SD.

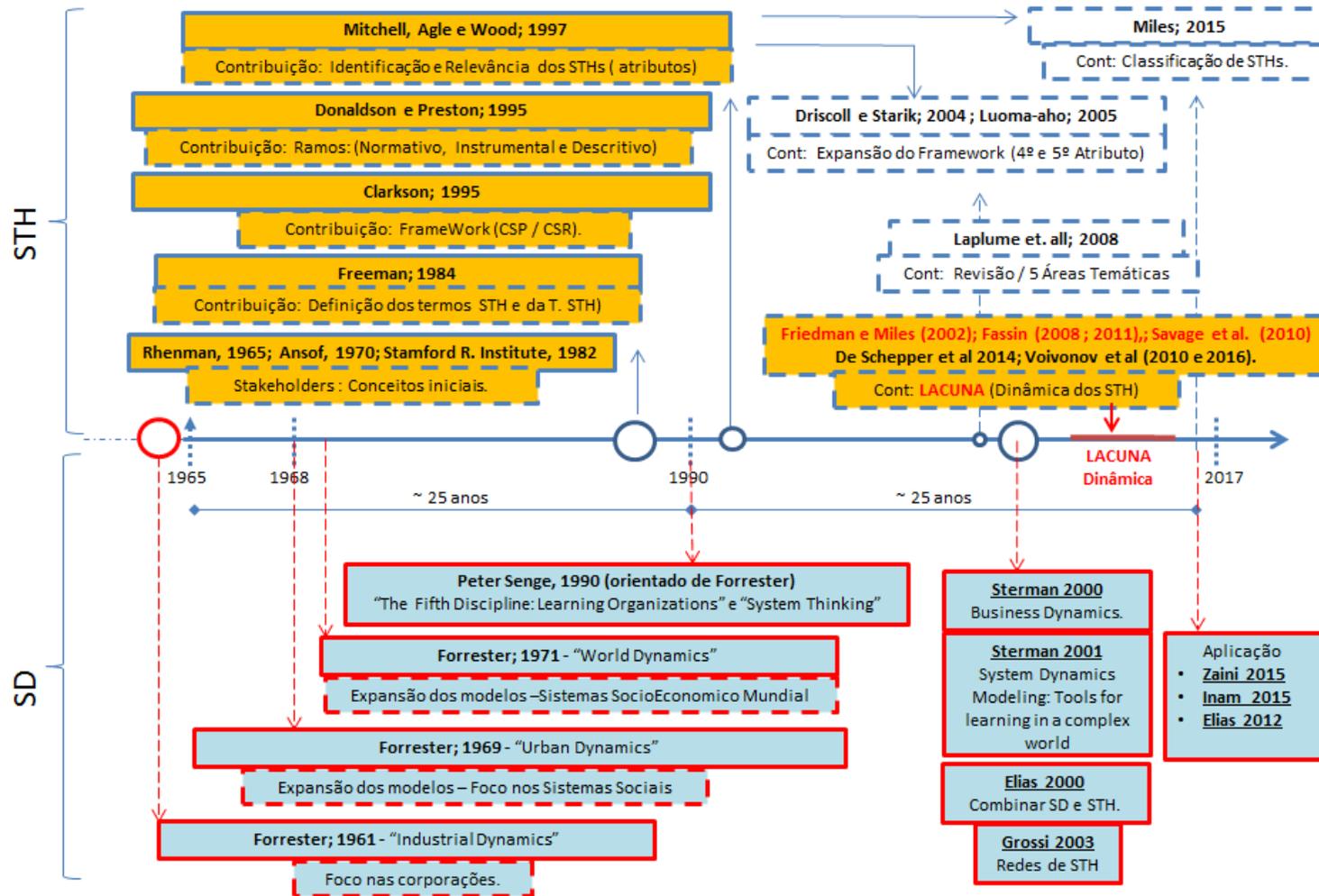
A lacuna de conhecimento (relativa ao mapeamento de sistemas complexos utilizando equações diferenciais de mais alta ordem) é um estímulo para novos trabalhos acadêmicos.

A possibilidade de combinar a metodologia SD com outros processos, metodologias ou áreas do conhecimento é também um convite, para novos trabalhos acadêmicos, onde se pesquise sobre a possibilidade de conceber novos modelos (células básicas) capazes de retratar sistemas complexos particulares, específicos ou gerais.

A Figura 4.22 a seguir mostra a evolução histórica da Metodologia *System Dynamics* (M. SD), destacando os trabalhos seminais que dão sustentação teórica a este trabalho de tese. A Figura 4.22 foi construída utilizando como base a Figura 3.1(b) [que tratou da evolução histórica da Teoria Stakeholder (T. STH) e evidenciou o período onde os trabalhos sobre a lacuna dinâmica dos STHs foram detectados]. Assim, na parte superior da Figura 4.22 observam-se os trabalhos referentes à T.STH e na parte inferior os trabalhos referentes à M. SD.

Sobre o histórico a M. SD (parte inferior da Figura 4.22), em ordem cronológica, tem-se: Forrester (1961) propõem a abordagem *System Dynamics* com foco nas corporações que depois é ampliado para sistemas sociais e na sequência para sistemas sócio-econômicos, evoluindo até a abordagem *System Thinking*. Os trabalhos de Sterman (2000, 2001) fazem uma releitura da abordagem SD proposta por Forrester, apresentando-a de uma forma mais contemporânea propondo modelos mais fáceis de serem reproduzidos e simulados. Elias (2000); Grossi (2003) falam explicitamente da possibilidade e da necessidade de se utilizar simultaneamente a T. STH e a M. SD na análise de sistema compostos por STHs. Durante a pesquisa bibliográfica percebeu-se que esses trabalhos iam ao encontro da lacuna dinâmica observada na análise de STHs mencionada nos trabalhos de Fassin e Mitchell, quando escreveram sobre STHs. Finalmente Elias (2012); Inam (2015); Zaini (2015) utilizam as duas áreas de conhecimento (STH & SD), de forma particular, para analisar sistemas de STHs. É importante destacar que os trabalhos que sinalizam sobre a lacuna dinâmica, observada ao se estudar e aplicar a Teoria STH, foram publicados entre os anos de 2000 até 2016 conferindo atualidade ao tema desta tese de doutorado.

Figura 4.22 – Síntese da evolução histórica da Metodologia *System Dynamics* (*M. SD*) e da Teoria *Stakeholder* (*T. STH*), contendo os trabalhos seminais que dão sustentação teórica a este trabalho de tese.



5 A METODOLOGIA STH/SD (M. STH/SD).

5.1. Introdução (Concepção geral da Metodologia)

Neste capítulo apresenta-se a **Metodologia STH/SD** que se inspira nos desafios de planejamento, predição e gestão, impostos aos analistas e projetistas dos complexos e dinâmicos sistemas organizacionais modernos, e na lacuna dinâmica observada nos trabalhos sobre a Teoria *Stakeholder* (T. STH).

A **Metodologia STH/SD** combina a “Teoria *Stakeholder* – T. STH” e a “Metodologia *System Dynamics* – M. SD” em uma nova metodologia de modelagem destinada a capturar a dinâmica de atuação dos STHs que compõem um sistema complexo. Ela é capaz de auxiliar na análise e projeto desses sistemas (complexos e dinâmicos) e conseqüentemente, auxiliar nas atividades de tomada de decisão, gestão e planejamento de tais sistemas.

A **Metodologia STH/SD** está alicerçada em um conjunto de contribuições originais, como por exemplo, no âmbito da T. STH (DONADSON; PRESTON, 1995; FREEMAN, 1984; MITCHELL et al., 1997) e no âmbito da M. SD (FORRESTER, 1961; 1969; 1971; SENGE, 1990; STERMAN, 2000).

Historicamente Mitchell et al. (1997) já chamava a atenção para a característica dinâmica dos *Stakeholders* (STHs) e posteriormente, Elias (2000) sugeriu, como tema de pesquisa científica, que se estabelecesse um *link* entre STHs e SD.

Mais recentemente autores como, por exemplo, Elias (2012); Zwikael et al. (2012); Inam et al. (2015); Zaini et al. (2015); Lu et al. (2017), estudaram maneiras particulares de combinar STHs & SD e, por meio de simulações, propuseram formas de analisar e gerenciar o comportamento de um determinado sistema (e/ou de seus recursos). O propósito daqueles autores era usar a T. STH e a M. SD para modelar uma situação problemática.

De maneira análoga, este trabalho de tese propõe uma forma particular e específica de fazer o vínculo entre a T. STH e a M. SD. As diferenças entre a **Metodologia STH/SD** apresentada aqui e os métodos apresentados por outros

autores será discutida no capítulo 7. Detalha-se a seguir, do que se trata a **Metodologia STH/SD**.

A **Metodologia STH/SD** utiliza os ramos descritivo e instrumental da T. STH para lastrear sua proposta. Mais especificamente, a T. STH é utilizada (1) para capturar os STHs mais relevantes do sistema, (2) para classificá-los e posteriormente (3) para “esboçar” sua rede de interconexões. A partir da rede de STHs, e das atividades que eles desenvolvem no sistema, a **Metodologia STH/SD** utiliza a M. SD (4) para identificar, dentre as atividades dos STHs, o que poderá ser usado como “fluxo” e “estoques” de cada STH.

Até este ponto, o novo processo de modelagem utiliza os trabalhos já conhecidos sobre a teoria e classificação de STHs, p.ex. Freeman (1984); Mitchell et al., (1997), sobre redes sociais, p.ex. Grossi (2003), e sobre abordagem SD, p.ex. (FORRESTER, 1961; STERMAN, 2000), como suporte para construção dos modelos.

A partir deste ponto, este trabalho de tese sugere uma inovação incremental e propõe que cada *Stakeholder* (STH) do sistema seja representado por meio de estoques de atributos.

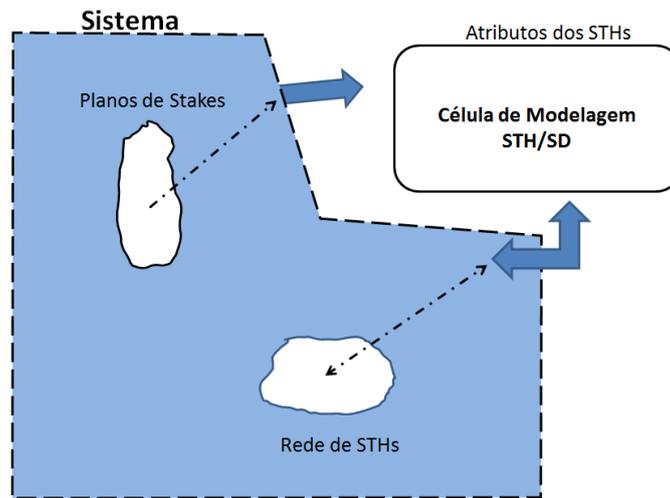
De forma geral imaginou-se que cada STH do sistema poderia ser representado por estoques de atributos e que esses atributos poderiam seguir as definições propostas nos trabalhos de Mitchell et al. (1997), Driscoll; Starik (2004) e Luoma-aho (2005), sobre formas de classificar e capturar os STHs de um sistema. Fica implícito no trabalho desses autores que seria possível representar um sistema utilizando apenas seus STHs mais relevantes.

Um dos benefícios de se esboçar um sistema considerando apenas seus *Stakeholders* mais relevantes (e suas interconexões) é produzir um modelo enxuto, porém, o mais representativo possível do sistema.

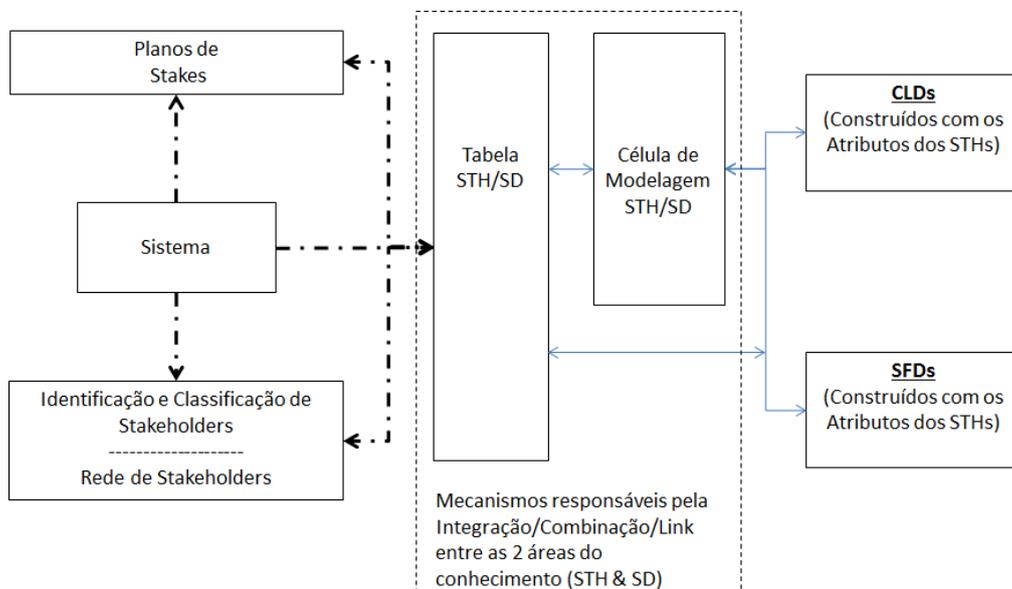
A Figura 5.0 mostra o conceito geral idealizado para se conceber a Metodologia STH/SD. Considera-se inicialmente que o sistema em análise possa ser representado por 2 ambientes, ver Figura 5.0(a). O primeiro ambiente formado por **planos** que contém um extrato dos elementos mais

importantes do sistema, denominados “*Stakes*”, e o segundo ambiente contendo um esboço da **rede** de interconexão dos STHs mais importantes do sistema. Para combinar/integrar os 2 ambientes propõe-se a **célula de modelagem STH/SD** como um mecanismo/elemento de modelagem dinâmica.

Figura 5.0 – Idealizando a Metodologia STH/SD.



(a)



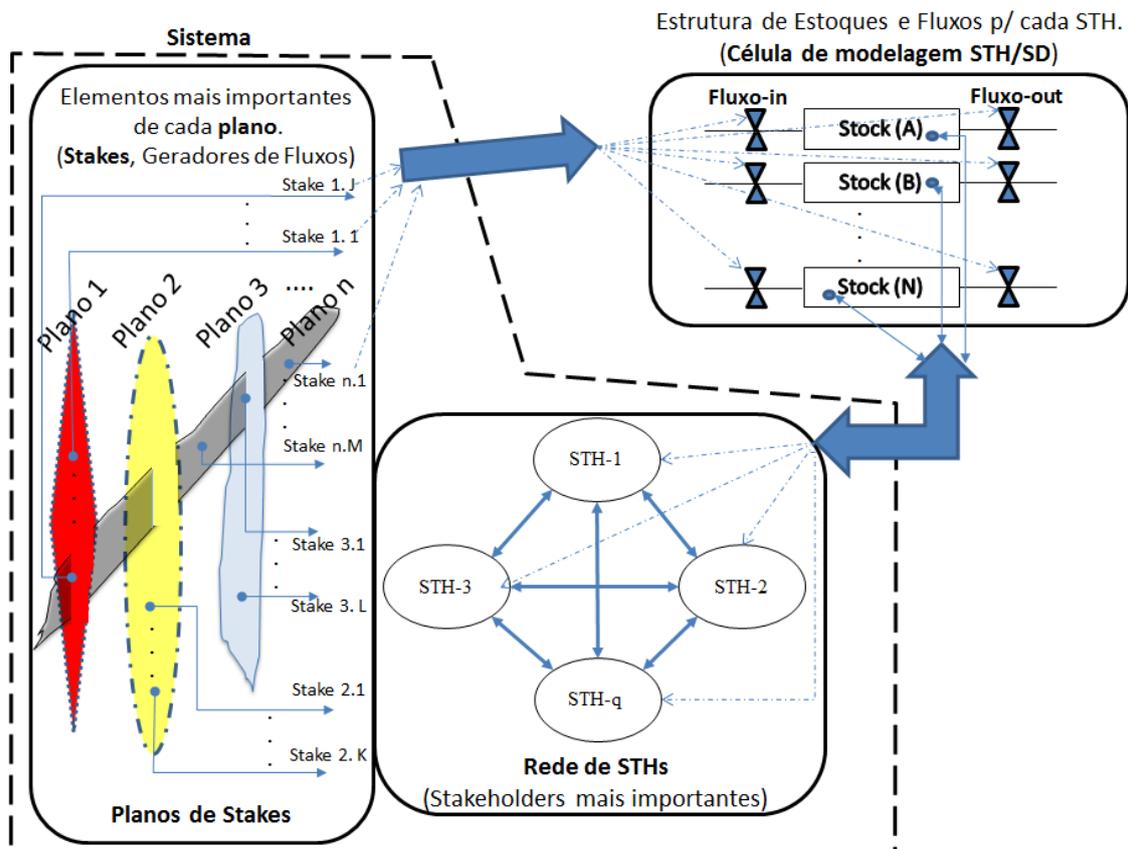
(b)

Obs.: (a) Ambientes do Sistema (Plano de *Stakes* e Rede de STHs) e Célula de Modelagem STH/SD; (b) Roteiro para o fluxo de trabalho.

A Figura 5.0(b) mostra a ideia inicial para o fluxo de trabalho utilizado para combinar as 2 áreas de conhecimento (STH & SD). Primeiro utiliza-se o **Sistema** para produzir o **Plano de Stakes** e a **Rede de STHs**. Utilizam-se esses 3 elementos para produzir a Tabela Vinculante (Tabela STH/SD). De posse da Tabela STH/SD produz-se as Células de Modelagem STH/SD (compostas pelos atributos dos STHs) e na sequência, os diagramas CLDs e SFDs. A Tabela STH/SD e a Célula de Modelagem STH/SD são os mecanismos que integram/combinam as 2 áreas do conhecimento (STH & SD).

Na Figura 5.1, faz-se o detalhamento da ideia inicial mostrada na Figura 5.0. **O Framework Geral mostrado na Figura 5.1 é primeira contribuição inovadora deste trabalho de tese.**

Figura 5.1 – *Framework* Geral, proposto para combinar a Teoria Stakeholder (T. STH) e a Metodologia System Dynamics (M. SD).



O sistema modelado na Figura 5.1 é caracterizado por “n” planos de Stakes (cada plano contendo um número específico de *Stakes*) e por meio de uma

Rede de STHs (contendo um número “q” de *Stakeholders*). A Modelagem STH/SD propõe que cada *Stakeholder* (STH) mapeado seja representado por uma célula de estoques de atributos (denominada célula de modelagem STH/SD). Cada célula de modelagem STH/SD será composta por “N” estoques de atributos. Esses atributos são referentes a cada STH e devem, necessariamente, caracterizá-lo.

Os planos de *Stakes* podem ser distintos ou podem se comunicar entre si, sendo que nos pontos de interseção podem existir *Stakes* que são comuns aos planos em interseção. O objetivo principal de se esboçar o sistema utilizando planos de *Stakes* é capturar do sistema seus *Stakes* mais relevantes, explicitá-los e organizá-los em superfícies. Esses *Stakes* serão equacionados e utilizados para fazer o enchimento e o dreno dos estoques de atributos, ou seja, os *Stakes* influenciarão nos fluxos “in” e “out” dos estoques de atributos dos STHs.

No exemplo da Figura 5.1 o Plano-1 foi mapeado hipoteticamente com “J” *Stakes* (*Stake* 1.1, ... *Stake* 1.J), o Plano-2 com “K” *Stakes*, o Plano-3 com “L” *Stakes* e o Plano-n foi mapeado com “M” *Stakes*. Observar que o Plano-n possui 2 de seus *Stakes* comuns à outros planos (Plano1 e Plano 3). Pode-se mapear tantos planos e *Stakes* quanto se queira, entretanto, existe uma relação direta entre o número de planos (e *Stakes*) e a complexidade do modelo a ser gerado.

Caso o sistema complexo e dinâmico a ser modelado fosse o PEB, os Planos da Figura 5.1 poderiam ser nominados, por exemplo, como Legislação (contendo os *Stakes* “Lei 8666”, “Lei de Informática”, etc.), *Facilities* (referindo-se à capacidade instalada), Orçamento, Contratos, etc..

O objetivo da célula de modelagem STH/SD é permitir que se represente o sistema e sua dinâmica por meio dos estoques de atributos de seus *Stakeholders* (STHs) mais relevantes. Esses estoques serão abastecidos e drenados dinamicamente e respectivamente por seus fluxos de entrada (in) e de saída (out). Esses fluxos serão equacionados utilizando-se os elementos capturados do próprio sistema.

Observar que é na célula de modelagem STH/SD que se materializa o *link* entre as duas áreas de conhecimento (STH & SD), pois, os elementos do sistema de STHs (p.ex.: seus *Stakes*) serão traduzidos/transformados nos elementos da modelagem SD (p.ex.: variáveis, constantes, fluxos e estoques).

Complementando o *Framework* da Figura 5.1, propõe-se também, o *Workflow* apresentado na Figura 5.2, onde se podem observar as etapas do processo de modelagem que combina a Teoria STH e a Metodologia SD. O *Workflow* contém três módulos que se comunicam recursivamente para permitir o refinamento dos elementos capturados em cada etapa da modelagem. No primeiro módulo, utiliza-se a teoria STH (FREEMAN, 1984; MITCHELL et al., 1997) para capturar os STHs mais relevantes do sistema, e suas atividades e atribuições.

O segundo módulo é composto pela tabela vinculante (Tabela STH/SD). Essa tabela é responsável por organizar e sintetizar os elementos do mundo STH (composto pelos *Stakeholders* e suas atividades) e do mundo SD (composto pelas variáveis, fluxos e estoques).

A Tabela STH/SD se atualiza ao se comunicar recursivamente com o módulo 1 e com o módulo 3 até que se produza uma tabela, a mais simples e representativa possível do sistema em análise.

A Tabela Vinculante (Tabela STH/SD) é outro diferencial deste trabalho de tese. É nesta tabela que se faz (se planeja) o vínculo entre a Teoria STH e a Metodologia SD. Mais especificamente, é durante o processo de “traduzir” as atividades dos STHs para os potenciais elementos da modelagem SD (constantes, variáveis, fluxos e estoques) que se faz o *link* entre as duas áreas do conhecimento (STH e SD).

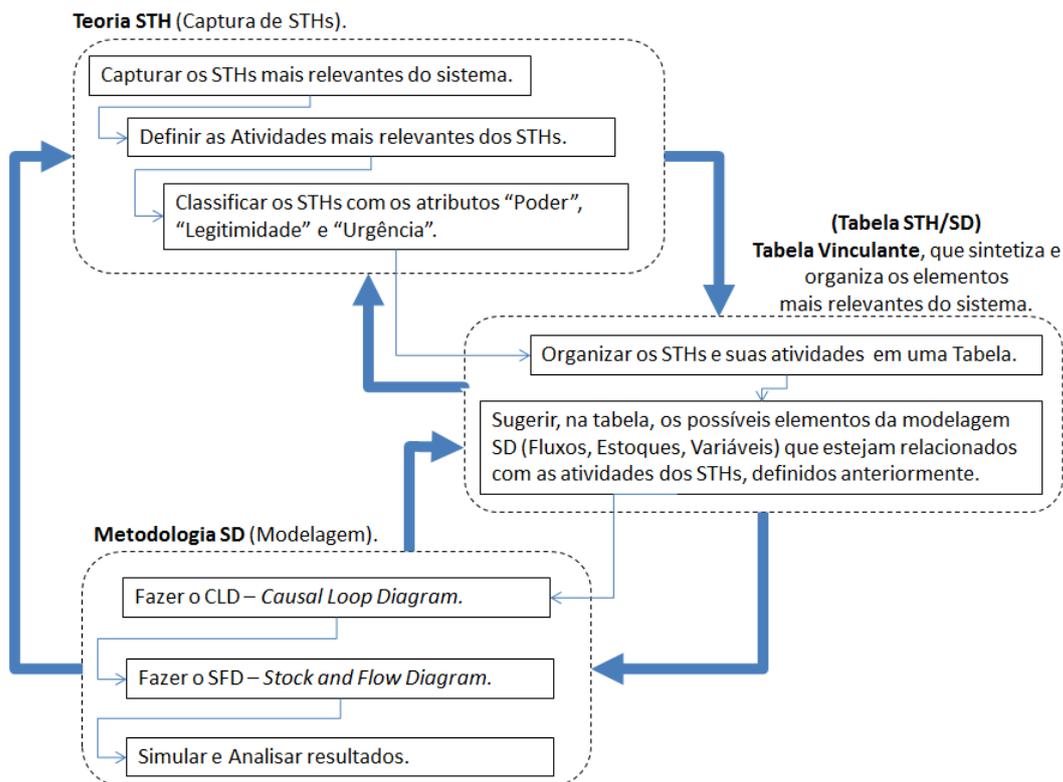
No módulo 3, utiliza-se a tabela STH/SD (na sua versão mais refinada possível) para construir os *Causal Loops Diagram* (CLD) e os *Stock and Flow Diagram* (SFD). A partir do SFD é possível gerar as equações matemáticas do sistema e finalmente simular seu comportamento.

Como foi dito anteriormente, o vínculo entre o mundo STH e o mundo SD se materializará quando se utilizar os atributos de cada STH como estoques de cada STH (o mecanismo de vínculo será a célula de modelagem STH/SD).

A lacuna dinâmica observada na teoria STH será preenchida na célula de Modelagem STH/SD. Pode-se explicar o preenchimento da lacuna da seguinte forma, se considerarmos que os atributos dos STHs mudam ao longo do tempo (são dinâmicos) e estão representados nos níveis dos estoques de cada STH e que, esta dinâmica está capturada nos CLDs e SFDs, podemos inferir que uma variação no atributo do STH é capturada no nível do estoque do modelo SD, conseqüentemente, o que acontece no mundo STH se refletirá no mundo SD.

O Workflow da Figura 5.2 é a segunda contribuição inovadora proposta por este trabalho de tese.

Figura 5.2 – Workflow para a Modelagem STH/SD.

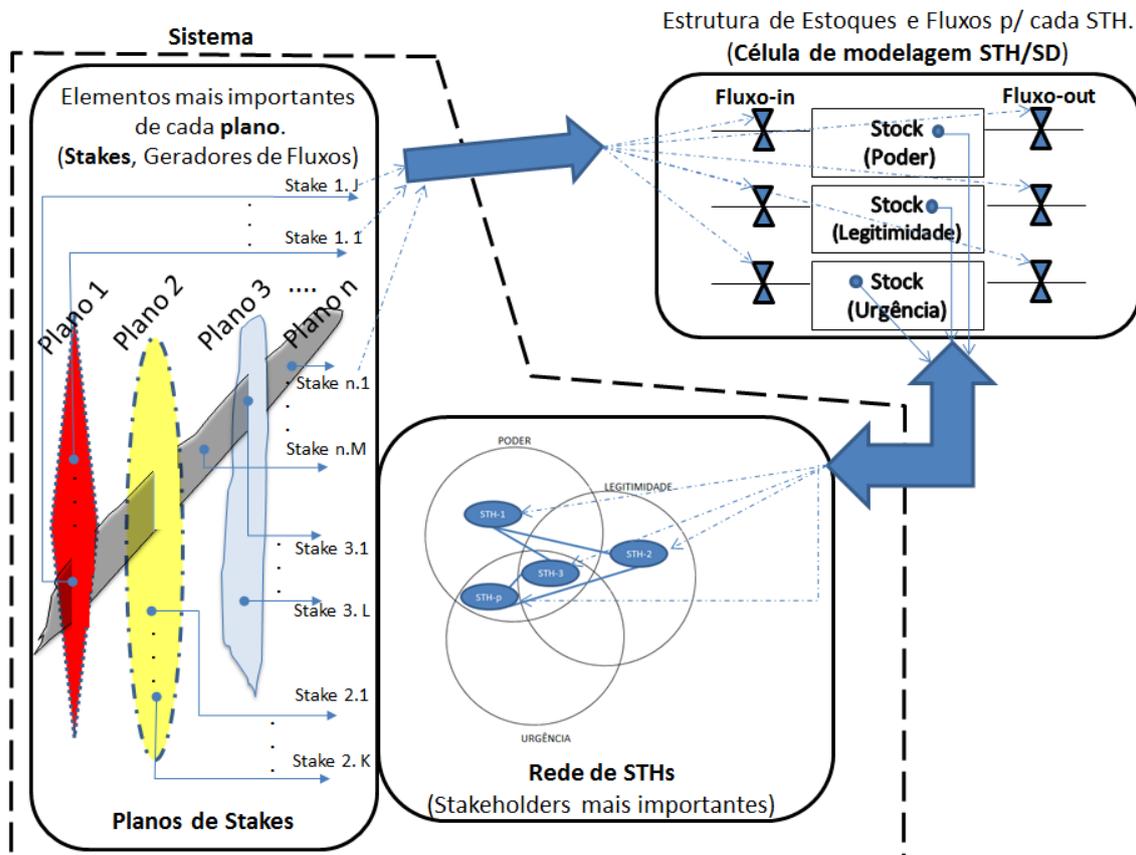


5.2. Combinando a Teoria Stakeholder (T. STH) e a metodologia System Dynamics (M. SD).

Baseando-se nas considerações feitas anteriormente, surgiu a ideia de particularizar o *Framework* Geral (mostrado na Figura 5.1) utilizando apenas 3 atributos e utilizar somente esses 3 atributos para construir a célula de modelagem STH/SD. O Novo *Framework* (ver Figura 5.3) utiliza somente os atributos Poder, Legitimidade e Urgência, sugeridos por MITCHELL et al. (1997), para caracterizar os STHs e modelar o sistema.

Apesar de particularizar o *Framework* Geral ficam mantidas as características da Metodologia STH/SD que permite combinar as duas áreas de conhecimento (STH & SD) com o intuito de mapear a dinâmica de funcionamento de um sistema complexo e composto por STHs.

Figura 5.3 – Novo *Framework* combinando as Teorias Stakeholder (T. STH) e a Metodologia System Dynamics (M. SD).



O Novo Framework (mostrado na Figura 5.3) é uma instância do Framework Geral. Ele é a terceira contribuição inovadora deste trabalho de tese.

Observar que no **Novo Framework**, a Célula de Modelagem STH/SD foi redesenhada, considerando somente os 3 atributos (o Poder, a Legitimidade e a Urgência), a Rede de STHs também foi redesenhada, considerando os 3 círculos de atributos de Mitchell et al. (1997). Ao particularizar o *Framework*, utilizando somente 3 atributos, espera-se produzir modelos mais “limpos/enxutos”, porém, representativos do sistema. Optou-se pela forma de classificação e seleção de STHs sugerida por Mitchell et al. (1997) devido ao reconhecimento que aquela forma de representação de sistemas de STHs tem (vide o número de citações e aplicações que utilizam aquele trabalho), devido à representatividade dos sistemas desenhados a partir dela e devido às considerações, feitas pelos autores, sobre as potenciais mudanças (dinamismo) dos STHs em função das mudanças de seus atributos.

A proposta do Novo *Framework* consiste em capturar, do sistema, os *Stakeholders* mais relevantes, utilizando a teoria *Stakeholder* (MITCHELL et al., 1997; DONALD; PRESTON, 1995) e esboçar sua rede de interconexão. Em seguida capturar, também do sistema, os elementos (*Stakes* – potenciais geradores de estoques e fluxos) capazes de influenciar nos atributos (poder, legitimidade e urgência) de cada *Stakeholder* e organizá-los em uma tabela e em planos distintos. Em seguida, conectar as 2 informações (a Rede de STHs e a Tabela/Planos de elementos) utilizando a “célula de modelagem STH/SD”. Na sequência, utilizar a metodologia SD (FORRESTER, 1961; STERMAN, 2000) para produzir o *causal loop diagram* (CLD) e o *stock and flow diagram* (SFD). Finalizar com a simulação e análise do comportamento dinâmico do sistema.

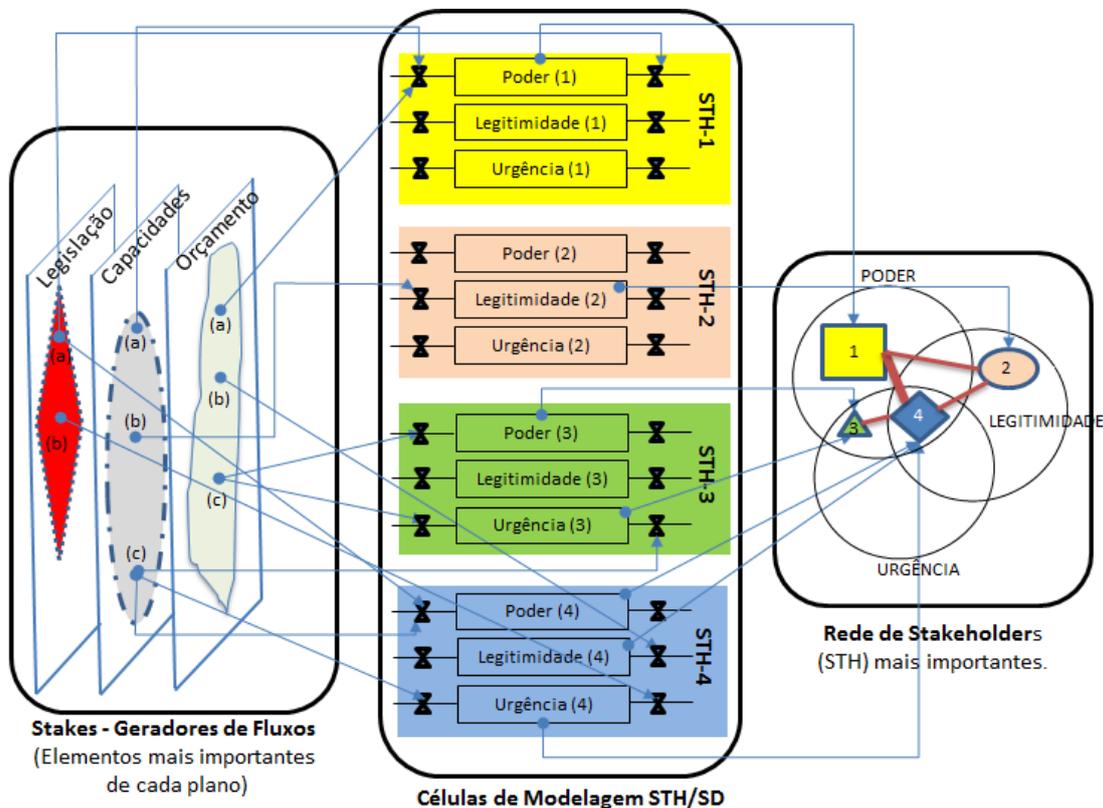
Observar que os fatores que contribuem para alterar o *status* dos *Stakeholders* vêm do próprio sistema (seguindo a sugestão de modelagem endógena de Forrester). Já a habilidade para capturar e/ou descartar os elementos e *Stakeholders* mais relevantes e de associá-los, fica a cargo do analista (ou projetista) do Modelo STH/SD e do grau de fidelidade e profundidade com que

se deseja modelar o sistema, conforme mencionado nos trabalhos de Freeman R. (1987); Mitchell et al. (1997); Sterman (2000).

5.3. Exemplo de Captura (parcial) da Dinâmica de um Sistema de STHs.

Para explicar com um pouco mais de detalhe a Metodologia STH/SD propõe-se aplicá-la para modelar um sistema hipotético, composto por uma rede de quatro STHs (1, 2, 3 e 4), conforme desenhado na Figura 5.4. Nela, encontra-se um esboço de um sistema particular (parcialmente dinâmico, pois, a quantidade de atributos de cada STHs é fixa).

Figura 5.4 – Exemplo de como modelar um sistema particular de STHs, utilizando o Novo Framework que combina a T. STH e a M. SD.



Analisando o sistema, hipotético e particular, desenhado na Figura 5.4, pode-se fazer as seguintes considerações (considerar que a Figura 5.4 é o resultado da captura dos elementos mais relevantes do sistema, feitos pelo projetista/analista, ou seja, sua diagramação poderia ser diferente se capturada por outro analista ao interpretar o mesmo sistema):

Quanto aos Planos:

- 1) Existem 3 planos distintos (não interconectados), com elementos (**Stakes**) capazes de influenciar nos atributos dos *Stakeholders* (STHs).
 - a. O plano Orçamentário.
 - i. Este plano possui 3 fontes de orçamento [(a), (b) e (c)].
 - b. O plano Capacidades (relacionado às instalações ou *expertise*).
 - i. Este plano possui 3 tipos específicos de capacidades [(a), (b) e (c)] (por exemplo, laboratórios, equipes de especialistas, know-how, etc.).
 - c. O plano Legal (referente às legislações que influenciam o sistema).
 - i. Este plano possui 2 legislações que interferem no sistema [(a) e (b)].

Quanto aos *Stakeholders* (STHs):

- 2) Existem 4 *Stakeholders* (STHs) no sistema. Representado por um quadrado (STH-1), um círculo (STH-2), um triângulo (STH-3) e um losango (STH-4).
- 3) Cada STHs é representado por 3 estoques (1 estoque de Poder, 1 estoque de Legitimidade e 1 estoque de Urgência) que serão preenchidos e/ou drenados respectivamente pelos fluxos “in” e “out”.
- 4) O enchimento e/ou dreno dos estoques de cada STH definirá a dimensão dos STHs nos círculos que representam (na Figura 5.4) a rede dos STHs mais relevantes do sistema.
- 5) Para o *Stakeholder* 1 (STH-1), representado na Figura 5.4 por um quadrado;
 - a. O estoque do atributo **Poder** é influenciado pelos elementos dos planos;
 - i. Orçamento e capacidades (no fluxo de entrada);
 - ii. Legislação (no fluxo de saída);
 - b. Não possui os atributos **Legitimidade** e **Urgência**.
 - i. Observar que, da forma como foi desenhado o diagrama da Figura 5.4, o STH-1 nunca **poderá** receber os atributos

“**Legitimidade**” e “**Urgência**”, restringindo sua capacidade de evoluir e/ou mudar de *status*, dentro do sistema.

- 6) Para o *Stakeholder* 2 (STH-2);
 - a. O estoque do atributo **Legitimidade** é influenciado pelos elementos do plano;
 - i. Capacidades (no fluxo de entrada);
 - ii. (Não possui o fluxo de saída).
 - b. Não possui os atributos **Poder** e **Urgência**.
- 7) Para o *Stakeholder* 3 (STH-3);
 - a. O estoque do atributo **Poder** é influenciado pelos elementos do plano;
 - i. Orçamento (no fluxo de entrada);
 - ii. (Não possui fluxo de saída).
 - b. O estoque do atributo **Urgência** é influenciado pelos elementos do plano;
 - i. Orçamento (no fluxo de entrada);
 - ii. Capacidades (no fluxo de saída);
 - c. Não possui os atributos **Legitimidade**.
- 8) Para o *Stakeholder* 4 (STH-4);
 - a. É o único STH do sistema que possui todos os três atributos. Logo, este STH recebe a classificação de *Stakeholder* definitivo.
 - b. O estoque do atributo **Poder** é influenciado pelos elementos do plano;
 - i. Legislação e capacidades (no fluxo de entrada);
 - ii. (Não possui o fluxo de saída).
 - c. O estoque do atributo **Legitimidade** é influenciado pelos elementos do plano;
 - i. Orçamento (no fluxo de saída);
 - ii. (Não possui o fluxo de entrada).
 - d. O estoque do atributo **Urgência** é influenciado pelos elementos dos planos;
 - i. Capacidades (no fluxo de entrada);
 - ii. Legislação (no fluxo de saída);

Quanto a Rede de Interconexões de STH, pode-se dizer que:

9) O STH-1;

- a. Possui mais **Poder** do que os demais STHs (devido sua dimensão e posição no diagrama).
- b. Não possui os atributos **Legitimidade** e **Urgência**.
- c. Interage com STH-2 e STH-4.
- d. Não interage com STH-3.

10) O STH-2;

- a. Possui tanta **Legitimidade** quanto STH-4, devido sua dimensão e posição no diagrama;
- b. Não possui os atributos **Poder** e **Urgência**.
- c. Interage com STH-1 e STH-4.
- d. Não interage com STH-3.

11) O STH-3;

- a. Possui os atributos **Poder** e **Urgência**;
- b. Não possui o atributo **Legitimidade**.
- c. É o menos robusto dos *Stakeholders* (devido sua dimensão).
- d. Interage somente com STH-4.

12) O STH-4;

- e. Possui os atributos **Poder**, **Legitimidade** e **Urgência**.
- f. Possui tanta **Legitimidade** quanto STH-2, devido à sua dimensão.
- g. Interage com STH-1, STH-2 e STH-3.

É importante salientar que o número de planos e elementos mapeados dependerá da representatividade que se deseja para o modelo e da *expertise* do analista (ou projetista) em capturá-los e/ou descartá-los. Tanto os planos, quanto os *Stakeholders* (STH) e a rede de interconexão, podem se alterar ao longo do tempo, devido à dinâmica do sistema.

Outra forma de se representar e visualizar o que ocorre na Figura 5.4 é por meio do mapeamento de seus elementos em forma de tabela, conforme pode ser visto na Tabela 5.1 a seguir.

Na Tabela 5.1 cada *Stakeholder* (STH1, STH2, STH3 e STH4) é classificado, pelo analista, com um ou mais dos atributos “Poder (P)”, “Legitimidade (L)” e “Urgência (U)”, os planos (Orçamento, Capacidade, Legislação, etc.) são associados aos fluxos de entrada e de saída (seguindo o *Framework* da Figura 5.4). O objetivo dessa associação é mostrar que existe uma forma possível de mapear e organizar os planos (elementos e/ou variáveis do sistema) relacionando-os com os estoques de atributos. Na prática o que se procura fazer é mapear/capturar no sistema o que ocorre (ou poderia ocorrer) com os estoques quando os planos (elementos e/ou variáveis do sistema) são alterados. Observar que como o fluxo depende dos elementos do sistema (Planos e *Stakes*), ao se alterar um elemento do sistema altera-se o fluxo (abrindo-o ou fechando-o), conseqüentemente, os estoques de atributos (elementos da Modelagem SD) serão igualmente alterados. Isto ficará mais claro quando a Metodologia STH/SD for aplicada a um estudo de caso (ver detalhes no capítulo 6).

Outra observação importante é a de que a Tabela 5.1 permite checar a coerência do sistema, ou seja, alguns estoques possuem fluxo de entrada, porém, não possuem fluxo de saída. Isto permite que o analista verifique a coerência, a correlação e a representatividade do “Sistema x Modelo”.

Conforme explicado por Sterman (2000), durante o processo de modelagem a habilidade ou *expertise* do analista será decisiva para identificar e ajustar as fronteiras do sistema e para capturar as variáveis endógenas e as mais relevantes, capazes de representá-lo. A Tabela 5.1 pode auxiliá-lo neste processo de prospecção.

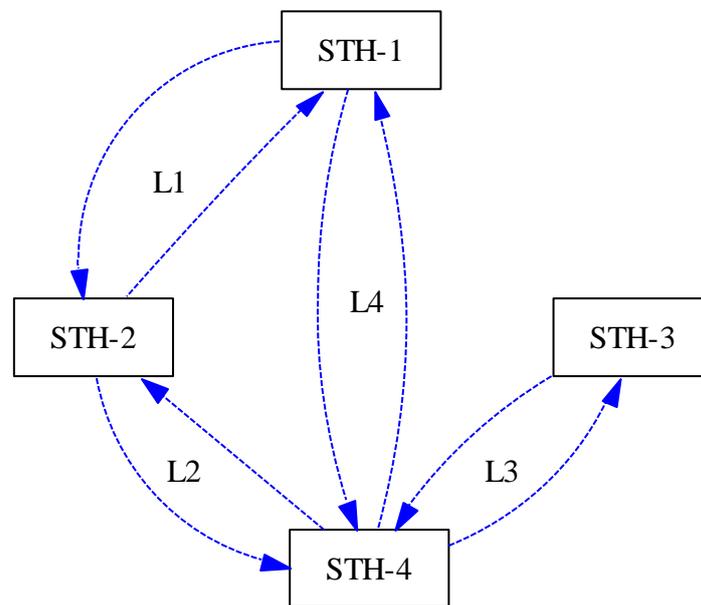
Tabela 5.1 – Vinculando “Stakeholders & Atributos & Estoques & Fluxos.”

		Possíveis elementos do sistema de STHs que influenciam nos fluxos de cada estoque.	
Stakeholders	Estoque & Atributos	Fluxo de Entrada	Fluxo de Saída
STH-1	Poder-1	Orçamento (a), Capacidades (a)	Legislação (a)
	Legitimidade-1		
	Urgência-1		
STH-2	Poder-2		
	Legitimidade-2	Capacidades (b)	
	Urgência-2		
STH-3	Poder-3	Orçamento (c)	
	Legitimidade-3		
	Urgência-3	Orçamento (c)	Capacidades (c)
STH-4	Poder-4	Legislação (a), Capacidades (c),	
	Legitimidade-4		Orçamento (b)
	Urgência-4	Capacidades (c),	Legislação (b)

5.3.1. Construção dos Diagramas CLDs e SFDs.

Para exemplificar como os *Causal Loops Diagrams* (CLDs) e os *Stock and Flow Diagrams* (SFDs), oriundos da Figura 5.4, podem ser construídos, aplicando-se a Metodologia STH/SD, utiliza-se a rede de *Stakeholders* (STHs) conforme desenhada na Figura 5.5. Observar que a Figura 5.5 é uma representação possível para o CLD do sistema e está em conformidade com a Rede de Stakeholders (STHs mais relevantes) mostrada na Figura 5.4.

Figura 5.5 – CLD-1 “Stakeholders mostrados na Figura 5.4”.



Obs.: Esboço da Rede de STHs vista na Figura 5.4.

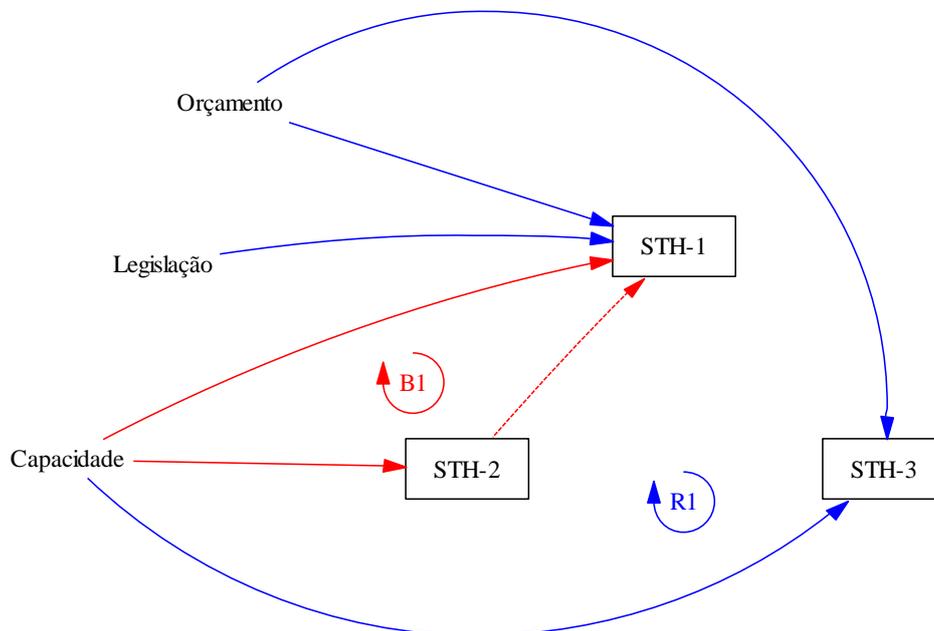
No *Causal Loop Diagram* mostrado na Figura 5.5 pode-se ver os Loops (L) de interação entre os *Stakeholders*. O loop L1 representa a interação entre os *Stakeholders* STH-1 e STH-2, o loop L2 entre os STH-2 e STH-4 e assim por diante.

O CLD-1 da Figura 5.5 é um Esboço da Rede de *Stakeholders* (STHs) e pode ser detalhado de várias formas. Sugere-se iniciar o detalhamento do CLD-1 construindo um segundo diagrama (CLD-2), considerando, num primeiro momento, somente 3 STHs no sistema, para facilitar o processo de modelagem. Posteriormente, acrescentam-se os demais STHs dando sequência, de forma incremental, ao processo de modelagem.

Outra consideração importante é quanto à influência que um STH exerce em outro STH. Da forma com está desenhado na Figura 5.5, o fluxo de interação entre os STHs é bidirecional, entretanto, para efeito de simplificação, faz-se a modelagem admitindo somente uma direção para o fluxo de interação entre os STHs.

Assim, considerando somente os *Stakeholders* STH-1, STH-2 e STH-3 desenha-se o CLD-2 conforme mostrado na Figura 5.6. O CLD-2 foi construído utilizando os elementos “Orçamento”, “Capacidade” e “Legislação” (linhas contínuas) e os loops relativos à rede de STH (linhas pontilhadas). O CLD-2 está em conformidade com as elementos e fluxos da Tabela 5.1 e com os loops da Figura 5.5. Observar que no CLD-2, os elementos do sistema (Orçamento, Capacidade e Legislação) foram transformados/traduzidos nos elementos/variáveis da modelagem SD (Orçamento, Capacidade e Legislação).

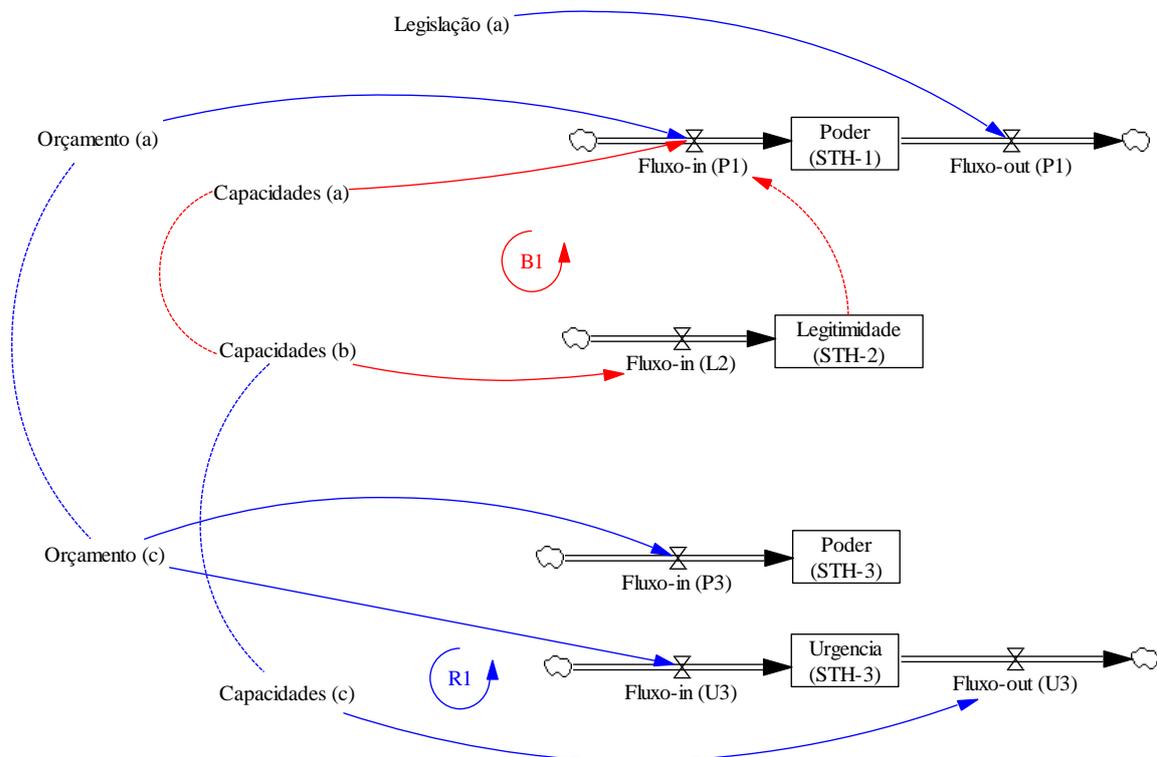
Figura 5.6 – CLD-2, exemplo de diagrama causal considerando os *Stakeholders* STH-1, STH-2 e STH-3 (vistos na Figura 5.4) e os elementos/variáveis da Tabela 5.1.



No CLD-2 a interação entre os STHs ocorre com o STH-2 influenciando o STH-1 (fluxo unidirecional). O CLD-2 possui 2 loops causais (um loop Balanceado⁴⁹ B1 e um loop reforçado R1). Sobre as rotas, o loop B1 segue a seguinte rota (Capacidade → STH-2 → STH-1 ← Capacidade), o loop R1 segue a seguinte rota: (Capacidade → STH-3 ← Orçamento → STH-1 ← Capacidade). O loop B1 foi destacado em vermelho para facilitar sua visualização.

O CLD-2 permite que se construa o SFD-1, desenhado na Figura 5.7. As linhas pontilhadas mostram os fluxos relacionados à rede de STHs, observar que STH-2 interage com STH-1 (fluxo unidirecional). Observar também que no SFD-1 os elementos/variáveis (Orçamento, Capacidade e Legislação) foram desmembrados (conforme aparecem na Tabela 5.1) e os Loops B1 e R1 foram explicitados (conforme aparecem no CLD-2). Observar que a rota dos loops B1 e R1 estão igualmente representadas nos dois diagramas CLD-2 e SFD-1.

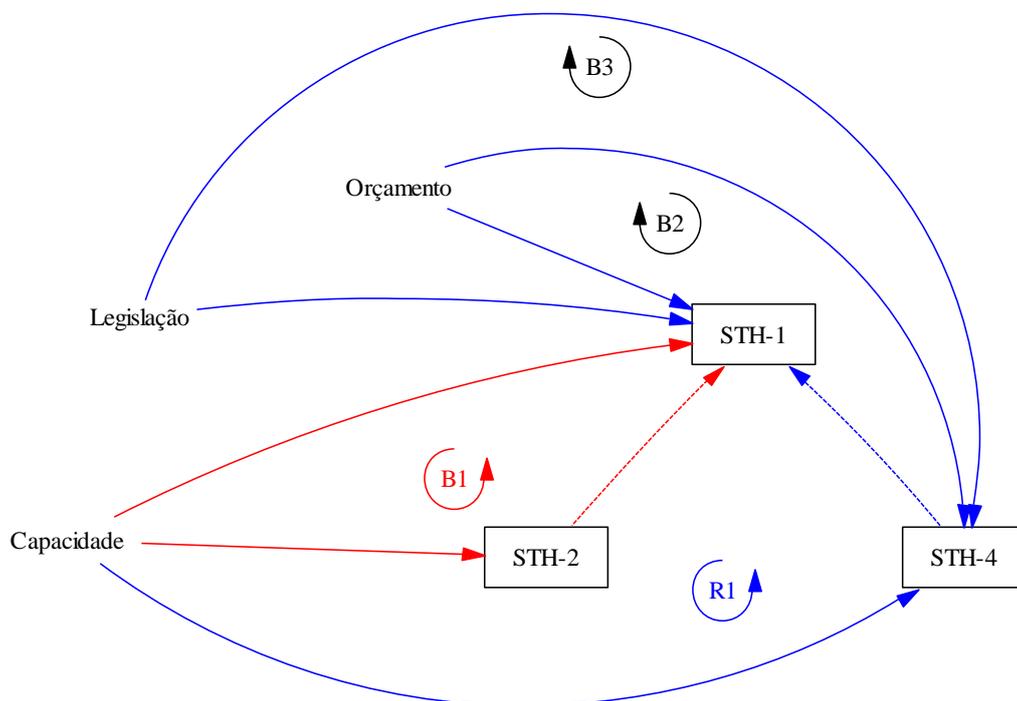
Figura 5.7 – SFD-1 (Baseado no CLD-2 e na Tabela 5.1)



⁴⁹ Loop Balanceado e Loop reforçado: ver definições no item 4.6.1 sobre diagramas CLDs.

Caso se opte por omitir o STH-3 dos CLD-1 e CLD-2 e se inicie a modelagem usando os *Stakeholders* STH-1, STH-2 e STH-4, produz-se um diagrama diferente, conforme mostrado no CLD-3 da Figura 5.8. Também ali, os loops causais são representados por meio de linhas contínuas (para as variáveis) e linhas pontilhadas (para a rede de STHs). No CLD-3 existem 4 loops causais (3 loops balanceados e 1 loop reforçado).

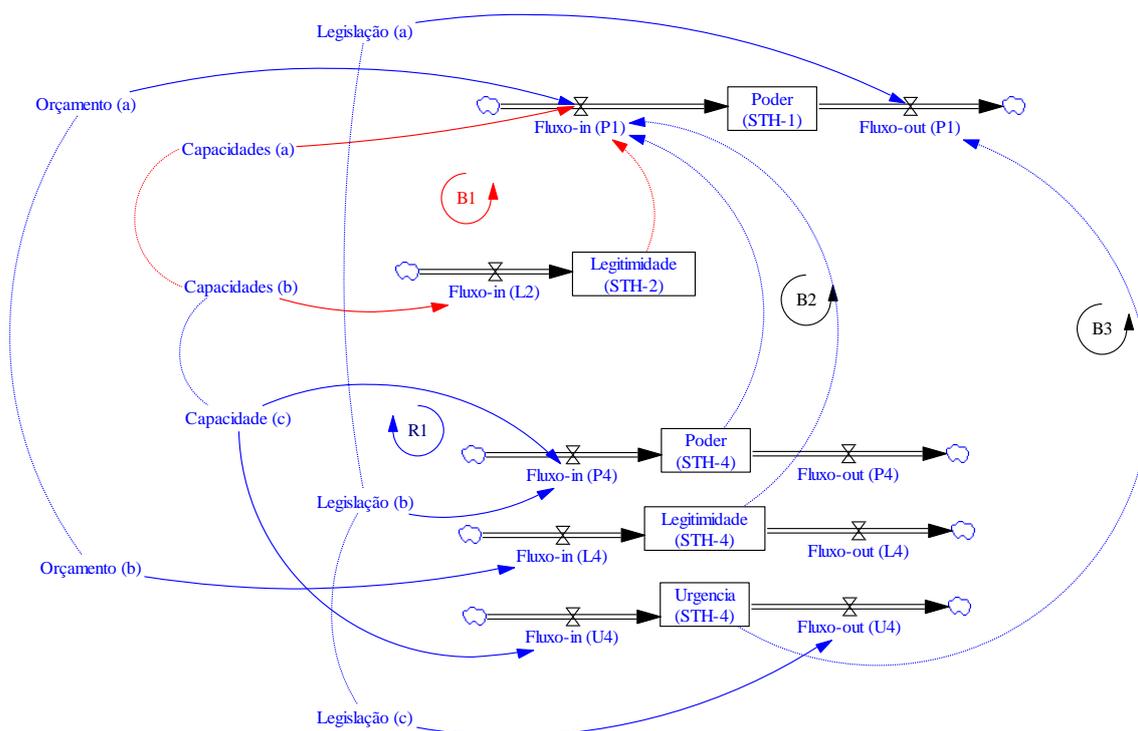
Figura 5.8 – CLD-3, exemplo de diagrama causal considerando os *Stakeholders* STH-1, STH-2 e STH-4 e os elementos/variáveis da Tabela 5.1.



As rotas dos 4 loops causais de CLD-2 estão assim configuradas: para o loop B1 (Capacidade → STH-2 → STH-1 ← Capacidade), para o loop R1 (Capacidade → STH-4 ← Legislação → STH-1 ← Capacidade), para o loop B2 (Orçamento → STH-4 → STH-1 ← Orçamento) e para B3 (Legislação → STH-4 → STH-1 ← Legislação).

Do CLD-3 pode-se construir o SFD-2, mostrado na Figura 5.9. Observar que as variáveis (Orçamento, Capacidade e Legislação) foram desmembradas (conforme aparecem na Tabela 5.1) e os Loops B1, B2, B3 e R1 estão explicitados no SFD-2.

Figura 5.9 – SFD-2 (Detalhamento do CLD-3).



Com as considerações feitas nos diagramas CLD-3 e SFD-2 desenha-se um novo diagrama, o CLD-4 que considera os 4 STHs mostrados anteriormente na Figura 5.5. Os loops de CLD-4 foram também mapeados de acordo com a Tabela 5.1. Mais uma vez, representou-se os *links* de interação entre STHs (devido à rede de STHs) como sendo unidirecionais (ver as linhas pontilhadas em CLD-4).

O CLD-4, mostrado na Figura 5.10, possui 3 novos loops causais, 2 loops balanceados (B4 e B5) e um loop reforçado (R2). As rotas dos novos loops ficam definidas da seguinte forma: loop B4 (Orçamento → STH-3 ← STH-4 ← Orçamento), loop B5 (Capacidade → STH-4 ← STH-2 ← Capacidade) e o loop R2 (Capacidade → STH-3 ← Orçamento → STH-1 ← Capacidade).

Do CLD-4 pode-se produzir o SFD-3, mostrado na Figura 5.11. Observar que os elementos/variáveis (Orçamento, Capacidade e Legislação) foram desdobradas (conforme aparecem na Tabela 5.1) e os Loops B1, B2, B3, B4, B5, R1 e R2, com suas respectivas rotas, estão igualmente representados nos diagramas CLD-4 e SFD-3.

Figura 5.10 – CLD-4, exemplo de diagrama causal considerando todos os 4 Stakeholders da Figura 5.5 e os elementos/variáveis da Tabela 5.1 .

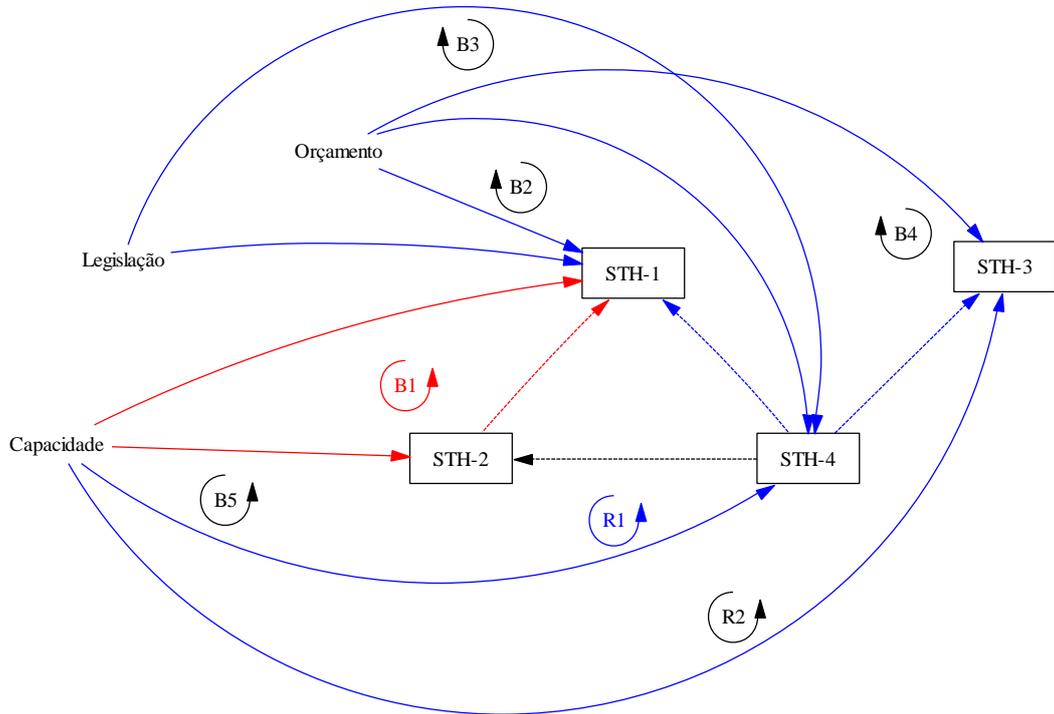
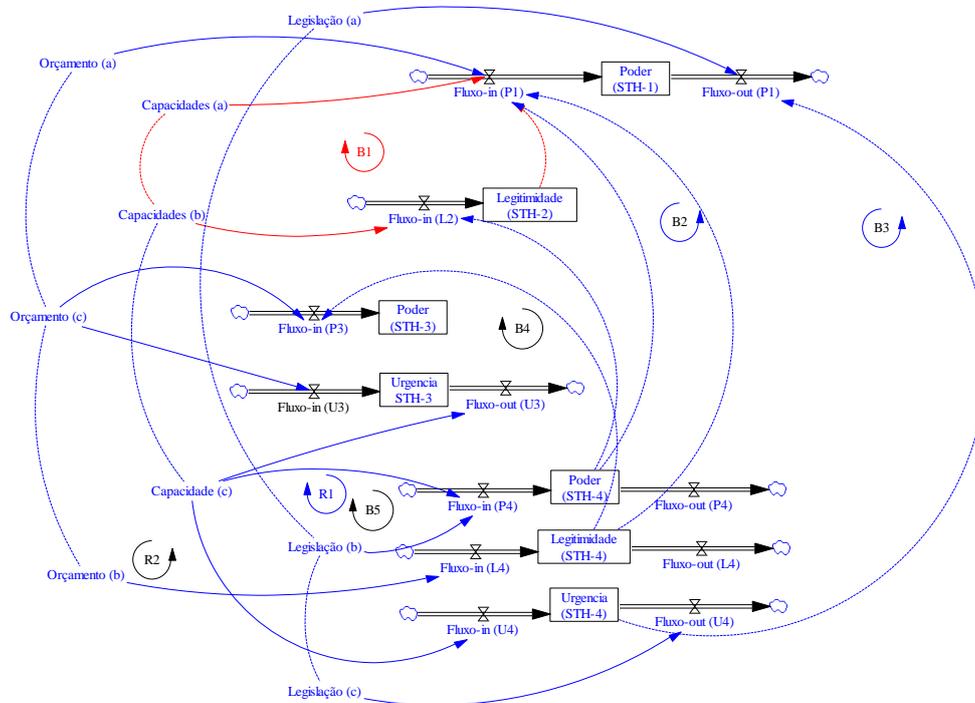


Figura 5.11 – SFD-3 (Detalhamento do CLD-4)



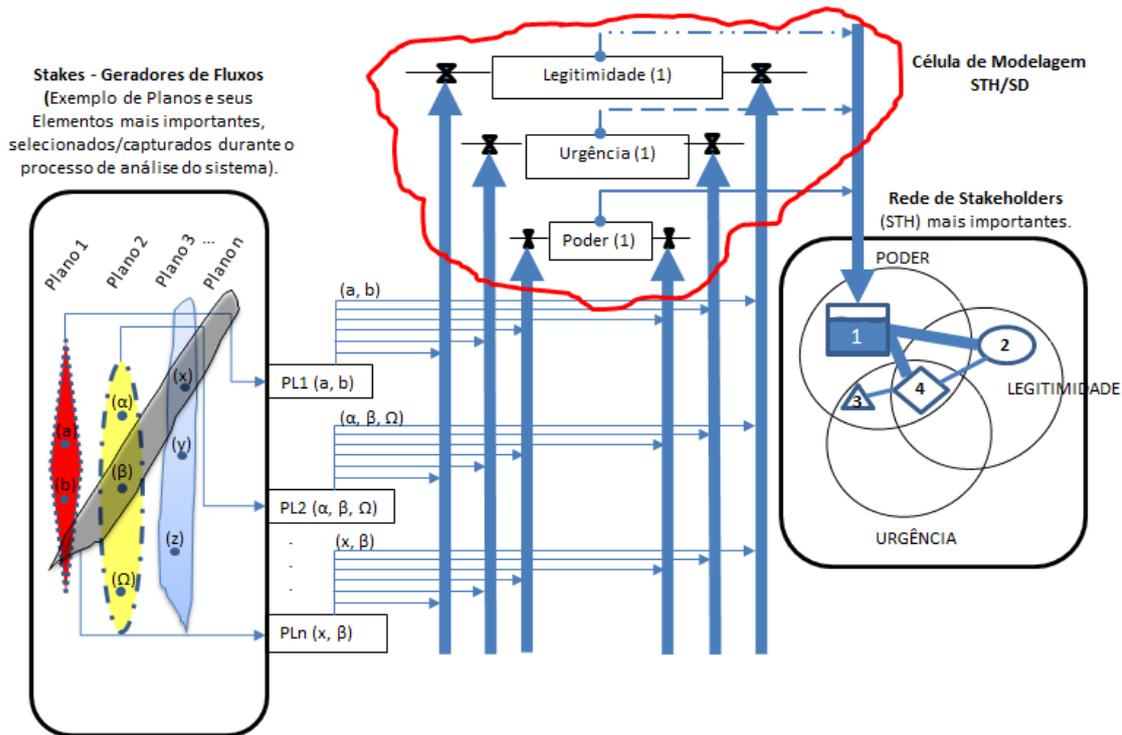
O SFD-3 poderia ser ainda mais detalhando acrescentando-se ao diagrama os fluxos de interações bidirecionais, oriundos da rede de STHs, entretanto, entende-se que o objetivo deste item foi cumprido, pois, o que se deseja é deixar evidente que é possível mapear a rede de STHs utilizando seus atributos (poder legitimidade e urgência) como estoques e utilizar os elementos do sistema de STHs (p. ex. orçamento, capacidade e legislação) como parâmetros (variáveis) que influenciam os fluxos, que por sua vez, aumentam ou drenam o nível dos estoques.

5.4. Captura da Dinâmica de um Sistema de STHs (célula genérica de modelagem STH/SD).

O *Framework* apresentado anteriormente na Figura 5.4, aplicava-se a um caso específico, pois, os STHs representados ali não admitem outros atributos além daqueles ligados (*links*) com seus respectivos estoques. Ou seja, usando como referência o *Stakeholders* STH-1 da Figura 5.4, pode-se constatar que não há *links* para seus estoques de legitimidade e urgência (sinalizando que o STH-1 não possui estes atributos), isto o impede de mudar, dinamicamente, para outras regiões dos círculos de atributos, mesmo que em algum instante de tempo o STH-1 ganhe tais atributos. Assim deve-se ajustar o *Framework* mostrado na Figura 5.4 para torná-lo um *Framework* capaz de garantir que todos os STHs do sistema possam assumir qualquer um dos três atributos, ou combinações de atributos, em qualquer instante de tempo.

A Figura 5.12 mostra como seria possível mapear todos os *Stakes* (oriundos dos planos de *Stakes*) de tal forma a permitir que eles influenciem nos fluxos (*in e/ou out*) dos estoques de atributos (poder, legitimidade e urgência) para um STH genérico (p.ex. para o STH-1, representado por um quadrado nos círculos de atributos da Figura 5.12).

Figura 5.12 – *Framework* STH/SD dinâmico, representativo da modelagem STH/SD.



Obs1: Exemplo de uma célula genérica de captura da dinâmica de enchimento e dreno dos estoques de atributos do *Stakeholder 1* (STH-1).

Obs2: Exemplo de captura de *Stakes* [(a,b); (α, β, Ω); (x,y,z); ... (x, β)], geradores de fluxos e estoques, responsáveis por originar os atributos do *Stakeholder 1* (STH-1).

Para modelar todos os *Stakeholders* do sistema, a Célula de Modelagem STH/SD, proposta na Figura 5.12, deverá ser igualmente replicada para todos os STHs presentes no modelo. Quando se faz referência a todos os *Stakeholders* (STHs) do sistema ou a todos os elementos do sistema (*Stakes*) faz-se alusão somente àqueles que foram capturados pelo analista como os mais relevantes e pertinentes para compor o modelo.

Para que o modelo represente a dinâmica dos STHs será necessário que todos os fluxos e estoques sejam equacionados, mesmo aqueles que não influenciam o sistema no instante da captura (os estoques e fluxos que não influenciam o sistema, no momento da captura, serão iniciados com valor igual a zero). Dessa forma pode-se preparar o modelo para situações de ganho ou perda de qualquer dos três atributos e conseqüentemente para mudanças de configuração na rede de interconexão de STHs.

Quanto à dinâmica ou mudança nas interconexões dos STHs, o que se adotou, para este *Framework* (nominado *Framework* STH/SD), é o que foi proposto por GROSSI (2003). Segundo aquele autor, as características das interações (ou rede de STHs) são indiretamente capturadas pela quantidade e magnitude dos atributos que cada STH possui.

Quanto à dinâmica dos planos [geradores de *Stakes*: (a,b); (α , β , Ω); (x,y,z); ... (x, β)], estes sim precisam ser “congelados” em um determinado estado. Ou seja, o analista deverá ser capaz de eleger os “*Stakes* e os *Stakeholders*” mais relevantes e, em função destes, gerar o modelo. Observar que na Figura 5.12 foram explicitados “n” planos de elementos capazes de influenciar o sistema (PL1, PL2, PL3, até PLn). Conforme mostrado nos exemplos anteriores, os planos podem se interceptar e podem existir *Stakes* comuns aos planos em interseção.

O *Framework* STH/SD da Figura 5.12 é uma instância do *Framework* Geral mostrado na Figura 5.1, ele é a quarta contribuição inovadora que este trabalho de tese propõe. O *Framework* STH/SD mostra:

- 1) O plano de elementos (*Stakes*) capturados do sistema;
 - a. Esses elementos são os potenciais geradores de fluxos, capazes de influenciar nos estoques de atributos dos *Stakeholders*.
 - 2) A rede de interconexão de *Stakeholders* (STHs);
 - a. Circunscrita nos círculos de atributos de MITCHELL et al. (1997).
 - 3) A célula dinâmica de captura e geração de atributos;
 - a. Que deverá ser replicada para todos os *Stakeholders* (STHs) que farão parte do modelo.
- OBS: No caso da Figura 5.12 somente a célula do STH-1 foi representada.

5.5. A Nova Metodologia STH/SD (*Framework + Workflow*).

A nova **Metodologia STH/SD** (sintetizada no *Workflow* da Figura 5.2 e nos *Frameworks* das Figuras 5.1 e 5.3 e 5.12) idealizada ao se combinar a teoria STH e a metodologia SD, pode ser aplicada à modelagem e simulação de sistemas complexos. Sua implementação tem os seguintes passos:

- 1) Fazer um esboço/diagrama do sistema;
 - a. Esboçar os possíveis *Stakes* e Planos do sistema;
 - b. Esboçar a Rede de *Stakeholders* do sistema.
- 2) Elaborar a Tabela STH/SD contendo os STHs que compõem o sistema;
 - a. Classificar os STHs com os atributos Poder, Legitimidade e Urgência;
 - b. Destacar os STHs mais relevantes do sistema e redesenhar a rede considerando apenas estes STHs;
 - c. Listar na Tabela STH/SD, os principais objetivos dos STHs mais relevantes (relacionar com os Planos de *Stakes*);
 - d. Listar na Tabela STH/SD, as principais atividades dos STHs mais relevantes (relacionar com os objetivos e com os Planos de *Stakes*);
 - e. Sugerir possíveis elementos da modelagem SD (fluxos e variáveis) que podem representar (traduzir) as atividades de cada STH listado na tabela.
 - f. Idealizar 3 tipos de estoques para cada STH mapeado.
 - i. Os 3 estoques devem corresponder aos atributos Poder, Legitimidade e Urgência, de cada STH.
 - ii. Os demais elementos da Tabela STH/SD serão utilizados (equacionados) como fluxos, para abastecer “in” ou drenar “out” os 3 estoques.

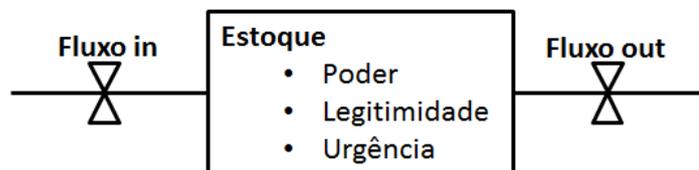
Obs.: Todos os cuidados sobre “captura e descarte de *Stakeholders* e das variáveis” e sobre a “definição das fronteiras do sistema”, conforme salientado respectivamente por Mitchell (1997); Sterman (2000), devem ser observados durante a construção da tabela STH/SD (detalhes, dos conceitos que

envolvem a teoria STH e SD foram apresentados nos capítulos 3 e 4 deste trabalho de tese).

- 3) Baseado na tabela STH/SD e nos dados capturados do sistema, retificar o esboço da rede de STHs;
- 4) A partir do esboço da Rede de STH e da tabela STH/SD elaborar o CLD.
- 5) A partir do CLD elaborar o SFD.

Obs.: O SFD deve ser idealizado com os estoques dos atributos poder, legitimidade e urgência para cada STH, conforme se vê na Figura 5.13.

Figura 5.13 – Exemplo de SFD gerado pela Metodologia STH/SD.



- 6) Fazer o equacionamento matemático.
 - a. Todos os estoques devem ser iniciados com um valor inicial. Ou seja, valor do estoque em t igual a zero.
- 7) Simular o sistema.

Na Tabela 5.2, a seguir, mostra-se a formatação (o Layout) das colunas e de uma das linhas da tabela de vinculação (Tabela STH/SD).

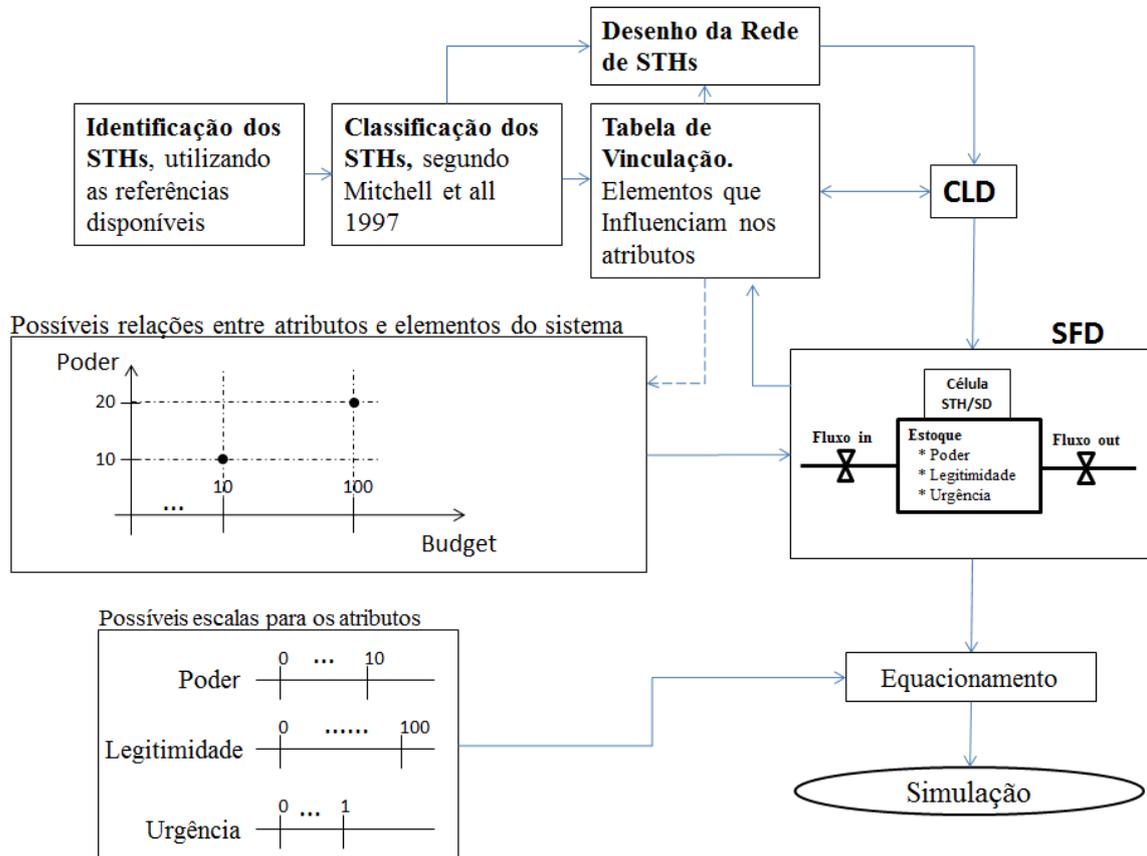
A tabela de vinculação, Tabela STH/SD (Tabela 5.2), é a quinta contribuição inovadora deste trabalho de tese.

Tabela 5.2 – Layout da Tabela de Vinculação (Tabela STH/SD)

STH	P	L	U	Principais <u>Objetivos</u> do SHT	Principais <u>Atividades</u> do STH.	<u>Poder</u> (O que confere ou interfere no Poder do STH?)	<u>Legitimidade</u> (O que confere ou interfere na Legitimidade do STH?)	<u>Urgência</u> (O que confere ou interfere na Urgência do STH?)
<p>Listam-se nessa coluna os Stakeholders (STHs) mais relevantes capturados do sistema.</p> <p>Em cada linha desta tabela haverá apenas um Stakeholder.</p>	<p>Marca-se com X a coluna “P” e/ou “L” e/ou “U” se o STH possuir, respectivamente, os atributos Poder, e/ou Legitimidade e/ou Urgência</p>	<p>Descreve-se nessa coluna uma síntese de quais são os <u>objetivos</u> do STH no sistema que se esta analisando.</p> <p>Observar que os objetivos são um indicador da ação do STH no sistema.</p>	<p>Descreve-se brevemente quais são as <u>atividades</u> do STH no sistema que se está analisando.</p> <p>Observar que esta coluna implica em capturar a <u>ação</u> do STH no sistema e nesta ação deverá estar implícita a <u>dinâmica do STH</u>.</p>	<p>Esta coluna trata do atributo <u>Poder</u>.</p> <p>Lista-se nessa coluna o que poderá contribuir para crescer e/ou suprimir <u>Poder</u> do STH.</p> <p>Observar que crescer e/ou suprimir estarão diretamente relacionado com a <u>ação</u> do STH e conseqüentemente com os fluxos que farão respectivamente o enchimento e o dreno do <u>Estoque de Poder</u> do STH.</p> <p>Desta coluna emergirão as variáveis que serão equacionadas para abrir ou fechar os fluxos dos estoques.</p>	<p>Faz-se nesta coluna o equivalente ao da coluna à esquerda substituindo o atributo Poder por <u>Legitimidade</u>.</p>	<p>Faz-se nesta coluna o equivalente ao da coluna à esquerda substituindo o atributo Legitimidade por <u>Urgência</u>.</p>		

A Figura 5.14 mostra como proceder para executar a Metodologia STH/SD. Nela, podem-se observar possíveis formas de ajustar os valores (as escalas) dos atributos ou ainda possíveis formas de relacionar os atributos, de cada STH, com os elementos do sistema.

Figura 5.14 – Forma de implementar a Metodologia STH/SD.



Com a Figura 5.14 é possível entender as atividades envolvidas no *Workflow* e nos *Frameworks* que representam a Metodologia STH/SD. Primeiro selecionam-se, do sistema, quais são seus STHs. Faz-se um primeiro esboço da rede de STHs deste sistema. Faz-se uma classificação destes STHs, utilizando os atributos (poder, legitimidade e urgência). Faz-se uma seleção dos STHs mais relevantes, usando seus atributos. Em seguida, faz-se uma retificação do esboço da rede de STHs do sistema. Constrói-se uma tabela de vinculação, contendo a lista dos STHs mais relevantes, seus atributos, seus objetivos e suas atividades dentro do sistema. A tabela de vinculação também deve conter uma sugestão de tradução dos elementos do sistema (Planos e *Stakes*) em elementos da

modelagem SD (variáveis, fluxos e estoques). Com a tabela de vinculação criam-se os CLDs, os SFDs (desenhados utilizando-se a Célula de Modelagem STH/SD) e faz-se o equacionamento matemático do modelo. Em seguida determinam-se os valores iniciais dos elementos do sistema (das constantes, das variáveis e dos estoques). Faz-se finalmente a simulação do modelo do sistema

A consequência do fluxo de atividades mostrados na Figura 5.14 é a simulação do modelo, cujo resultado mostra um possível cenário funcional para aquele sistema.

6 ESTUDO DE CASO: USANDO A METODOLOGIA STH/SD PARA MODELAR O PEB.

6.1. Introdução.

Neste capítulo aplica-se a **Metodologia STH/SD** em um estudo de caso que utiliza como sistema a ser modelado uma representação parcial do Programa Espacial Brasileiro (PEB).

É importante salientar que o PEB é um programa estratégico do governo brasileiro com aproximadamente 50 anos de existência e com inúmeros parâmetros e *Stakeholders* (STHs). O exercício de simulação, efetuado neste item, é uma síntese, um esboço de como o sistema PEB poderia ser parcialmente modelado e de como poderia ser analisada a dinâmica de funcionamento da sua estrutura organizacional.

Ressalta-se que o objetivo principal dessa simulação é aplicar a **Metodologia STH/SD** e verificar seu potencial para modelar um sistema complexo. Não é objetivo deste estudo de caso modelar fielmente o PEB, pois, isto exigiria um grande esforço para capturar com fidelidade seus STHs, suas interconexões e as variáveis que agem no sistema (dado à complexidade do PEB). Isto nos desviaria, neste momento, do objetivo principal deste estudo de caso, que é avaliar a metodologia proposta neste trabalho de tese de doutorado.

Vale esclarecer, entretanto que, em trabalhos futuros, o autor pretende explorar, com a devida profundidade, como a nova Metodologia STH/SD poderia modelar com maior fidelidade o PEB. Não obstante, mesmo considerando que os modelos produzidos neste item sejam versões simplificadas do sistema real, entende-se que tais modelos podem ser uma contribuição valiosa no processo de mapeamento das células e moléculas básicas que compõem o modelo completo e dinâmico do PEB.

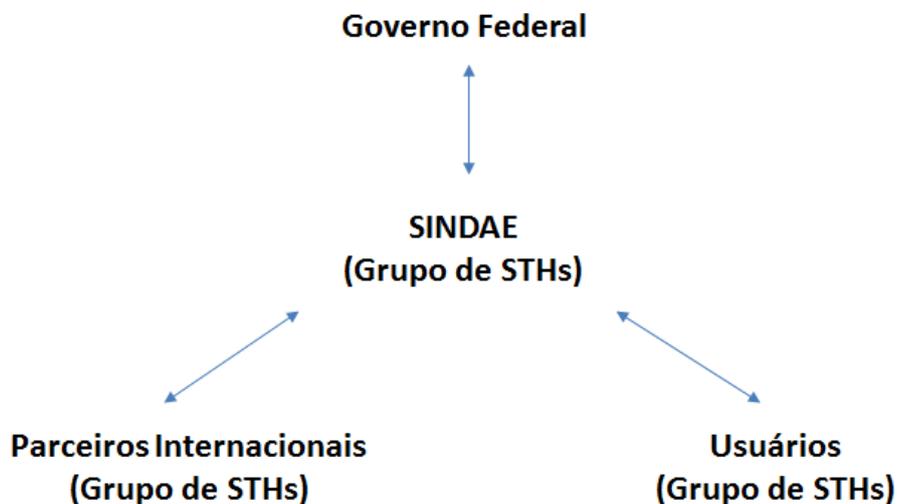
Ressalta-se ainda que a referência JATM⁵⁰ traz as primeiras tentativas feitas pelo autor desta tese, no sentido de modelar parcialmente o PEB utilizando os conceitos abordados neste trabalho de tese.

No capítulo 2, deste trabalho de tese, apresenta-se, de forma resumida, um *overview* do PEB, destacando sua evolução histórica e os principais elementos que constituem sua estrutura organizacional, seus ativos e passivos patrimoniais. As referências usadas no capítulo 2 e as lições aprendidas com o artigo JATM serão utilizadas neste capítulo para esboçar o sistema PEB.

Os detalhes sobre o equacionamento dos diagramas (CLDs e SFDs), mostrados neste capítulo, são apresentados no Apêndice A.

Assim, observando-se as considerações feitas anteriormente, pode-se dizer que o PEB poderia ser parcialmente representado pela rede de *Stakeholders* (STHs) vista na Figura 6.1.

Figure 6.1 – Representação dos principais STHs do sistema PEB.



⁵⁰ JATM: O autor e seu orientador submeteram em 2017 um artigo ao jornal Journal of Aerospace Technology and Management (JATM) que foi aceito e deverá ser publicado no ano de 2018. Título do artigo: “Towards the Brazilian Space Program modeling through the combination of Stakeholder Theory and System Dynamics Methodology”.

Observar que a Figura 6.1 é uma de várias representações possíveis para o PEB e depende da interpretação do analista do sistema, da profundidade e da abrangência com a qual se quer modelar o sistema.

Utilizando a **Metodologia STH/SD**, para modelar o sistema visto na Figura 6.1, constrói-se a Tabela 6.1, que contém uma lista dos STHs mais relevantes do sistema, bem como, uma classificação destes STHs com os atributos poder, legitimidade e urgência. Na Tabela 6.1 os STHs foram classificados (hipoteticamente e de acordo com a interpretação do analista) da seguinte forma: “Governo Federal” com 3 atributos (Poder + Legitimidade + Urgência), “SINDAE” com 3 atributos (Poder + Legitimidade + Urgência), “Usuários” com 2 atributos (Legitimidade + Urgência) e “Parceiros Internacionais” com 3 atributos (Poder + Legitimidade + Urgência).

Observar ainda que a classificação dos STHs, com mais ou menos atributos, faz parte do trabalho do analista do sistema (projetista da modelo STH/SD) durante o processo de prospecção dos STHs.

Tabela 6.1 – Definição e Classificação dos STHs do sistema.

Obs.: Classificação feita segundo a interpretação do analista.

Principais Stakeholders (STH) do sistema em análise (PEB)	Atributo Poder (P)	Atributo Legitimidade (L)	Atributo Urgência (U)
Governo Federal	x	x	x
SINDAE (Grupo de STHs)	x	x	x
Usuários (Grupo de STHs)		x	x
Parceiros Internacionais (Grupo de STHs)	x	x	x

Uma vez identificados e classificados os STHs do sistema, elabora-se a Tabela 6.2 que contém os mesmos elementos da Tabela 6.1 acrescidos dos principais objetivos e atividades dos STHs (conforme sugerido pela **Metodologia STH/SD**).

Tabela 6.2 – Principais Objetivos e Atividades dos *Stakeholders* (STHs) do PEB.

Stakeholders (STH) mais relevantes capturados do sistema PEB.	P	L	U	Principais Objetivos dos SHTs.	Principais Atividades dos STHs.
Governo Federal	x	x	x	<ul style="list-style-type: none"> • Consolidar o setor espacial dentro da economia Brasileira. • Manter o Brasil alinhado com os avanços tecnológicos mundiais produzidos na área espacial. 	<ul style="list-style-type: none"> • Prover recursos Financeiros. • Contingenciar Recursos Financeiros. • Garantir a continuidade e cadência dos projetos do PEB, com vistas a atender ao fluxo das demandas nacionais por produtos e serviços oriundos do setor espacial.
SINDAE (Grupo de STHs)	x	x	x	<ul style="list-style-type: none"> • Cumprir a PNDAE. • Elaborar o PNAE • Evitar a obsolescência e ociosidade da capacidade instalada (<i>Facilities</i>) nas instituições públicas e privadas brasileiras que atuam no PEB. 	<ul style="list-style-type: none"> • Gerir o PNAE. • Executar o PNAE. • Fortalecer e ampliar o SINDAE.
Usuários (Grupo de STHs)		x	X	<ul style="list-style-type: none"> • Ver suas demandas atendidas em Tempo, Custo e Qualidade. 	<ul style="list-style-type: none"> • Demandar Serviços e Produtos (Nacionais e/ou Internacionais), oriundos do Setor Espacial, que atendam suas necessidades.
Parceiros Internacionais (Grupo de STHs)	x	x	x	<ul style="list-style-type: none"> • Manter e ampliar os Negócios 	<ul style="list-style-type: none"> • Fornecedor Qualificado de produtos e serviços relacionados ao setor espacial (componentes, equipamentos, sistemas, laboratórios, Know-How, Recursos Humanos, etc.).

Legenda: Atributos (**P**: Poder, **L**: Legitimidade; **U**: urgência).
PNAE: Programa Nacional de Atividades Espaciais.
PNDAE: Política Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais.
SINDAE: Sistema Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais

Observar que a Tabela 6.2 deve ser a mais sintética possível com o objetivo de produzir, num primeiro momento, um modelo simplificado do sistema que posteriormente poderá ser expandido e detalhado. Destaca-se que a Tabela 6.2 é um exemplo possível de como o PEB pode ser representado.

Finalizada a Tabela 6.2, constrói-se a **tabela de vinculação (Tabela 6.3)** que deve conter os mesmos dados da Tabela 6.2, acrescidos, porém, das sugestões dos possíveis elementos, oriundos da modelagem SD (estoques, fluxos e variáveis), que **traduzam** as atividades dos STHs.

Para elaborar a Tabela 6.3 deve-se responder à seguinte pergunta: “O que pode adicionar(+) ou retirar(-) Poder, Legitimidade e Urgência dos STHs, quando estes procuram cumprir seus objetivos e executar suas atividades?”. Procura-se, por meio da resposta a esta pergunta, identificar possíveis estoques ou fluxos (elementos da modelagem SD) que estejam relacionados aos atributos Poder, Legitimidade e Urgência de cada STH.

A tabela de vinculação (Tabela 6.4) é um extrato da Tabela 6.3, nela o número de potenciais Fluxos e Estoques foram reduzidos e palavras chaves foram utilizadas para auxiliar na produção de um modelo “enxuto/sintético” do sistema.

Na Tabela 6.4 estão representados os *links* de interação (setas pontilhadas) existentes entre os atributos dos STHs do sistema, refletindo/traduzindo os links (bidirecionais) existentes entre os STHs da Figura 6.1. [ver exemplo do link (bidirecional) que liga o SINDAE (STH-2) e o Governo Federal (STH-1)].

Tomando como exemplo somente o *link* (unidirecional) que liga o STH-2 ao STH-1 na Figura 6.1, podemos inferir que ele está traduzido da seguinte forma na Tabela 6.4. Observando as setas pontilhadas (na Tabela 6.4) conclui-se que, um aumento de Poder do STH-2 implicará em um aumento de Poder do STH-1 (o que dá lastro para esta afirmação é a variável “Política-5”). Da mesma forma um aumento de Poder do STH-2 implicará em um aumento de Legitimidade no STH-1 (o que dá lastro para isso é a variável “Contratos com a Indústria”). Estes lastros são o suporte para que exista o *Link* entre o STH-2 e o STH-1 visto na Figura 6.1. Na Tabela 6.4 existem outras variáveis dando suporte (lastro) para a existência dos demais *links* entre STHs (observados na Figura 6.1).

Tabela 6.3 – Combinando os atributos dos STHs e os elementos da metodologia SD para modelar o sistema PEB.

STH	P	L	U	Principais Objetivos do SHT	Principais Atividades do STH.	Poder (O que confere ou interfere no Poder do STH?)	Legitimidade (O que confere ou interfere na Legitimidade do STH?)	Urgência (O que confere ou interfere na Urgência do STH?)
STH-1 (Governo Federal)	x	x	x	<ul style="list-style-type: none"> • Consolidar o setor espacial dentro da economia Brasileira. • Manter o Brasil alinhado com os avanços tecnológicos Mundial na área espacial. 	<ul style="list-style-type: none"> • Prover recursos Financeiros. • Contingenciar Recursos Financeiros. • Garantir continuidade e cadencia nos projetos do PEB com vistas a atender ao fluxo das demandas nacionais por produtos e serviços oriundos do setor espacial. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ser o agente Financeiro (provedor de Budget para o PEB, responsável pelo orçamento federal). • Contingenciament o Orçamentário. • Legislação (Criação e Fortalecimento do Setor Espacial dentro do Mercado Brasileiro). 	<ul style="list-style-type: none"> • Política voltada à Manutenção da Soberania Nacional, através da autonomia tecnológica. • Número de Contratos com a Indústria. • Legislação (Criação e Fortalecimento do Setor Espacial dentro do Mercado Brasileiro). • Demanda Governamental (por produtos e serviços do PEB). • Demanda Social (por produtos e serviços do PEB). 	<ul style="list-style-type: none"> • Número/Quantidade de Demandas Sociais e Governamentais (Por produtos e serviços do PEB). • Atendimento das demandas sociais através do aumento do número de contratos com a indústria. • Ameaça ao crescimento e à sustentabilidade do Parque Industrial Espacial Brasileiro. • Manutenção da Soberania Nacional (Política de segurança nacional).

continua

Tabela 6.3 - Continuação

STH	P	L	U	Principais Objetivos do SHT	Principais Atividades do STH.	Poder (O que confere ou interfere no Poder do STH?)	Legitimidade (O que confere ou interfere na Legitimidade do STH?)	Urgência (O que confere ou interfere na Urgência do STH?)
STH-2 (SINDAE - Grupo de STHs)	x	x	x	<ul style="list-style-type: none"> • Cumprir a PNDAE • Elaborar o PNAE • Evitar a obsolescência e ociosidade da capacidade instalada (Facilities) no Brasil. 	<ul style="list-style-type: none"> • Gerir o PNAE. • Executar o PNAE. • Fortalecer e ampliar o SINDAE. 	<ul style="list-style-type: none"> • Know How. • Capacidade Instalada (<i>Facilities</i> e RH) no Brasil • Contratos em Andamento com a Indústria (relacionados à execução do PEB). • Eficiência na execução do PNAE (Baixa performance na Execução do PNAE). • Orçamento Federal alocado ao PEB (Budget). • Reserva de mercado, imposta pelo governo brasileiro com o objetivo de favorecer a indústria nacional. 	<ul style="list-style-type: none"> • Demanda Social e Governamental. • Legislação. • PNAE. • Know How. • Número de Contratos Concluídos relacionados à execução do PEB. • Capacidade Instalada (Facilities e RH) no Brasil • Legislação dos países parceiros restringindo as importações (restrições como, por exemplo, ITAR). • Eficiência na execução do PNAE. • Falta de alternativas aos sistemas espaciais para atender às demandas sociais 	<ul style="list-style-type: none"> • Política Brasileira voltada à Criação e Fortalecimento do Segmento de Mercado Espacial Brasileiro • Ameaça de desmonte do parque industrial, perda de Budget, RH e Know-how dos atores do SINDAE. • Ociosidade e Deterioração dos Laboratórios. • Novos Contratos p/ execução do PEB. • Legislação. Deficiência na regulamentação para aquisição e manutenção dos laboratórios já existentes dentro da estrutura do SINDAE • Outras Priorid. Gov. que concorram com o PEB. • Outros Provedores. Outros meios, diferentes do sistema espaciais, para atender as demandas sociais e governamentais

continua

Tabela 6.3 - Continuação

STH	P	L	U	Principais Objetivos do SHT	Principais Atividades do STH.	Poder (O que confere ou interfere no Poder do STH?)	Legitimidade (O que confere ou interfere na Legitimidade do STH?)	Urgência (O que confere ou interfere na Urgência do STH?)
STH-3 (Usuários-Grupo de STHs que estão fora do SINDAE)		x	x	<ul style="list-style-type: none"> • Ver suas demandas atendidas em Tempo, Custo e Qualidade. 	<ul style="list-style-type: none"> • Demandar Serviços e Produtos (Nacionais e/ou Internacionais) oriundos do Setor Espacial. 		Demandas Sociais e Governamentais (necessidade de uso de sistemas espaciais para a realização de seus objetivos) <ul style="list-style-type: none"> • Outras demandas nacionais que “ameacem ou concorram” com o PEB dentre as prioridades governamentais. • Outros meios, diferentes do sistema espaciais, para atender as demandas sociais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de alternativas aos sistemas espaciais para atender às demandas sociais • Questões de Segurança Nacional. • Contratos em Andamento. • Eficiência na execução do PNAE

continua

Tabela 6.3 – Conclusão

STH	P	L	U	Principais Objetivos do SHT	Principais Atividades do STH.	Poder (O que confere ou interfere no Poder do STH?)	Legitimidade (O que confere ou interfere na Legitimidade do STH?)	Urgência (O que confere ou interfere na Urgência do STH?)
STH-4 (Parceiros Internacionais -Grupo de STHs)	x	x	x	<ul style="list-style-type: none"> • Manter e ampliar os Negócios e/ou os parceiros. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fornecedor Qualificado (provedor de componentes, equipamentos, sistemas, laboratórios, Know-How, Recursos Humanos). 	<ul style="list-style-type: none"> • Herança tecnológica (Heritage). • Capacidade Instalada (Facilities) • Know How. • Custo e Qualidade dos produtos. • Política Brasileira de reserva de mercado. • Política Brasileira voltada à Criação e Fortalecimento do Segmento de Mercado Espacial Brasileiro • Política de Embargos tecnológicos, imposto por agentes internacionais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Know How • Necessidade brasileira de executar projetos nacionais (dentro do custo, prazo e qualidade) sem que seja necessário desenvolver, no Brasil, toda a cadeia produtiva que já existe no exterior. • Legislação (Como por exemplo, aquelas que dão sustentação aos acordos Internacionais com os BRICs, China, USA, etc.) • (Baixa participação da indústria nacional no desenvolvimento dos sistemas espaciais do PEB • Transferência Tecnológica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Política que reflete os interesses mercadológicos e/ou geopolíticos de outros países em se aliar estrategicamente ao Brasil e para tal utilizam o PEB como instrumento. • Outros Interesses Politicos.

Tabela 6.4 – Tabela de Vinculação do sistema PEB (síntese da Tabela 6.3).

Principais Stakeholders (STH) do sistema em análise	P	L	U	Poder (O que pode adicionar(+) ou retirar(-) Poder do STH?)	Legitimidade (O que pode adicionar(+) ou retirar(-) Legitimidade ao STH?)	Urgência (O que pode adicionar(+) ou retirar(-) Urgência do STH?)
STH-1 (Governo Federal)	x	x	x	<p>(+) Budget (capacidade do Gov. Federal para financiar o PEB)</p> <p>(+) Legislação-1 (Criação e Fortalecimento do Setor Espacial dentro do Mercado Brasileiro)</p> <p>(-) Política-5 (outras Prioridades Governamentais que concorram com o PNAE).</p>	<p>(+) Política-1 (Política de incentivo à Manutenção da Soberania Nacional, através da autonomia tecnológica.).</p> <p>(+) Número de Contratos com a Indústria</p> <p>(+) Demandas (Social e Governamental) por produtos e serviços do PEB</p> <p>(-) Outros provedores de recursos financeiros.</p>	<p>(+) Demandas (Social e Governamental) por produtos e serviços do PEB.</p> <p>(+) Política 2 - Manutenção da Soberania Nacional, política de segurança nacional.</p> <p>(-) Atendimento das demandas através dos Contratos com a Indústria (Número de contratos concluídos a cada ano).</p>
STH-2 (SINDAE)	x	x	x	<p>(+) Facilities e RH (Capacidade Instalada no Brasil)</p> <p>(+) Número de Contratos com a Indústria</p> <p>(+) Política-3 (reserva de mercado Brasileira) (Baixa participação da indústria nacional no desenvolvimento dos sistemas espaciais do PEB).</p> <p>(-) Política-5 (outras Prioridades Governamentais que concorram com o PNAE).</p> <p>(-) Baixa Performance (Capacidade Limitada) na execução do PNAE</p>	<p>(+) Demandas Sociais e Governamentais, por produtos e serviços do PEB.</p> <p>(+) Legislação-2 / Embargo Tecnológico (Legislação dos países parceiros, restrições como, por exemplo, ITAR).</p> <p>(+) Falta de alternativas aos sistemas espaciais (SE) para atender às demandas sociais</p> <p>(-) Baixa Performance (Capacidade Limitada) na execução do PNAE</p>	<p>(+) Política-4 (Ameaça de desmonte do parque industrial brasileiro, perda de Budget, RH e Know-how dos atores do SINDAE) (Política Brasileira voltada à Criação e Fortalecimento do Segmento de Mercado Espacial Brasileiro).</p> <p>(-) Outros Provedores. Outros meios, diferentes do sistema espaciais, para atender as demandas sociais e governamentais.</p>

continua

Tabela 6.4 – Conclusão

Principais Stakeholders (STH) do sistema em análise	P	L	U	Poder (O que pode adicionar(+) ou retirar(-) Poder do STH?)	Legitimidade (O que pode adicionar(+) ou retirar(-) Legitimidade ao STH?)	Urgência (O que pode adicionar(+) ou retirar(-) Urgência do STH?)
STH-3 (Usuários)		x	x		(+) Demandas Sociais e Governamentais (necessidade de uso de sistemas espaciais para a realização de seus objetivos) (-) Outras Demandas Sociais. (-) Outros Provedores (Outras meios, diferentes do sistema espaciais, para atender as demandas sociais e governamentais).	(+) Falta de alternativas aos sistemas espaciais (SE) para atender às demandas sociais. (+) Questões de Segurança Nacional. (+) Baixa Performance na execução do PNAE (-) Número de Contratos com a Indústria para atender o PEB
STH-4 (Parceiros Internacionais)	x	x	x	(+) Facilities + RH (no Exterior) (Heritage + Know-how). (+) Legislação-2 (+) Política-4 (-) Política-1 (-) Política-5	(+) Facilities + RH (no Exterior) (Heritage + Know-how). (+) Baixa Performance na execução do PNAE por parte do parque industrial brasileiro. (-) Custo de Importação (Custo Elevado dos produtos). (-) Política-3. (-) Transferência Tecnológica	(+) Política 6 (interesses mercadológicos e/ou geopolíticos). (-) Política-3 (-) Política-5

Atributos: (P: Poder, L: Legitimidade; U: urgência).

Política 1: Manutenção da soberania nacional, por meio da autonomia tecnológica.

Política 2: Manutenção da soberania nacional, política de segurança nacional.

Política 3: Reserva de mercado Brasileira para corrigir a baixa participação da indústria nacional no desenvolvimento dos sistemas espaciais do PEB.

Política 4: Ameaça de desmonte do parque industrial brasileiro, perda de Budget, RH e Know-how dos atores do SINDAE.

Política 5: Outras prioridades governamentais que concorram com o PNAE.

Política 6: Interesses mercadológicos e/ou geopolíticos.

Baseado na estrutura de STHs da Figura 6.1 e na Tabela 6.4 inicia-se a construção dos CLDs. Sugere-se iniciar o modelo com poucos *Stakeholders* (p.ex. dois STHs) e ir aumentando gradativamente este número. Este artifício permite que se construa, inicialmente, um modelo mais simples e à medida que se acrescente os demais STHs, adicione-se, de forma incremental, mais complexidade ao sistema (está estratégia incremental de modelagem também foi utilizada no artigo aceito pelo JATM).

Outro artifício utilizado nos CLDs e SFDs desta monografia é referente aos sinais “+” e “-” que acompanham as setas dos diagramas. Para que o desenho não fique muito “poluído” adotou-se a seguinte convenção, quando o fluxo adiciona elementos ao estoque (ou seja, tem o sinal “+”, ver explicação sobre os sinais na Figura 4.10) utiliza-se a seta entrando nas caixas/elementos. No caso contrário, quando os fluxos drenam os estoques (ou seja, tem o sinal “-”) a seta deve estar saindo da caixa/elementos.

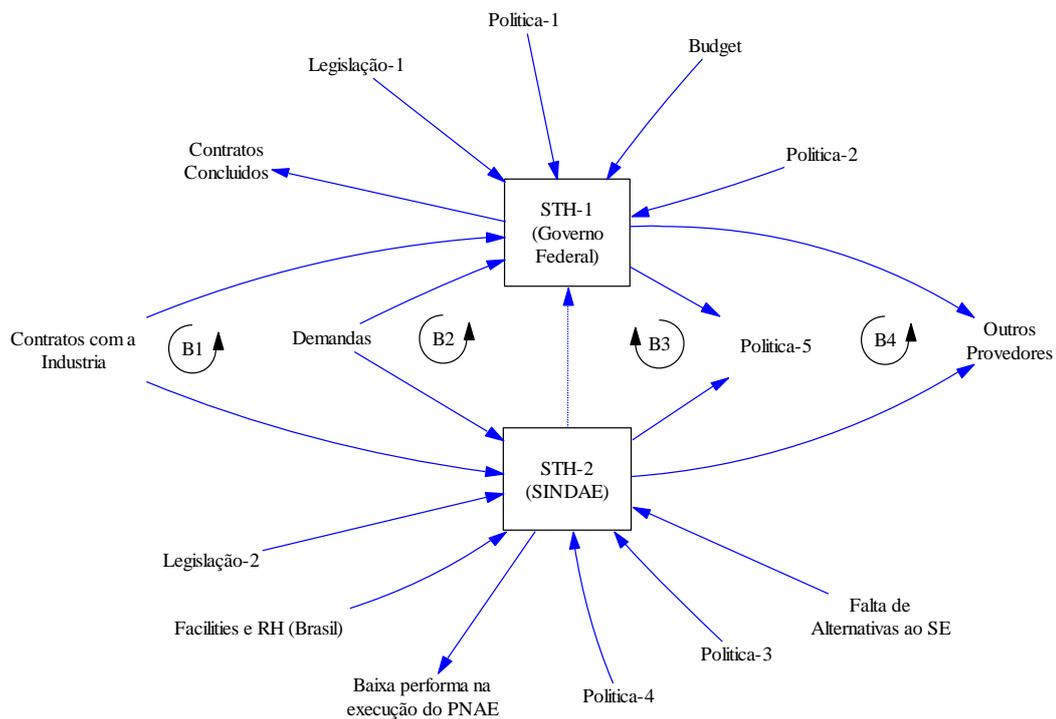
Assim, propõe-se modelar o PEB em etapas, primeiro considerando 2 STHs no sistema (passo 1), em seguida acrescenta-se mais um STH, ou seja, considerando 3 STHs no sistema (passo 2) e finalmente considerando todos os 4 STHs no sistema (passo 3).

6.2. Passo 1: Simulação da dinâmica da Rede de STHs do PEB considerando apenas 2 STHs no sistema, STH-1 (Governo Federal) e STH-2 (SINDAE).

Utilizando-se, (A) somente os *Stakeholders* STH-1 e STH-2 da Figura 6.1, (B) a rede de interação, entre estes dois STHs, como sendo unidirecional (do STH-2 para o STH-1) e (C) os dados contidos na Tabela 6.4, produz-se o primeiro diagrama (CLD-1) do sistema, conforme observado na Figura 6.2. O CLD-1 contém quatro loops balanceados B1, B2, B3 e B4, as linhas contínuas referem-se aos *links* originados pelos elementos da modelagem SD (listadas na Tabela 6.4) e a linha pontilhada referem-se ao *link* originado pela rede de interconexão dos STHs (vistos na Figura 6.1). Em outras palavras, para produzir o CLD-1 considerou-se uma rede STHs simplificada (linha pontilhada), onde somente o SINDAE (STH-2) influencia o Governo Federal (STH-1) e não há fluxo no sentido

inverso. Este artifício diminui o número de loops do diagrama facilitando sua modelagem. A caixa denominada STH-1 (Governo Federal), observada no CLD-1 da Figura 6.2, representa os estoques de poder legitimidade e urgência que o STH-1 possui, o equivalente se aplica ao STH-2 (SINDAE). Essas caixas de estoques serão detalhadas a seguir, no diagrama SFD-1.

Figura 6.2 – CLD-1 – Exemplo de Diagrama Causal do PEB considerando 2 Stakeholders (STH-1 e STH-2) no sistema.



Analisando (interpretando) o CLD-1 definiram-se as rotas de cada um dos *links* (loops causais) que, na visão particular do analista, serão as mais relevantes para representar/modelar o sistema, assim, as rotas dos loops B1, B2, B3 e B4 foram configuradas como:

B1 = Contratos com a Indústria → STH-2 → STH1 ← Contratos com a Indústria

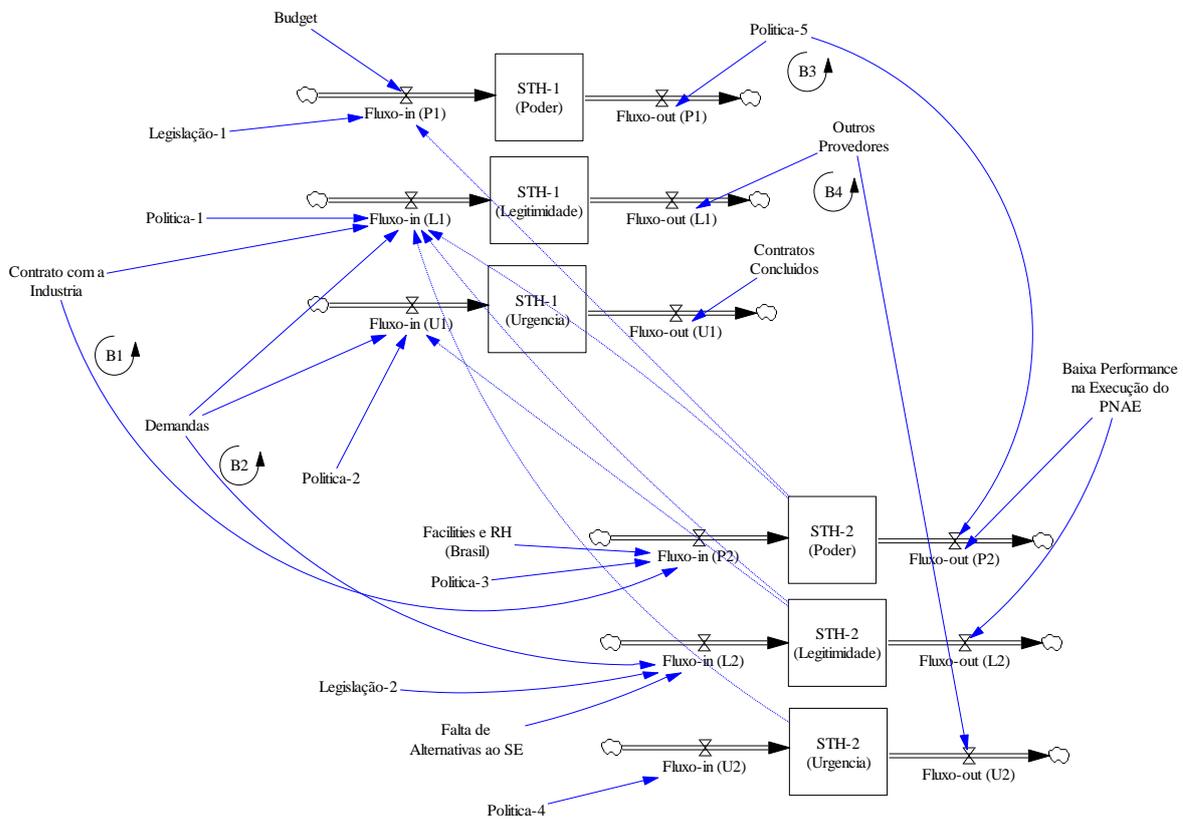
B2 = Demandas → STH-2 → STH-1 ← Demandas

B3 = Política-5 ← STH-2 → STH-1 → Política-5

B4 = Outros Provedores ← STH-2 → STH-1 → Outros Provedores

Dando continuidade à aplicação da Metodologia STH/SD, para modelar o sistema, utiliza-se o CLD-1 para construir o SFD-1, conforme se observa na Figura 6.3. No SFD-1 estão presentes os quatro loops B1, B2, B3 e B4 vistos anteriormente no CLD-1. Observar que, assim como ocorreu no CLD-1, os loops causais estão representados por linhas pontilhadas (para representar a ligação da rede de STHs) e por linhas contínuas (para representar a ligação com as variáveis do sistema).

Figura 6.3 – SFD-1 – Exemplo de Diagrama de Estoques e Fluxos, baseado no diagrama CLD-1.



Obs.: STH1: Governo Federal e STH-2: SINDAE.

Os equacionamentos matemáticos de todas as variáveis, estoques e fluxos constantes do SFD-1, estão disponíveis no Apêndice A. A exemplo do que se faz na engenharia, ao se modelar sistemas de controle, no Apêndice A o sistema será inicialmente estimulado com um degrau unitário, ou seja, as variáveis são

ajustadas para o valor igual a um e em seguida procura-se o ponto de estabilidade do sistema.

Definiu-se, de forma *ad hoc*, que os valores iniciais dos níveis dos estoques dos STHs (valores em $t=t_0$) serão fixados conforme se vê na Tabela 6.5. Definiu-se também, de forma *ad hoc*, que o range⁵¹ para os valores dos atributos deve estar entre zero e 10 unidades.

Tabela 6.5 – Valores iniciais dos Estoques de Atributos dos *Stakeholders* STH-1 e STH-2.

	Valor Inicial (em t_0) do atributo Poder	Valor Inicial (em t_0) do atributo Legitimidade	Valor Inicial (em t_0) do atributo Urgência.	Soma dos Valores dos Atributos
STH-1	10	5	0	15
STH-2	0	3	0	3

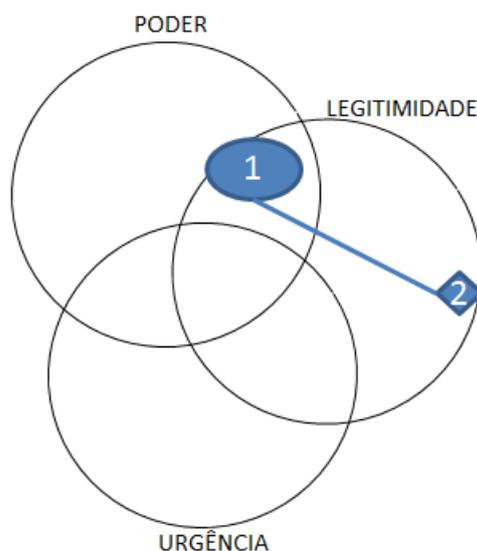
Considerando a Figura 6.1, a Tabela 6.5 e a classificação de *Stakeholders* sugerida por Mitchell et al. (1997) pode-se dizer que, inicialmente (em t_0), a rede de STHs **poderia assumir** uma configuração conforme esboçada na Figura 6.4. A área de cada STH, desenhado na Figura 6.4, tem uma correspondência direta com a soma dos valores dos atributos mostrados na Tabela 6.5 (STH-1 = 15 e STH-2 = 3).

De acordo com a Figura 6.4, o STH-1 possui os atributos poder e legitimidade, por isto está posicionado, nos círculos de atributos, como um *Stakeholder* dominante (a magnitude total de seus atributos é igual a 15). O STH-2 possui somente o

⁵¹ É importante ressaltar que, estabelecer o range de atuação dos atributos bem como a correspondência quantitativa entre o quanto cada elemento do sistema (budget, legislação, política, etc.) influencia, de fato nos atributos (poder, legitimidade e urgência) de cada STH é uma tarefa que será reservada para trabalhos futuros. Com essa correspondência será possível criar os indicadores para se mapear com a devida fidelidade e profundidade o PEB. Para o estudo de caso apresentado neste capítulo, não será feita esta correspondência, pois, o objetivo é testar a aplicação da Metodologia STH/SD.

atributo legitimidade, por isto está posicionado como um *Stakeholder* discricionário (a magnitude total de seus atributos é igual a 3). No desenho da Figura 6.4 a magnitude do *Stakeholder* STH-1 é maior do que a do *Stakeholder* STH-2, pois, deve refletir a diferença dos valores acumulados de seus atributos.

Figura 6.4 – Exemplo possível de configuração da Rede de *Stakeholders* do PEB, no instante de tempo $t = \text{zero}$, considerando um cenário onde existem somente 2 *Stakeholders* (STH-1 e STH-2) no sistema.

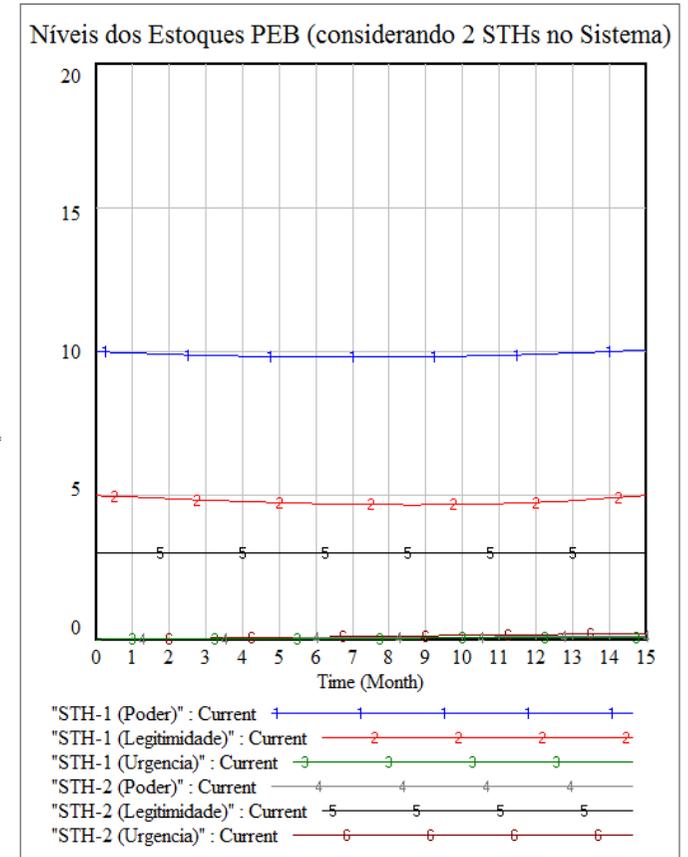
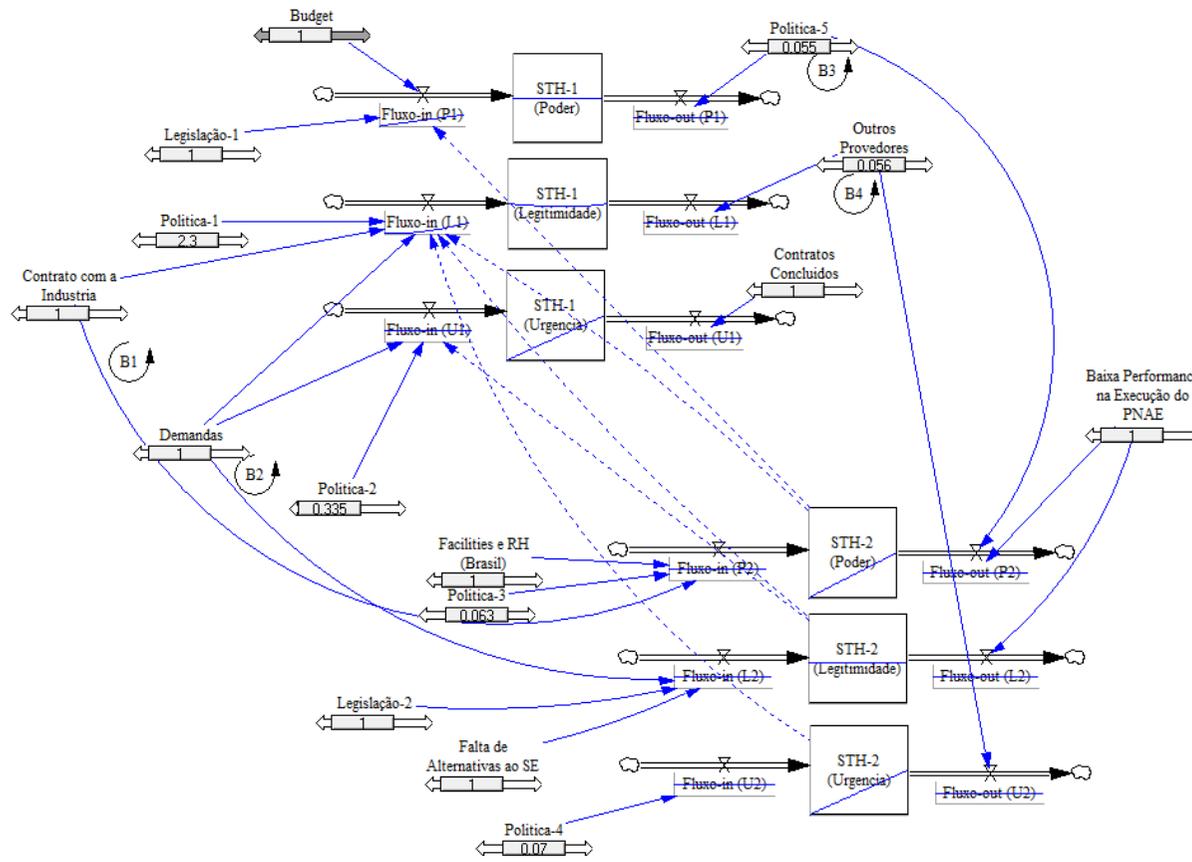


Obs1: STH1: Governo Federal e STH-2: SINDAE.

Obs2: Os valores iniciais, dos níveis dos estoques, estão conforme a Tabela 6.5.

Para simular o comportamento do sistema, adotou-se também de forma *ad hoc* um período de simulação de 15 anos, em seguida ajustou-se as variáveis do sistema para que ele permanecesse estável ou perto da estabilidade durante todo o período de simulação. Dessa forma, os níveis dos estoques dos STHs devem permanecer inalterados durante todo o tempo de simulação. A Figura 6.5, mostra o SFD e os gráficos com os níveis dos estoques dos dois STHs envolvidos no modelo.

Figura 6.5 – Simulação do sistema PEB considerando 2 STHs no sistema.



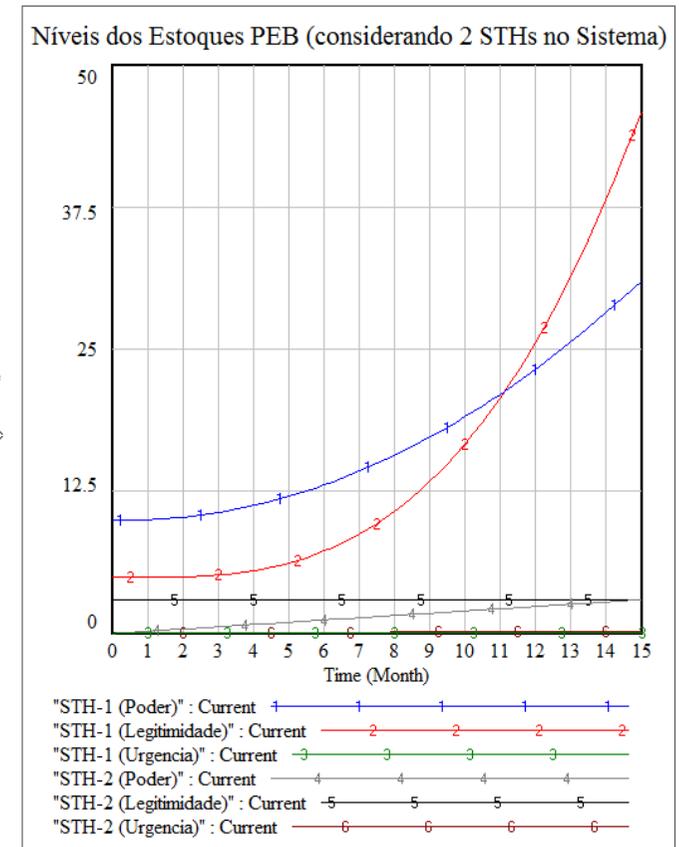
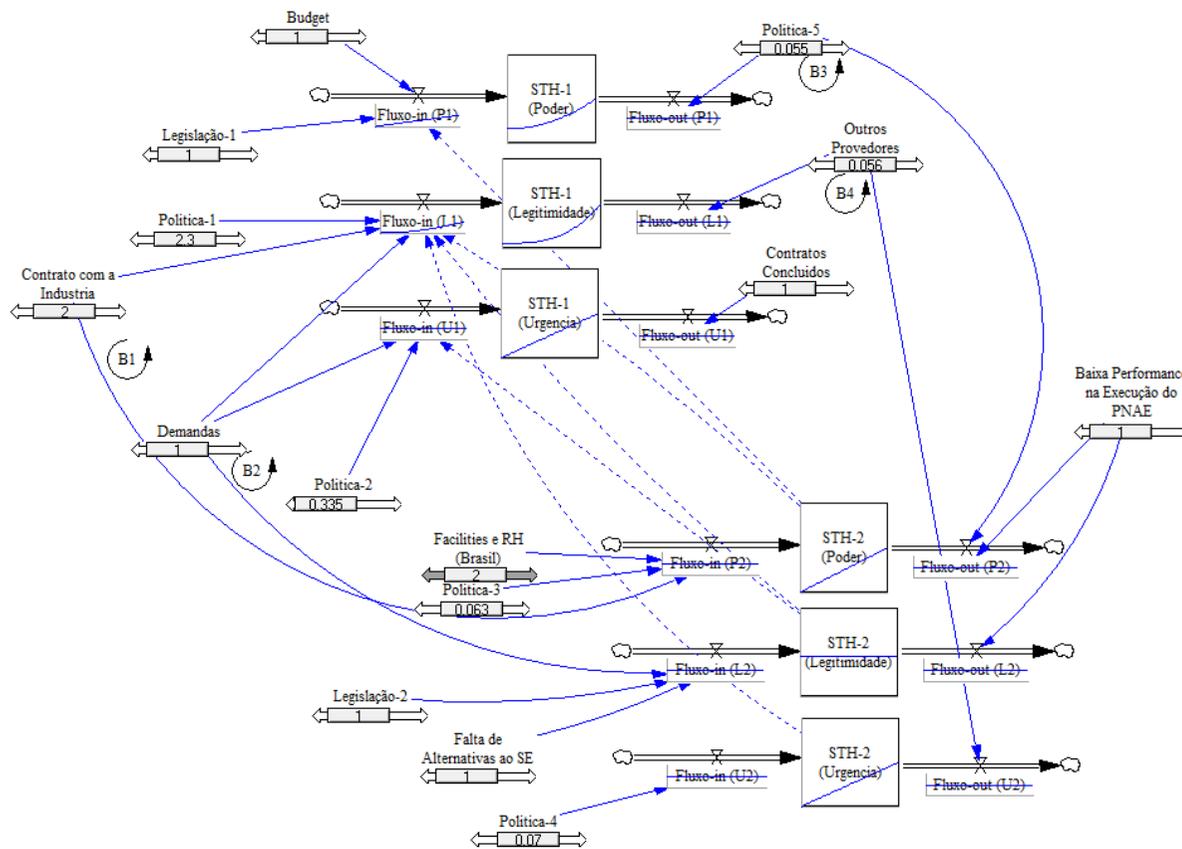
Obs.: STH1: Governo Federal e STH-2: SINDAE

Apesar da síntese, o SFD da Figura 6.5 permite que se alterem os valores das variáveis do modelo (como por exemplo, Budget, Legislação-1, Contratos com a Indústria, etc.) e conseqüentemente se analise a sensibilidade do sistema em relação a potenciais distúrbios que possam retirá-lo da condição de estabilidade. Observar que o sistema PEB ainda está parcialmente modelado, pois só existem dois STHs mapeados.

Dentre as várias perguntas possíveis a serem respondidas sobre o comportamento deste sistema (hipotético), destaca-se a seguinte: “como seria possível atuar no sistema para que, em um período de aproximadamente 15 anos, o atributo Poder do STH-2 (SINDAE) aumentasse de 0 para 3?”. Observar que a resposta a esta questão equivale a reposicionar STH-2 na rede de STHs mostrada na Figura 6.4, o que em outras palavras equivale a projetar (planejar/gerir) cenários futuros para o sistema PEB.

A Figura 6.6, a seguir, mostra que é possível alcançar este objetivo alterando simultaneamente a variável “Contrato com a Indústria” e a variável “Facilities e RH (Brasil)”, melhorando seus índices de, por exemplo, 100%.

Figura 6.6 – Sistema PEB com 2 STHs, elevando o nível de poder do STH2 de zero para 3, em um período de 15 anos.



Obs.: STH1: Governo Federal e STH2: SINDAE

Caso se exigisse que o nível de poder do STH-2 fosse elevado de zero para 3 em um período de tempo menor que 15 anos, por exemplo, de 5 anos, isto poderia ser feito aumentando-se a variável “Política-3: reserva de mercado brasileira” em 10 vezes ou ainda, caso houvesse algum impedimento para se alterar esta variável, poder-se-ia aumentar em 10 vezes a variável “Contrato com a Indústria” e o mesmo objetivo seria alcançado.

Todavia, estas alterações fazem com que os níveis dos estoques de poder e legitimidade do STH-1 cresçam abruptamente. Desta forma, no final de 15 anos haveria uma diferença muito grande entre os estoques de poder e legitimidade dos STH-1 e STH-2. Não há nada de errado com este resultado, entretanto, seria interessante atuar no sistema de forma a não causar mudanças abruptas no comportamento de seus elementos. Seria interessante que as intervenções no sistema ocorressem de forma a equilibrar o nível de poder, legitimidade e urgência de cada STH, para tornar o sistema mais homogêneo com o passar do tempo.

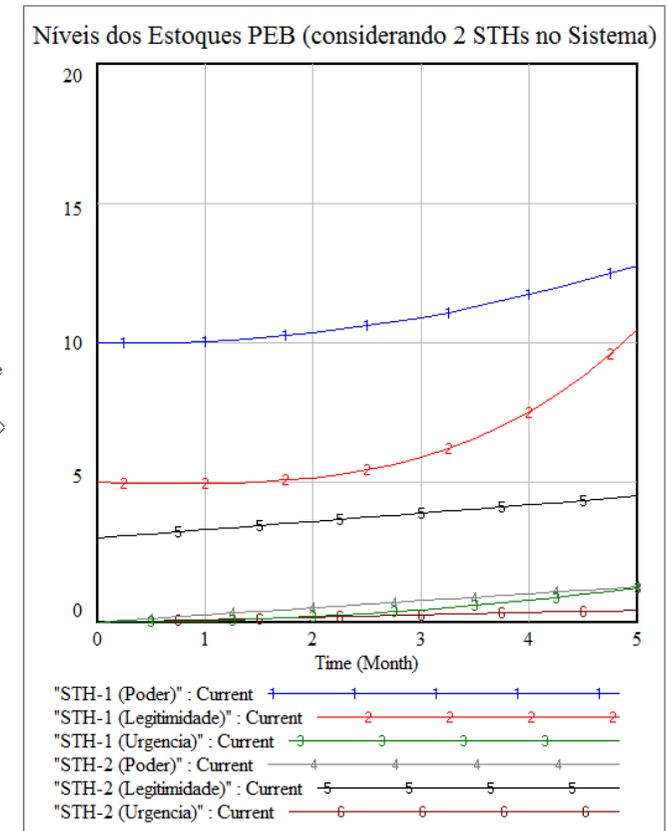
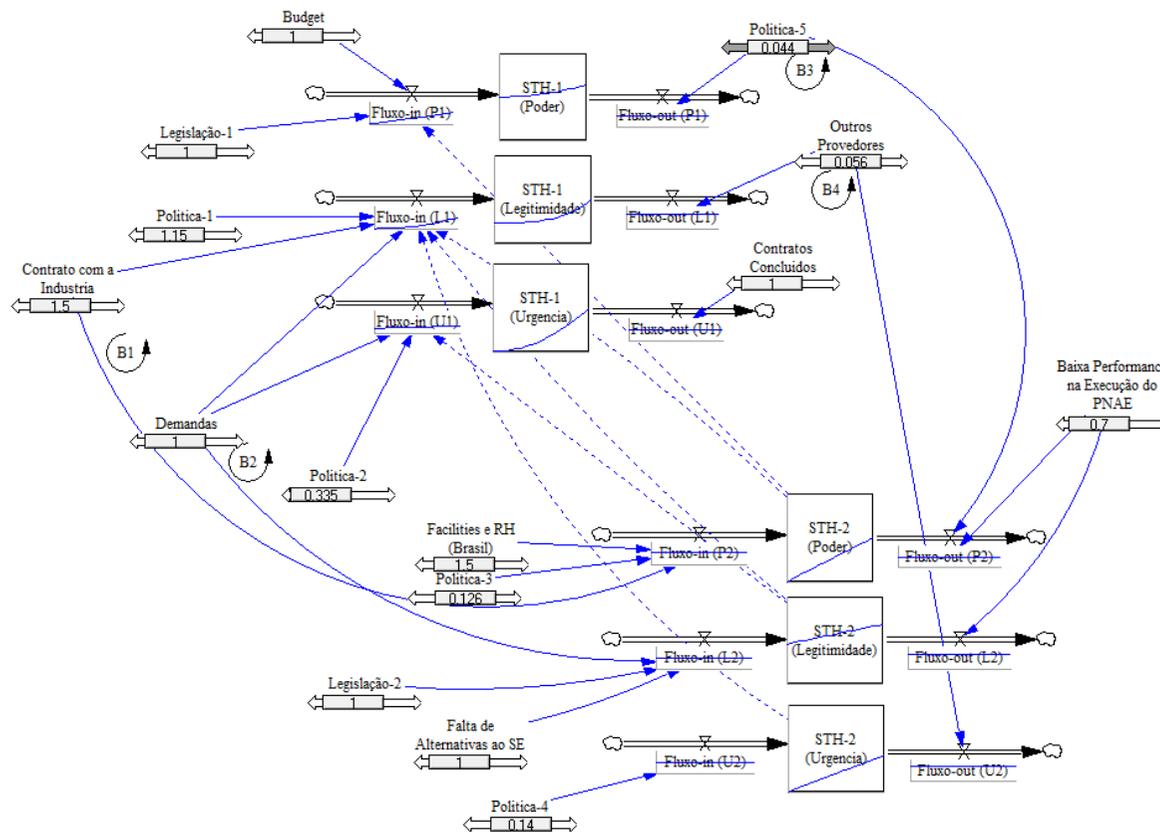
Com essas restrições em mente pode-se fazer o seguinte questionamento, “como seria possível combinar as mudanças, impostas ao sistema, para que em um período de 5 anos o STH-2 (SINDAE) mudasse de *status*, deixasse de ser um STH discricionário (que possui somente o atributo legitimidade), conforme se vê na Figura 6.4, e se tornasse um STH definitivo (que possui os 3 atributos)?”. A Tabela 6.6 e a Figura 6.7 mostram como seria possível responder a essa questão.

A Tabela 6.6 impõe que as alterações nas variáveis sejam limitadas, a no máximo 100% dos valores que tais variáveis exibiam quando o sistema estava estável. Na Tabela 6.6 faz-se uma seleção de algumas variáveis que podem ser, simultaneamente, alteradas (cada uma com um delta específico de alteração) para que se atinja o objetivo de tornar o SINDAE um STH definitivo (p.ex. coluna “Fazendo STH-2 tornar-se um STH Definitivo”). Vale observar que, a Tabela 6.6 é uma entre varias possibilidades de se combinar mudanças, simultâneas nas variáveis do sistema, para se atingir um determinado objetivo. A Figura 6.7 mostra o resultado da simulação do sistema considerando as alterações listadas na Tabela 6.6. .

Tabela 6.6 – Alterando o valor das variáveis do sistema para tornar o STH-2 um STH definitivo.

	Valores das Variáveis		Diferença entre os valores das variáveis	
	Sistema Estável	Fazendo STH-2 tornar-se um STH Definitivo	Diferença %	Obs.:
Budget	1	1	0%	Não houve alteração
Política-1 (Política de incentivo à Manutenção da Soberania Nacional, através da autonomia tecnológica.)	2,3	0,2	-91%	Relaxamento da política-1 de 91%. Isto pode ser feito, por exemplo, reduzindo o grau de inovação tecnológica exigido nos projetos do PNAE. Observar que 91% praticamente exclui o desenvolvimento de P&D&I e de novos produtos.
Política 2 (Manutenção da Soberania Nacional, política de segurança nacional)	0,335	0,335	0%	Não houve alteração
Política-3 (Reserva de mercado Brasileira) (Baixa participação da indústria nacional no desenvolvimento dos sistemas espaciais do PEB)	0,063	0,126	100%	Aumento de 100% na Política de reserva de mercado. (Isto pode ser feito, por exemplo, aumentando a exigência de maior participação da indústria nacional nos projetos do PNAE
Política-4 (Ameaça de desmonte do parque industrial, perda de Budget, RH e Know-how dos atores do SINDAE). (Política Brasileira voltada à Criação e Fortalecimento do Segmento de Mercado Espacial Brasileiro).	0,07	0,14	100%	Aumento da ameaça de 100%
Política-5 (Outras Prioridades Governamentais que concorram com o PNAE)	0,055	0,044	-20%	Aumento de 20% no grau de prioridade dos projetos do PNAE quando comparados à outros projetos governamentais
Demandas (Social e Governamental, por produtos e serviços do PEB)	1	1	0%	Não houve alteração
Contratos com a Indústria (Número de Contratos em execução)	1	1,5	50%	Aumento de 50% no número de contratos com a indústria
Contratos Concluídos (Atendimento das demandas através dos Contratos com a Indústria. Número de contratos concluídos a cada ano).	1	1	0%	Não houve alteração
Outros provedores (de recursos financeiros).	0,056	0,056	0%	Não houve alteração
Facilities e RH (Brasil) (Capacidade Instalada no Brasil)	1	1,5	50%	Melhora do indicador de Facilities e RH de 50%
Baixa Performance (Capacidade Limitada, na execução do PNAE).	1	0,7	-30%	Melhora na performance de execução dos projetos de 30%
Falta de alternativas aos sistemas espaciais (SE) (para atender às demandas sociais)	1	1	0%	Não houve alteração
Legislação-1 (Criação e Fortalecimento do Setor Espacial dentro do Mercado Brasileiro)	1	1	0%	Não houve alteração
Legislação-2 (Embargo Tecnológico. Legislação dos países parceiros, restrições como, por exemplo, ITAR)	1	1	0%	Não houve alteração

Figura 6.7 – Sistema PEB com 2 STHs, elevando o nível de poder do STH2 de zero para 1,5 em um período de 5 anos.



Obs.: STH1: Governo Federal e STH-2: SINDAE.

Os gráficos da Figura 6.7 permitem construir a Tabela 6.7 cujos níveis dos estoques foram capturados nos instantes de tempo $t = \text{zero}$, $t = 5$ anos e $t = 10$ anos, do período de simulação.

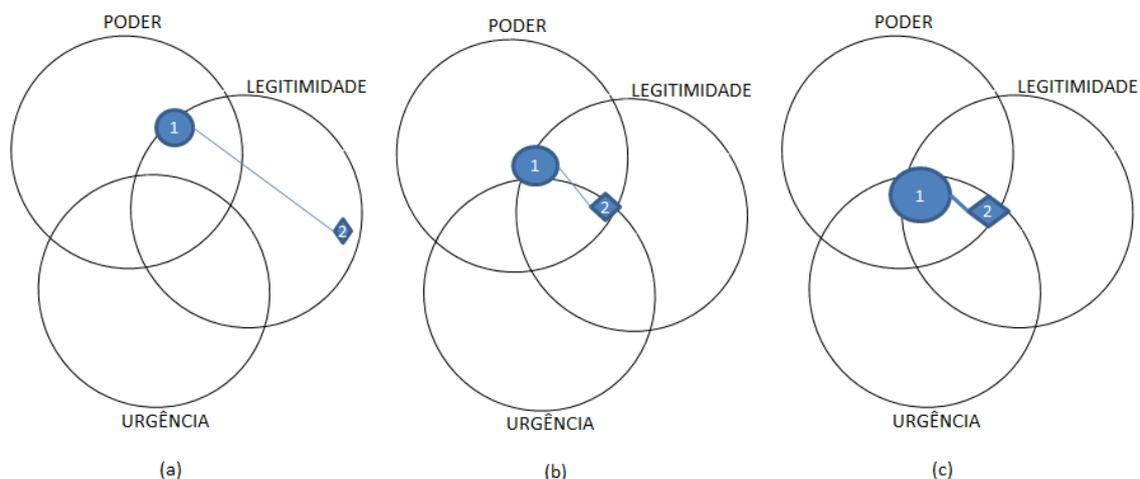
Tabela 6.7 – Valores aproximados dos níveis dos estoques, dos atributos dos dois STHs do sistema (STH-1 e STH-2), nos instantes $t=\text{zero}$, $t=5$ anos e $t=10$ anos.

	Valor dos Atributos em $t = 0$			Soma dos Valores dos Atributos em $t = 0$	Valor dos Atributos em $t = 5$ anos			Soma dos Valores dos Atributos em $t = 5$ anos	Valor dos Atributos em $t = 10$ anos			Soma dos Valores dos Atributos em $t = 10$ anos
	P	L	U		P	L	U		P	L	U	
STH1	10	5	0	15	12	5,5	1,3	18,8	22	15	5	42
STH2	0	3	0	3	1,4	4,5	0,5	6,4	2,3	6	1	9,3

Legenda: Atributo Poder (**P**); Atributo Legitimidade (**L**); Atributo Urgência (**U**); STH1: Governo Federal e STH-2: SINDAE.

Quanto à interação dos *Stakeholders*, pode-se dizer, observando a Tabela 6.7, que a mudança de atributos dos STH-1 e STH-2, durante o período de simulação, fez com que a rede de STHs também mudasse de configuração. A Figura 6.7 é uma representação possível das mudanças ocorridas na rede de STHs, quando observadas em instantes de tempo diferentes. Nas Figuras 6.8 (a), (b) e (c), observa-se a evolução da rede de STHs (conforme capturados na Tabela 6.7), respectivamente nos instantes de tempo $t = \text{zero}$, $t = 5$ anos e $t = 10$ anos. Observar que os STHs mudaram de *status* e conseqüentemente de posicionamento nos círculos de atributos que circunscrevem a rede de STHs.

Figura 6.8 – Exemplo de mudança na configuração da Rede de *Stakeholders* do sistema, nos instantes de tempo (a) $t = \text{zero}$, (b) $t = 5$ anos e (c) $t = 10$ anos.



Obs1: Considerando um cenário onde existam 2 *Stakeholders* (STH-1 e STH-2) no sistema e alteram-se suas variáveis com o objetivo de tornar o STH-2 um *Stakeholder* definitivo (com 3 atributos).

Obs2: STH1: Governo Federal e STH-2: SINDAE.

Obs3: os valores dos estoques estão conforme a Tabela 6.7.

Do exposto, é possível dizer que o SFD-1 permite simular o comportamento do sistema diante das mudanças dos atributos dos STHs e conseqüentemente permite verificar o reflexo destas mudanças na configuração da rede de STHs, logo, este exercício de simulação mostra que, até este ponto da modelagem, foi possível combinar com sucesso a teoria STH e a metodologia SD, que é o objeto central deste trabalho de tese.

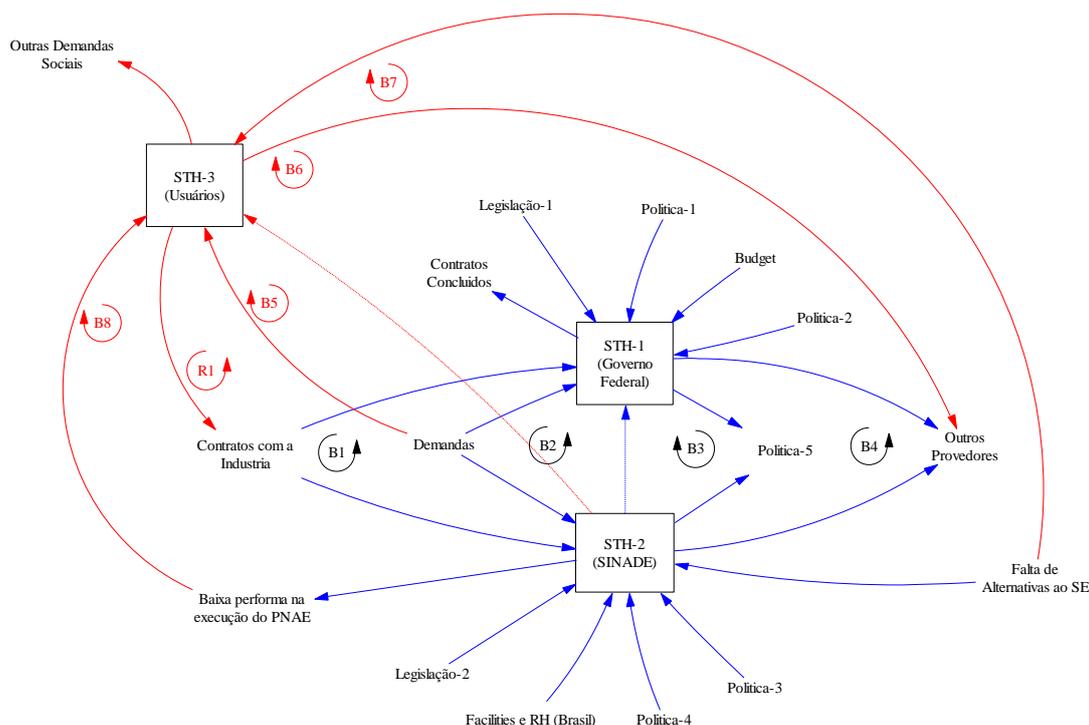
A partir deste ponto, acrescentam-se os demais STHs ao modelo e simula-se novamente seu comportamento.

6.3. Passo 2: Simulação da dinâmica da Rede de STHs do PEB considerando 3 *Stakeholders* no sistema, STH-1 (Governo Federal), STH-2 (SINDAE) e STH-3 (Usuários).

O CLD-2 mostrado na Figura 6.9, a seguir é um exemplo possível de como o sistema PEB poderia ser parcialmente representado caso fosse considerado 3 STHs no sistema. O diagrama CLD-2 utiliza como referência o CLD-1, a Figura

6.1 e a Tabela 6.4. Observar que para o CLD-2, além dos quatro loops balanceados (B1, B2, B3 e B4) presentes no CLD-1, surgiram outros cinco novos loops, quatro loops balanceados (B5, B6, B7 e B8) e um loop reforçado (R1).

Figura 6. 9 – CLD-2 Exemplo de Diagrama Causal do PEB considerando 3 Stakeholders (STH-1 e STH-2 e STH-3) no sistema.



Obs.: STH1: Governo Federal; STH-2: SINDAE e STH-3: Usuários.

As rotas dos loops B5, B6, B7, B8 e R1, foram assim configuradas:

B5 = Demandas → STH-2 → STH-3 ← Demandas

B6 = Outros Provedores ← STH-2 → STH-3 → Outros Provedores

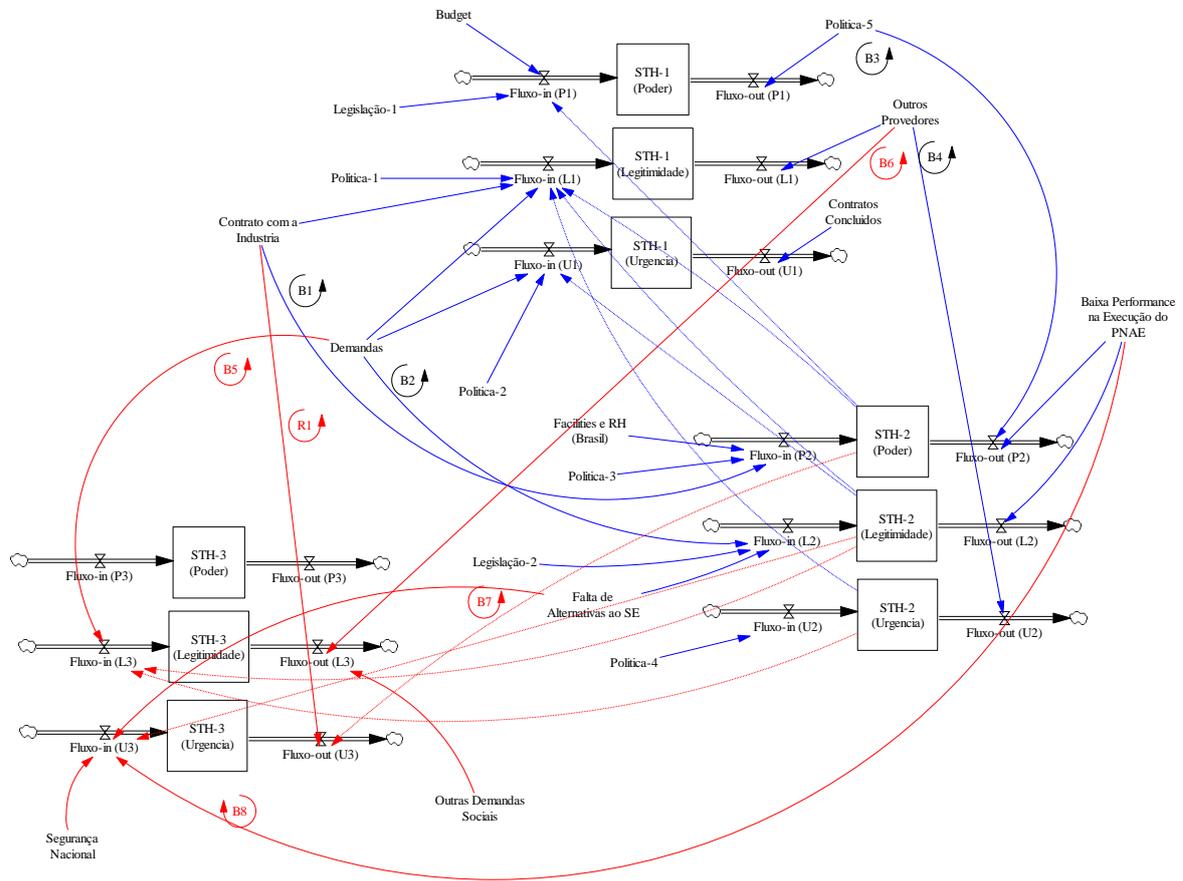
B7 = Falta de Alternativas ao SE → STH-2 → STH-3 ← Falta de Alternativas ao SE

B8 = Baixa Performance na Execução do PNAE ← STH-2 → STH-3 ← Baixa Performance na Execução do PNAE

R1 = Contratos com a Indústria → STH-2 → STH-3 → Contratos com a Indústria

Dando continuidade à aplicação da Metodologia STH/SD, constrói-se o SFD-2 (com três STHs no sistema), conforme se vê na Figura 6.10 a seguir.

Figura 6.10 – SFD-2 – Exemplo de Diagrama de Estoques e Fluxos baseado no diagrama CLD-2, que considera 3 STHs no sistema.



Obs.: STH1: Governo Federal; STH-2: SINDAE e STH-3: Usuários.

Detalhes do equacionamento matemático dos estoques e fluxos que surgem no sistema, devido à inclusão do terceiro *Stakeholder* (STH-3), podem ser vistos no Apêndice A:

Definindo-se os valores iniciais (valores em t_0) dos estoques dos atributos para os três STHs (conforme se vê na Tabela 6.8), pode-se esboçar a rede de STHs (ver Figura 6.11) e em seguida dar início à simulação.

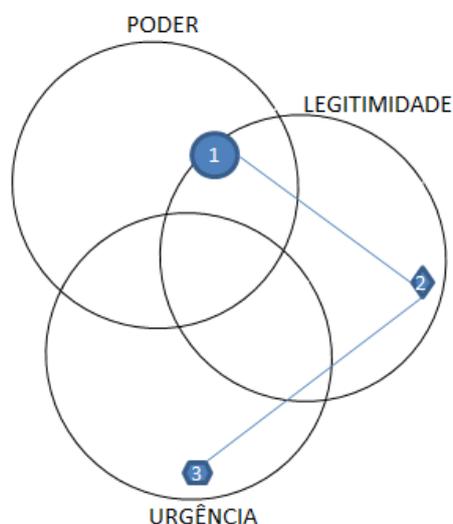
Tabela 6.8 – Valores iniciais dos Estoques de Atributos dos *Stakeholders* STH-1, STH-2 e STH-3.

	Valor Inicial (em t0) do atributo Poder	Valor Inicial (em t0) do atributo Legitimidade	Valor Inicial (em t0) do atributo Urgência.	Soma dos Valores dos Atributos
STH-1	10	5	0	15
STH-2	0	3	0	3
STH-3	0	0	3	3

Legenda: (STH1: Governo Federal; STH-2: SINDAE e STH-3: Usuários).

A Figura 6.11, a seguir, mostra um exemplo possível de configuração para a rede de STHs desenhada a partir da Tabela 6.8.

Figura 6.11 – Exemplo possível de configuração da Rede de STHs do PEB, no instante de tempo $t = zero$, considerando um cenário onde existam 3 STHs (STH-1, STH-2 e STH-3) no sistema.

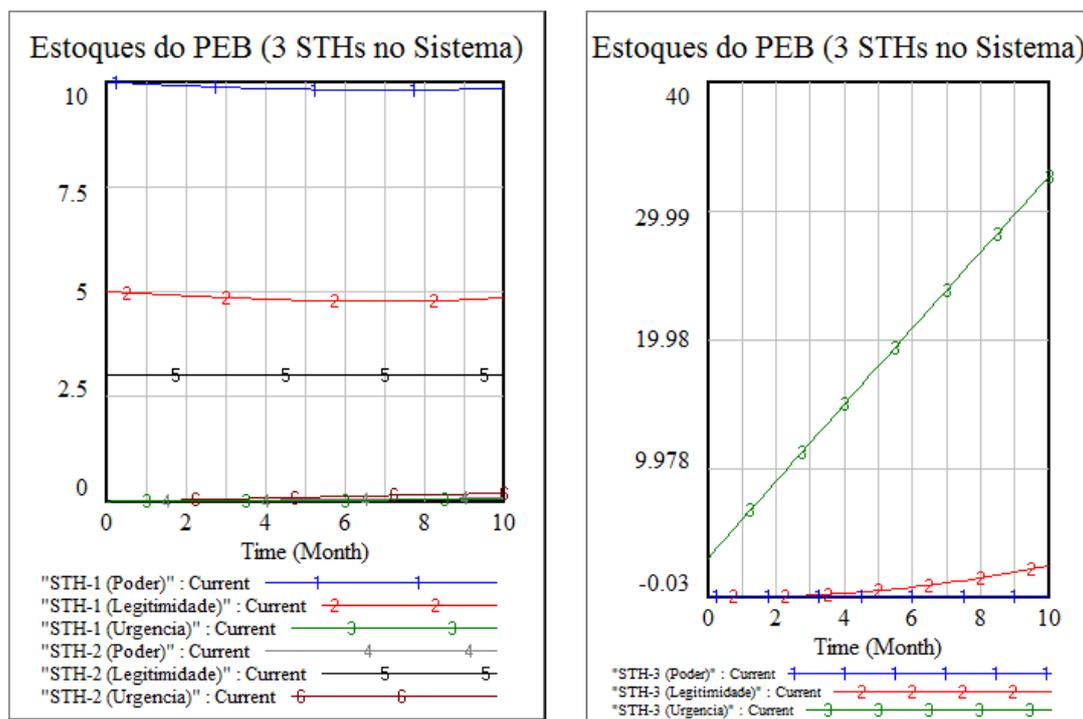


Obs1: STH1: Governo Federal; STH-2: SINDAE e STH-3: Usuários.
 Obs2: os valores iniciais, dos níveis dos estoques, estão conforme a Tabela 6.7.

Os gráficos da Figura 6.12, a seguir, mostram o comportamento dos estoques dos 3 STHs do sistema durante a simulação que considerou um intervalo de tempo de 10 anos. A simulação considera que inicialmente o sistema estava estável, com 2 *Stakeholders* (conforme se viu na simulação do passo 1), e

acrescentou-se o terceiro STH (Usuário). Observa-se no gráfico da Figura 6.12(a) que, apesar da inclusão do 3º *Stakeholder* os estoques dos STH-1 e STH-2 permanecem inalterados (conforme observado no passo 1), entretanto, os estoques (Legitimidade e Urgência) do STH-3 crescem ao longo do tempo.

Figura 6.12 – Simulação do sistema PEB para as condições do Passo 2 (Inclusão do 3º *Stakeholder* no sistema).



(a)

(b)

Obs1: Variação do Nível dos Estoques em (a) referente aos STH-1 e STH-2 e em (b) referente ao STH-3.

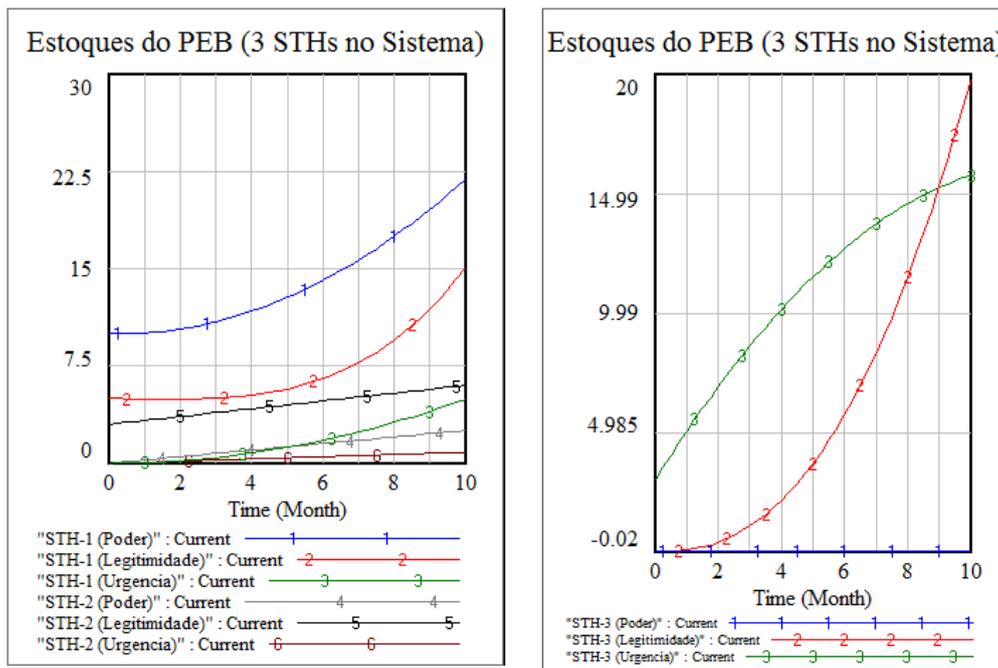
Obs2: STH1: Governo Federal; STH-2: SINDAE e STH-3: Usuários.

A exemplo do que foi feito na simulação do Passo 1, mais uma vez se atua no sistema para tornar o STH-2 (SINDAE) um *Stakeholder* definitivo. Para tanto, altera-se os valores das variáveis conforme mostrado anteriormente na Tabela 6.6.

O resultado da simulação mostra que quando se ajusta as variáveis do sistema para tornar o STH-2 um STH definitivo isto também interfere nos níveis dos estoques do STH-3. Observa-se nos gráficos da Figura 6.13 que aquele tipo de intervenção causa uma redução no nível do estoque de Urgência do STH-3 e um

aumento no nível do estoque de legitimidade do STH-3. Em outras palavras tornar o STH-2 (SINDAE) um STH definitivo faz com que o STH-3 (Usuário) ganhe legitimidade e perca urgência.

Figura 6.13 – Simulação do PEB para mudar o posicionamento do STH-2 (SINDAE) no sistema, conferindo-lhe o atributo poder.



(a)

(b)

Obs1: O sistema é composto por Três *Stakeholders*, (a) Estoques dos STH-1 e STH-2 e (b) estoque do STH-3.

Obs2: STH1: Governo Federal; STH-2: SINDAE e STH-3: Usuários.

Considerando os gráficos da Figura 6.13 observa-se que, durante o período de simulação de 10 anos, os valores dos atributos evoluíram, conforme capturados na Tabela 6.9.

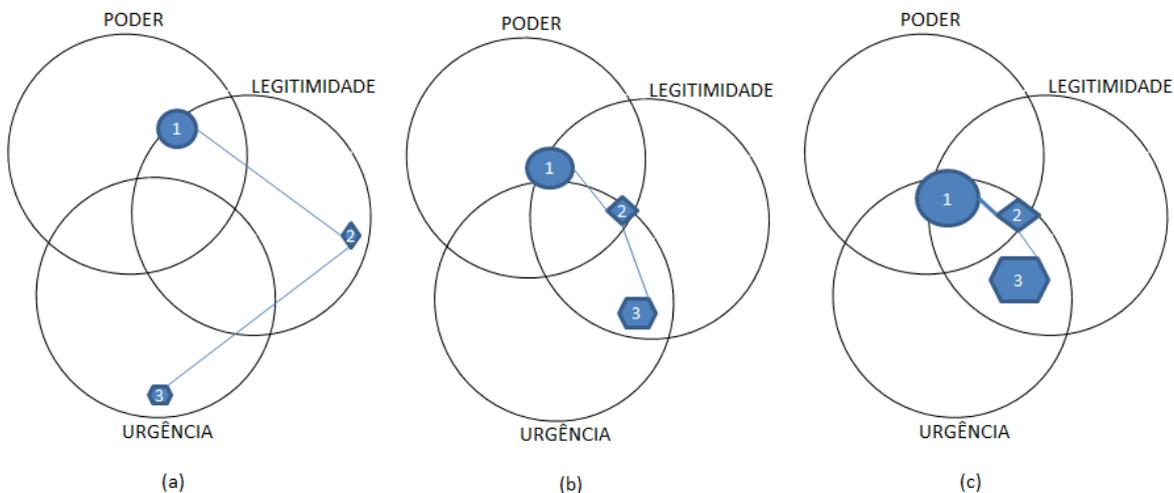
Tabela 6.9 – Valores aproximados dos níveis dos estoques, dos atributos dos 3 STHs do sistema (STH-1, STH-2, e STH-3), nos instantes t=zero, t=5 anos e t=10 anos.

	Valor dos Atributos em t = 0			Soma dos Valores dos Atributos em t = 0	Valor dos Atributos em t = 5 anos			Soma dos Valores dos Atributos em t = 5 anos	Valor dos Atributos em t = 10 anos			Soma dos Valores dos Atributos em t = 10 anos
	P	L	U		P	L	U		P	L	U	
STH1	10	5	0	15	12	5,5	1,3	18,8	22	15	5	42
STH2	0	3	0	3	1,4	4,5	0,5	6,4	2,3	6	1	9,3
STH3	0	0	3	3	0	4	11	15	0	20	16	36

Legenda: Atributo Poder (**P**); Atributo Legitimidade (**L**); Atributo Urgência (**U**).

A Figura 6.14 a seguir mostra um exemplo possível de configuração para a rede de 3 STHs, desenhada a partir da Tabela 6.9. Observando a rede de STHs nos instantes de tempo (a) t = zero, (b) t = 5 anos e (c) t = 10, constata-se a alteração de sua configuração e do *status* dos STHs que a compõe. Lembrar que o objetivo inicial de se alterar as variáveis era tornar o STH-2 um STH definitivo (com 3 atributos), entretanto, esta intervenção alterou toda a rede de STHs.

Figura 6.14 – Exemplo de mudança na configuração da Rede de *Stakeholders*, nos instantes de tempo (a) t = zero, (b) t = 5 anos e (c) t = 10 anos.



Obs1: Considerando um cenário onde existam 3 STHs (STH-1, STH-2 e STH-3) no sistema e alteram-se suas variáveis com o objetivo de tornar o STH-2 um STH definitivo (com 3 atributos).

Obs2: os valores dos estoques estão conforme a Tabela 6.9.

Com essas análises em mente pode-se finalmente acrescentar o quarto e último STH (STH-4) ao sistema, remodelá-lo e simular seu comportamento, nas mesmas condições dos dois passos anteriores.

6.4. Passo 3: Simulação da dinâmica da Rede de STHs do PEB considerando todos os 4 STHs no sistema, STH-1 (Governo Federal), STH-2 (SINDAE), STH-3 (Usuários) e STH-4 (Parceiros Internacionais).

O CLD-3 mostrado na Figura 6.15, a seguir é um exemplo de como o sistema hipotético do PEB poderia ser representado caso fosse considerado os 4 STHs no sistema. O diagrama CLD-3 utiliza como referência o CLD-2, a Figura 6.1 e a Tabela 6.4. Observar que a inclusão do 4º *Stakeholder* no sistema acrescentou seis novos loops ao diagrama, os loops balanceados B9, B10, B11, B12 e B13 e o loop reforçado R2. As rotas dos loops foram configuradas da seguinte forma:

B9 = Política-4 → STH-2 → STH-4 ← Política-4

B10 = Legislação-2 → STH-2 → STH-4 ← Legislação-2

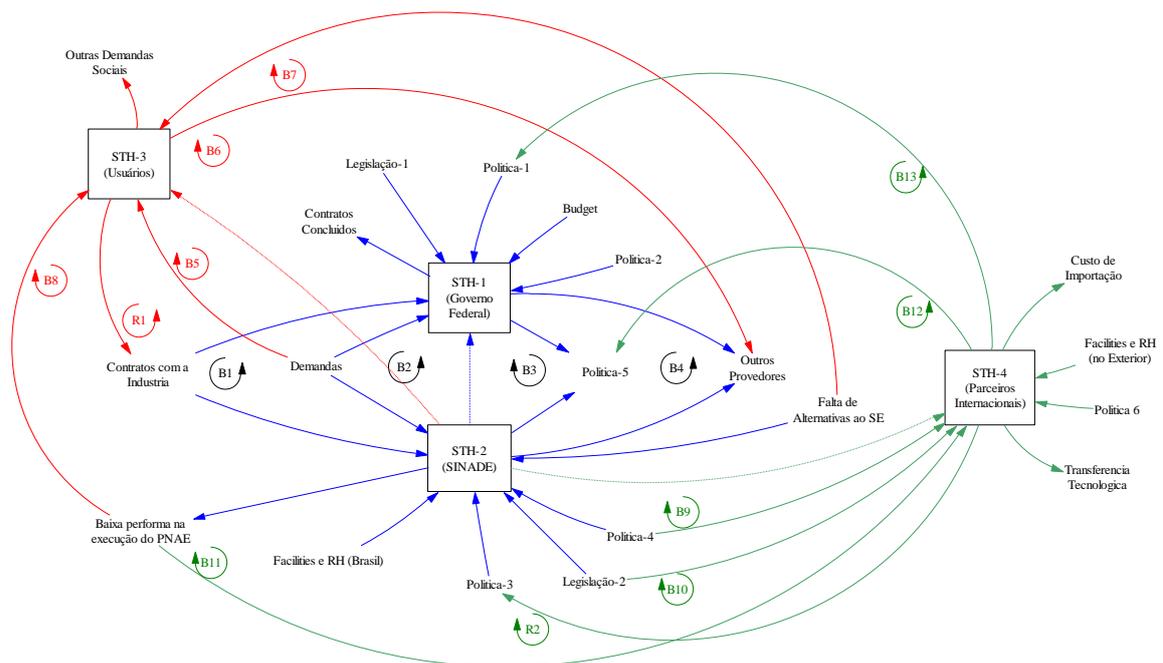
B11 = Baixa Performance na Execução do PNAE ← STH-2 → STH-4 ←
Baixa Performance na Execução do PNAE

B12 = Política-5 ← STH-2 → STH-4 → Política-5

B13 = Política-1 → STH-1 ← STH-2 → STH-4 → Política-1

R2 = Política-3 → STH-2 → STH-4 → Política-3

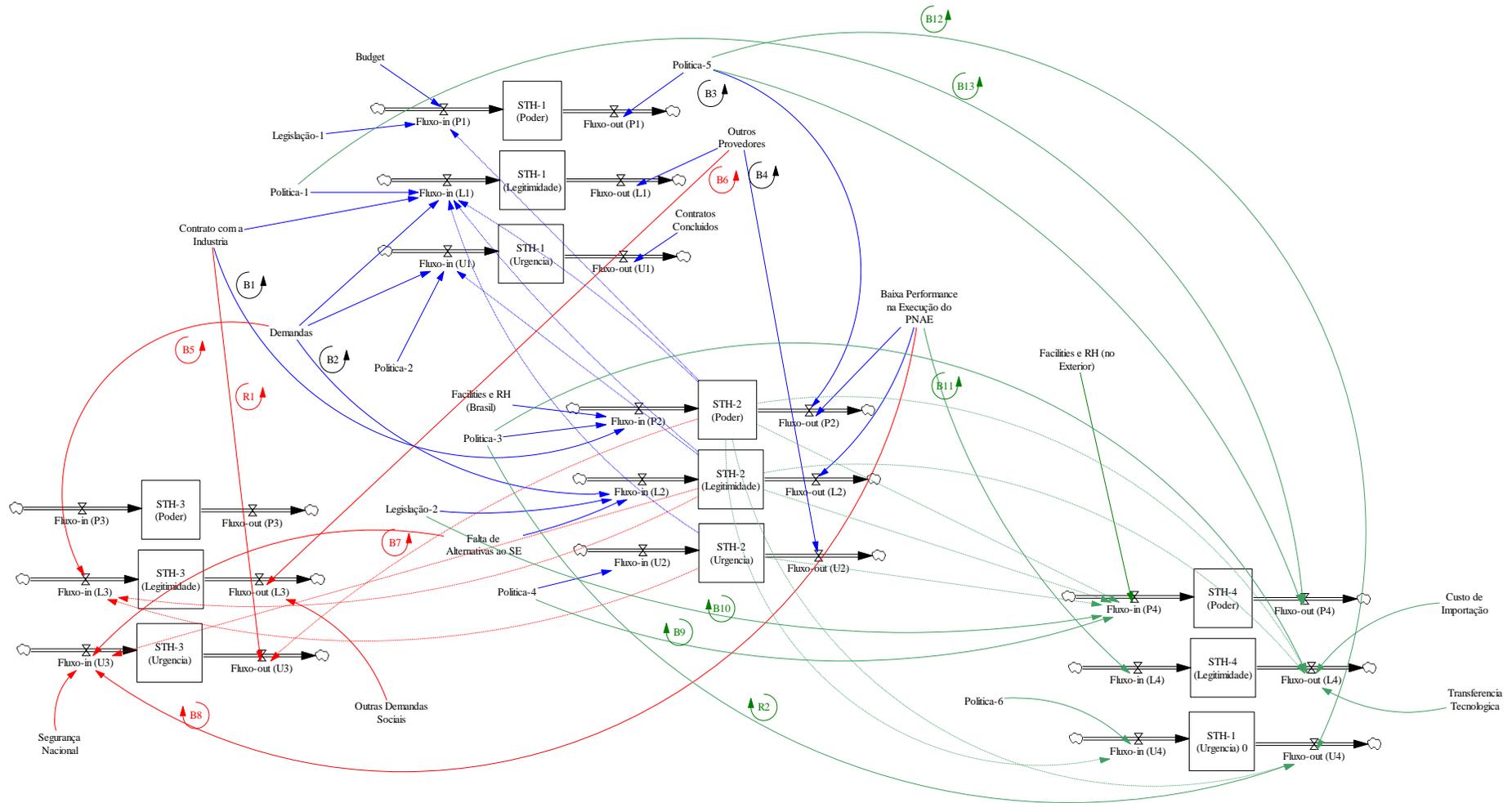
Figura 6.15 – CLD-3 Exemplo de Diagrama Causal do PEB considerando 4 STHs (STH-1, STH-2, STH-3 e STH-4) no sistema.



Obs.: STH1: Governo Federal; STH-2: SINDAE e STH-3: Usuários e STH-4: Parceiros Internacionais.

Partindo do CLD-3 constrói-se o SFD-3 conforme se vê na Figura 6.16. Observar que os loops B9, B10, B11, B12, B13 e R2, presentes em CLD-3, também aparecem no diagrama SFD-3.

Figura 6.16 – SFD-3 – Exemplo de Diagrama de Estoques e Fluxos, baseado no diagrama CLD-3.



Obs.: Existem Quatro Stakeholders no Sistema, STH1: Gov. Federal; STH-2: SINDAE; STH-3: Usuários e STH4: Parceiros Int..

Definindo os valores iniciais (valores em t_0) dos estoques dos atributos para os quatro STHs (conforme se vê na Tabela 6.10), pode-se esboçar a rede de STHs e em seguida dar início à simulação.

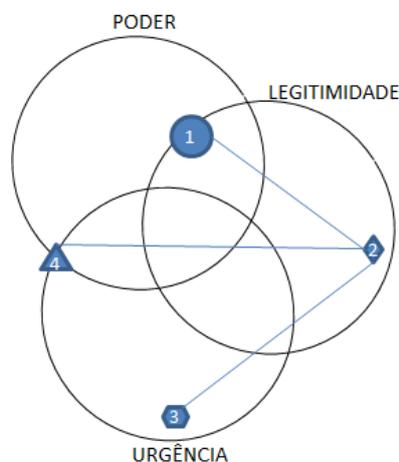
Tabela 6.10 – Valores iniciais dos níveis dos Estoques de Atributos dos *Stakeholders* STH-1, STH-2, STH-3 e STH-4.

	Valor Inicial (em t_0) do atributo Poder	Valor Inicial (em t_0) do atributo Legitimidade	Valor Inicial (em t_0) do atributo Urgência.	Soma dos Valores dos Atributos
STH-1	10	5	0	15
STH-2	0	3	0	3
STH-3	0	0	3	3
STH-4	2	0	2	4

Legenda: STH1: Gov. Federal; STH-2: SINDAE; STH-3: Usuários e STH4: Parceiros Int.

A Figura 6.17 a seguir mostra um exemplo possível de configuração para a rede de STHs desenhada a partir da Tabela 6.10.

Figura 6.17 – Exemplo possível de configuração da Rede de *Stakeholders* do PEB no instante de tempo $t = zero$, considerando um cenário onde existam 4 *Stakeholders* (STH-1, STH-2, STH-3 e STH-4) no sistema.

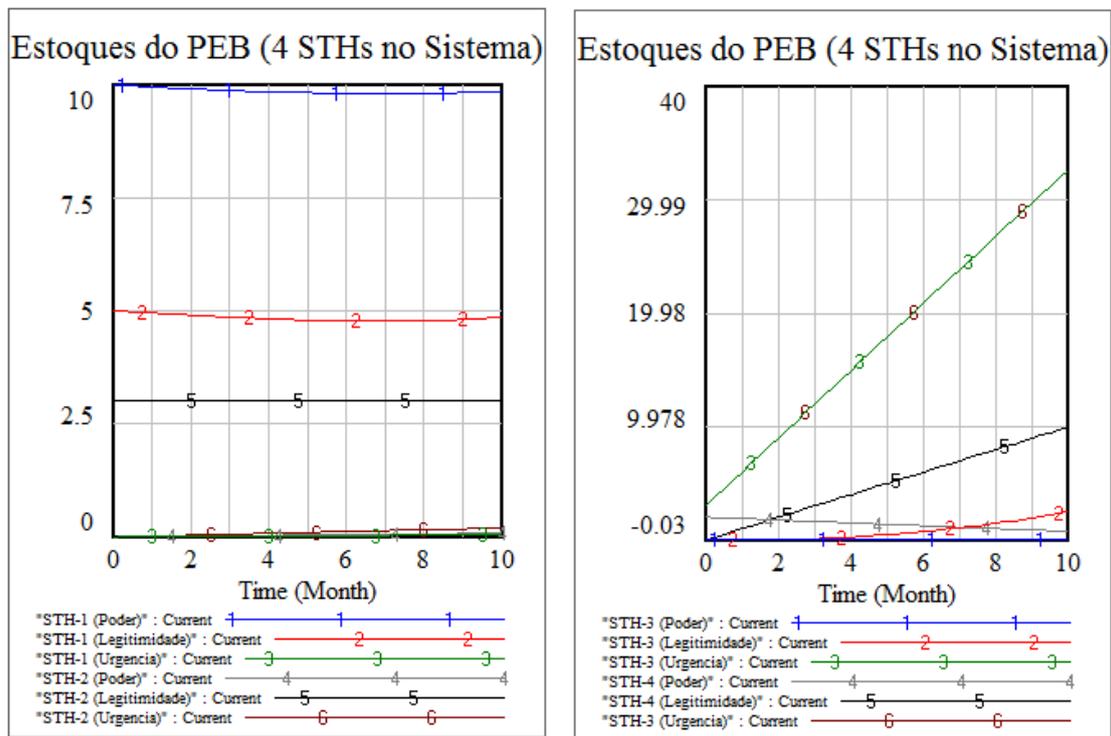


Obs1: STH1: Gov. Federal; STH-2: SINDAE; STH-3: Usuários e STH4: Parceiros Int.

Obs2: Os valores iniciais, dos níveis dos estoques, estão conforme a Tabela 6.10.

Os gráficos da Figura 6.18, a seguir, mostram o comportamento dos níveis dos estoques dos quatro *Stakeholders*, considerando que a simulação utilizou um intervalo de tempo de 10 anos. Assim como foi feito no passo 2, introduz-se o 4º *Stakeholder* (STH-4) no sistema utilizando como referência o SFD-2 (que continha 3 STHs). Os gráficos da Figura 6.18 mostram que a inserção do STH-4 não causou alteração nos níveis dos estoques dos outros 3 STHs, que já estavam representados no diagrama. Isto pode ser constatado comparando-se os gráficos das Figuras 6.12 e 6.18. A novidade, nesta simulação, recai sobre os estoques de STH-4 (Parceiros Internacionais). Observar que, quando o STH-4 foi adicionado no sistema, mantidas as mesmas condições do passo 2, os níveis de seus estoques de “legitimidade” e “urgência” aumentam, ao longo do tempo, enquanto o nível do estoque “poder” diminui.

Figura 6.18 – Simulação do sistema PEB para as condições do passo 3 (Inclusão do 4º *Stakeholder* no sistema).



(a)

(b)

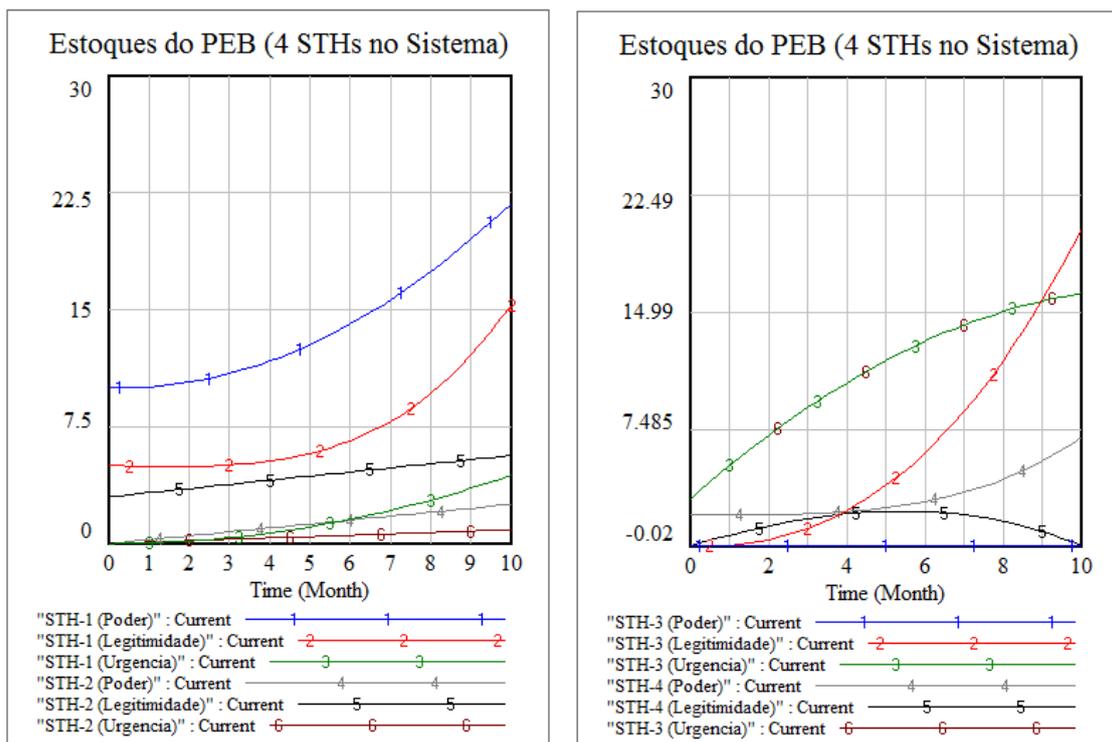
Obs1: Variação do nível dos estoques em STH-1, STH-2, STH-3, e STH-4.

Obs2: STH1: Gov. Federal; STH-2: SINDAE; STH-3: Usuários e STH4: Parceiros Int.

A exemplo do que foi feito na simulação do passo 2, o sistema foi novamente alterado (estimulado) para fazer com que o STH-2 (SINDAE) se torne um *Stakeholder* definitivo. Ou seja, as variáveis do sistema são alteradas conforme foi proposto na Tabela 6.6.

Os gráficos da Figura 6.19, a seguir, mostram o comportamento de todos os 4 STHs do sistema para um período de simulação de 10 anos. Percebe-se que ao estimular o sistema para tornar o STH-2 um STH definitivo os níveis dos estoques de todos os 4 STHs também se alteram. Isto pode ser constatado comparando-se os gráficos das Figuras 6.18 e 6.19.

Figura 6.19 – Simulação do sistema (composto por STH1, STH-2, STH-3 e STH-4), para mudar o *status* do STH-2 (SINDAE), transformando-o em um STH definitivo (com 3 atributos).



(a)

(b)

Em resumo, alterar o sistema para fazer com que o STH-2 (SINDAE) se tornasse um STH definitivo, ou seja, tenha seus atributos de poder, legitimidade e urgência aumentados, causou as seguintes mudanças nos demais STHs:

O STH-1 (Governo Federal) acompanhou a trajetória do STH-2 (SINDAE). Ou seja, tornar o SINDAE um STH definitivo causa impacto semelhante e ainda mais acentuado no Governo Federal.

No STH-3 (Usuários) o nível do estoque “poder” não se alterou, o nível do estoque “legitimidade” aumentou e o nível do estoque “urgência” teve sua trajetória de aumento contida. Em outras palavras, tornar o SINDAE um STH definitivo aumentou a legitimidade dos Usuários e conteve sua urgência.

No STH-4 (Parceiros Internacionais) o nível do estoque “poder” aumentou, o nível do estoque “legitimidade” foi reduzido e o nível do estoque “urgência” teve sua trajetória de aumento contida. Em outras palavras, tornar o SINDAE um STH definitivo aumentou o poder dos Parceiros Internacionais, conteve sua urgência e fez com que a legitimidade oscilasse.

Observar que podem existir outras variáveis (que inclusive foram mapeadas no SFD-3) ou combinação de variáveis, que podem ser alteradas para influenciar nos níveis de estoque (poder legitimidade e urgência) do STH-2, entretanto, nosso objetivo, com este exercício de simulação, é testar a nova **Metodologia STH/SD** e analisar as mudanças nos STHs do sistema.

Considerando os gráficos da Figura 6.19 pode-se dizer que, em um período de 10 anos, a configuração da rede de STHs evoluiu conforme se vê na Tabela 6.11 e na Figura 6.20.

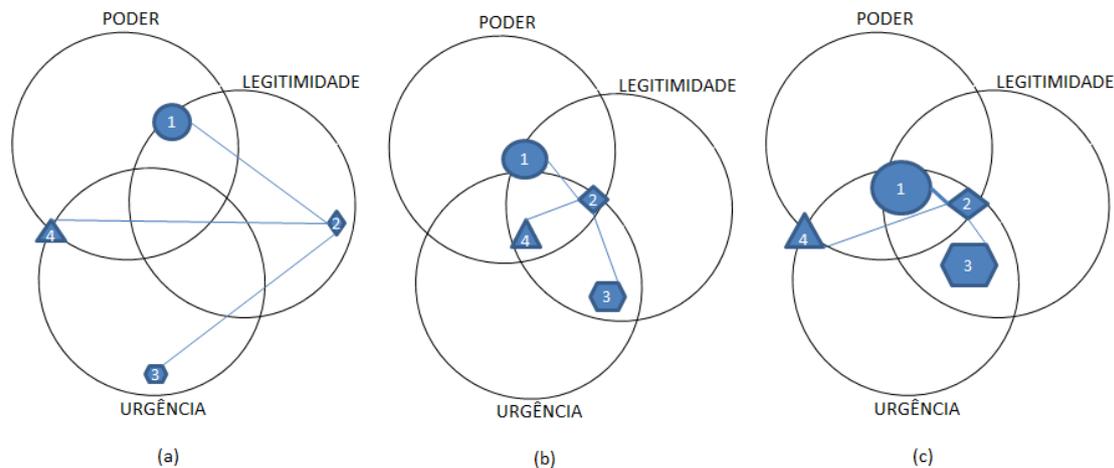
Tabela 6.11 – Valores aproximados dos níveis dos estoques, dos atributos dos quatro STHs do sistema (STH-1, STH-2, STH-3 e STH-4), nos instantes t=zero, t=5 anos e t=10 anos.

	Valor dos Atributos em t = 0			Soma dos Valores dos Atributos em t = 0	Valor dos Atributos em t = 5 anos			Soma dos Valores dos Atributos em t = 5 anos	Valor dos Atributos em t = 10 anos			Soma dos Valores dos Atributos em t = 10 anos
	P	L	U		P	L	U		P	L	U	
STH1	10	5	0	15	12	5,5	1,3	18,8	22	15	5	42
STH2	0	3	0	3	1,4	4,5	0,5	6,4	2,3	6	1	9,3
STH3	0	0	3	3	0	4	11	15	0	20	16	36
STH4	2	0	2	4	2,5	2,5	5	10	7	0	13	20

Legenda: Atributo Poder (**P**); Atributo Legitimidade (**L**); Atributo Urgência (**U**).

Na Figura 6.20 mostra-se um esboço possível para a configuração da rede de STHs considerando 4 STHs no sistema (desenhada a partir da Tabela 6.11). Na Figura 6.20 (a), (b) e (c) tem-se respectivamente a rede de STHs nos instantes de tempo t = zero, t = 5 anos e t = 10 anos. Esse é um exemplo hipotético do que pode ocorrer com a configuração da rede de STHs ao longo do tempo. Observar que ao longo da simulação, o STH-4 ganha e depois perde o atributo legitimidade à medida que o STH-2 torna-se um STH definitivo.

Figura 6.20 – Exemplo de mudança na configuração da Rede de STHs do sistema, nos instantes de tempo (a) t = zero, (b) t = 5 anos e (c) t = 10 anos.



Obs1: Considerando um cenário onde existem 4 STHs (STH-1, STH-2, STH-3 e STH-4) no sistema e alteram-se suas variáveis com o objetivo de tornar o STH-2 um *Stakeholder* definitivo (com 3 atributos).

Obs2: STH1: Gov. Federal; STH-2: SINDAE; STH-3: Usuários e STH4: Parceiros Int.

Obs3: os valores dos estoques estão conforme a Tabela 6.11.

Com as simulações apresentadas neste capítulo é possível concluir que, ao se utilizar a **Metodologia STH/SD** para mapear um sistema:

- 1) É possível capturar com sucesso a mudança nos atributos dos *Stakeholders* e conseqüentemente a mudança na configuração da rede que os interconecta.
- 2) É possível planejar possíveis cenários de influência para os STHs do sistema, promovendo mudanças (estímulos) nas variáveis do sistema.
- 3) É possível dar início ao modelamento de um sistema complexo, idealizando células ou moléculas que representem parcialmente o sistema a ser modelado.
 - a. Tais células e/ou moléculas podem contribuir para se construir, de forma incremental, o modelo completo e definitivo do sistema.

7 DISCUSSÕES GERAIS.

Neste capítulo faz-se uma análise crítica da tese, levantando-se os possíveis questionamentos sobre os resultados alcançados, as melhorias que ainda podem ser implementadas e as lições aprendidas.

Este capítulo está estruturado em quatro pilares, a saber:

- A revisão bibliográfica sobre a Teoria STH e sobre a Metodologia SD
 - Pesquisa sobre os *Frameworks* desenvolvidos e aplicados.
- A Lacuna Dinâmica.
- Trabalhos semelhantes aquele proposto como tema central desta tese.
- Perguntas pertinentes sobre o trabalho de tese.

Introdução

A necessidade contínua de mudanças nos processos, produtos e nas organizações é uma realidade do mundo competitivo dos negócios, conforme foram sinalizados nos trabalhos dos autores Bertalanffy, Freeman R., Forrester, Geels etc. Conforme aqueles autores sinalizaram, a dinâmica na mudança das coisas é uma oportunidade e um incentivo para se idealizar novos instrumentos de gestão e planejamento, capazes de dar maior visibilidade e de melhorar a performance das corporações. É neste íterim que a Metodologia STH/SD se insere.

Combinar a teoria STH e a metodologia SD não é uma novidade, esta abordagem já foi sugerida por Elias et al. (2000) como uma potencial linha de pesquisa e mencionada mais recentemente por Voinov (2010; 2016) em suas pesquisas sobre métodos de modelagem de STHs e a necessidade de criar modelos adaptativos para representá-los. Autores como Elias (2012); Inam et al. (2015); Lu et al. (2017); Zaini et al. (2015); Zwikael et al. (2012), propuseram formas particulares para combinar STH e SD. O objetivo daqueles trabalhos (bem como o da presente tese) é utilizar a teoria STH e a metodologia SD para modelar uma situação problemática, de tal forma que seja possível analisar e

gerenciar o comportamento (e/ou os recursos) de um determinado sistema. Comparando aqueles trabalhos com a atual tese de doutorado, pode-se dizer que um dos diferenciais desta tese está na configuração inovadora, denominada Metodologia STH/SD, utilizada para combinar a Teoria STH e a Metodologia SD, expressa na forma de *Frameworks* e *Workflows*.

A forma encontrada para discutir e correlacionar a Metodologia STH/SD aos trabalhos recentes e semelhantes encontrados na literatura é feita por meio de questionamentos ou temas e as respostas a estes itens.

- 1) Qual a diferença dos trabalhos recentes, que abordam conjuntamente o tema STH e SD, com a Metodologia STH/SD, proposta nesta tese?

Os trabalhos de Elias (2012); Inam et al. (2015); Lu et al. (2017); Zaini et al. (2015); Zwikael et al. (2012) utilizam a teoria STH e a metodologia SD para mapear uma situação problemática e simular o comportamento do sistema. As 5 referências citadas anteriormente elegem os STHs que devem fazer parte do sistema e determinam um contexto onde estes STHs estão inseridos. Definidos os STHs e o contexto, os autores sugerem que se inicie imediatamente a construção dos diagramas (CLD e SFD) da modelagem SD e posteriormente se faça a simulação do sistema. Fazer a transição do contexto onde estão inseridos os STHs, diretamente para os diagramas CLD e SFD é uma atividade que exige grande *expertise* do projetista e conhecimento da situação problemática, visto que, há muita abstração nesta forma de modelagem. Uma das diferenças entre as formas de modelagem propostas naqueles trabalhos e a Metodologia STH/SD está no método de combinar as duas áreas de conhecimento (STH & SD) e produzir o modelo do sistema. Os *Frameworks* e a tabela de vinculação, que sintetizam a Metodologia STH/SD, mostram com clareza como se pode construir, passo a passo, o vínculo entre as duas áreas do conhecimento. Na tabela de vinculação faz-se a seleção dos STHs mais relevantes do sistema (utilizando o método de classificação proposto por Mitchell et al. (1997) que utiliza 3 atributos para selecioná-los), em seguida extraem-se do sistema quais são suas atividades mais importantes e faz-se o vínculo (de forma

recursiva) entre “Atividades & STHs”. Uma vez que os STHs e suas principais atividades foram mapeados, faz-se uma proposta dos potenciais elementos da modelagem SD (variáveis, fluxos e estoques) que poderiam traduzir aquelas atividades em estoques de poder, legitimidade e urgência, vinculando-as a cada STH. Concluída a tabela de vinculação, parte-se então para construção (de forma recursiva) dos diagramas CLD e STD (típicos da modelagem SD) e finalmente faz-se o equacionamento e a simulação do sistema. A tabela de vinculação, que traduz as atividades dos STHs em elementos da modelagem SD, é uma novidade. É nessa tabela que se organizam as informações sobre os STHs e os elementos da modelagem SD. É dessa tabela que deve emergir os futuros diagramas (CLD e SFD) característicos da modelagem SD. A Metodologia STH/SD parte para a construção dos diagramas causais somente depois de construir a tabela de vinculação e de correlacionar seus elementos (colunas e linhas). Diferente dos artigos citados anteriormente que partem de um dado contexto e imediatamente começam a esboçar os diagramas causais. Nas formas de modelagem propostas nas referências citadas anteriormente exige-se do projetista um grau maior de maturidade para materializar os diagramas (CLD e SFD) partindo apenas do contexto do sistema (ou da situação problemática).

Outro diferencial deste trabalho de tese é **utilizar atributos** (como por exemplo, o poder, a legitimidade e a urgência, de cada STH) **como estoques**, para se modelar e simular a dinâmica de funcionamento de um sistema de STHs. A Metodologia STH/SD está sintetizada no *Workflow* da Figura 5.2 e nos *Frameworks* das Figuras 5.1 e 5.3 e 5.12.

- 2) Por que utilizar o trabalho de Mitchell et al. (1997) para classificar e selecionar os STHs mais relevantes do sistema como um dos pilares desta tese, visto que, esta é uma referência antiga, e conforme mencionado na própria tese, existem referências mais atuais que tratam da classificação e da relevância dos STHs de um sistema?

O trabalho de Mitchell et al. (1997) se destaca, ainda hoje, pela clareza com a qual explicitou o sistema, pela simplicidade da proposta de captura e identificação da relevância dos STHs de um sistema, pela escolha/definição dos três atributos mais significativos para classificar os STHs, **pela menção à característica dinâmica dos STHs**, pelo número de vezes que ainda é referenciado nos trabalhos atuais sobre gestão de STHs, etc. Trabalhos que sucederam o trabalho de Mitchell et al. (1997), propondo formas de ampliá-lo ou complementá-lo p. exe. (ALI, 2017; DRISCOLL; STARIK, 2004; FASSIN, 2012; LUOMA-AHO, 2005; OJALA; LUOMA-AHO, 2008) produzem estruturas mais elaboradas, entretanto, mais poluídas sobre as conexões dos STHs e poderiam comprometer a clareza ao se apresentar a Metodologia STH/SD.

De qualquer forma a Metodologia STH/SD, proposta neste trabalho de tese, continua válida para quaisquer atributos que se deseje utilizar.

- 3) Fassin foi um dos autores que mencionou de forma mais taxativa a lacuna existente na forma de representar a dinâmica da estrutura de interconexão dos STHs. O autor deu sequência à exploração desta lacuna de conhecimento?

O autor não explorou a lacuna de conhecimento detectada em seus trabalhos antigos (FASSIN, 2008, 2011). Em trabalhos mais recentes o autor se concentra em pesquisar novos atributos ou outras formas de classificar STHs (FASSIN, 2012) ou a formas de gerir STHs e gerar valor.

- 4) Trabalhos mais recentes como, por exemplo, Hunt et al. (2013) fazem menção a cenários futuros para prever e planejar a evolução de um sistema. Qual a diferença de sua pesquisa com as propostas feitas por Hunt et al. (2013)?

Hunt et al. (2013) propõem um *Framework* (baseado em Excel) chamado *Future Performance Framework* (FPF) capaz de ser utilizado nos processos de tomada de decisão. O *Framework* incorpora o pensamento futuro em cenários urbanos, associando-os à estrutura de engenharia de

sistemas terrestres. Segundo os autores a construção dos meios urbanos baseada apenas em tendências históricas, legados e retrospectivas são insuficientes para descrever as tendências dos sistemas complexos modernos (que precisam combinar as necessidades humanas, os sistemas tecnológicos e o meio ambiente). O *Framework* proposto por Hunt mapeia as demandas humanas (p.ex. gás, água, energia, etc.) com os recursos naturais disponíveis, dispondo-os em um quadro bidimensional (exemplos semelhantes podem ser vistos no Anexo A). O posicionamento daqueles elementos permite planejar o uso eficiente dos recursos.

O Trabalho de Hunt et al. (2013) difere da Metodologia STH/SD na forma de mapear e representar o sistema, nas ferramentas de captura da situação problemática e na forma de simular e prever potenciais cenários. Apesar de trabalhar com planejamento e predição não é possível fazer uma simulação temporal de cenários utilizando o *Framework* FPF. A Metodologia STH/SD é diferente, pois, incorpora o elemento dinâmico em suas análises.

5) Que relação a Metodologia STH/SD tem com o *Group Model Building* (GMB)?

Para Andersen et al. (2007) GMB é um conjunto de técnicas utilizadas para construir modelos utilizando a abordagem SD. Essas técnicas enfatizam a necessidade de envolver diretamente os STHs (em encontros presenciais *face-to-face*) no processo de formulação, concepção, análise e tomada de decisão, para se modelar adequadamente uma situação problemática. Os autores também mencionam que GBM pode ser interpretado como uma forma de estruturação de problemas (*Problem Structuring Methods – PSM*). O PSM é um conjunto de métodos estudados dentro da disciplina Pesquisa Operacional (OR). No capítulo 4 (item 4.9.2) e no Anexo F explica-se sobre o vínculo existente entre a Pesquisa Operacional (OR) e a Modelagem SD (M. SD).

Para autores como Vennix (1990, 1996, 1999); Vennix et al. (1990); Richardson; Andersen (2010); Magnuszewski; Sendzimir (2009); Golnam et al. (2011); Siokou (2014), GMB é uma abordagem que melhora a compreensão dos problemas, aumenta o engajamento das pessoas no pensamento sistêmico, aumenta a confiança no uso de ideias sistêmicas e desenvolve consenso para tomada de decisão entre diferentes *Stakeholders* (STHs). No Anexo E (*Overview: Processos de Modelagem*) mostra-se um exemplo de *Framework* utilizado para aplicar a abordagem GMB.

Todas as referências citadas anteriormente enfatizam a importância de mapear os interesses dos STHs quando se utiliza a abordagem GMB, entretanto, deixam a critério do analista (projetista do modelo) escolher uma forma de estruturar o problema e explicitar a situação problemática. Está implícito que a abordagem GMB pode utilizar as metodologias sugeridas dentro das disciplinas MCDA (*Multiple Criteria Decision Analyse*) e PSM, oriundas da OR, como instrumentos de apoio no processo de modelagem. A Metodologia SD é apresentada em alguns estudos da OR como uma abordagem da PSM.

De uma forma geral, pode-se dizer que GMB é um conceito enquanto a Metodologia STH/SD é um instrumento de modelagem. A Metodologia STH/SD é específica em dizer como se deve fazer o vínculo entre os STHs, suas atividades e os elementos da modelagem SD. A Metodologia STH/SD, proposta neste trabalho de tese, poderia ser mais uma das ferramentas de modelagem a ser utilizada na abordagem GMB.

6) Qual a diferença entre Metodologia STH/SD e a Metodologia MATE?

A metodologia *Multi-Attribute Tradespace Exploration* (MATE) foi desenvolvida no MIT⁵² (DILLER, 2002) para explorar as potenciais arquiteturas de negócio que se formam quando se exercita uma relação

⁵² O MIT oferece cursos dentro da disciplina de engenharia inclusive sobre MATE. Disponível em: http://seari.mit.edu/short_courses.php Acesso em: jan. 2018.

comercial ou quando se desenvolve um sistema. Essa metodologia é estudada dentro da disciplina de engenharia de sistemas e defende a ideia que, “explicitar as potenciais arquiteturas de um sistema é um passo que precede à otimização dos processos envolvidos nos negócios”. Existem trabalhos específicos sobre a utilização da metodologia MATE em processos de concepção de missões espaciais onde se combina a MATE com a engenharia concorrente para aproximar os *Stakeholders* e produzir soluções que atendam a múltiplos interesses (DILLER, 2002; ROSS et al., 2004).

É possível dizer também que a metodologia MATE é um processo de otimização. Ela utiliza a função utilidade e diagramas de Pareto para, respectivamente, modelar e explicitar o sistema e indicar, previamente, qual é o melhor *design* para a estrutura de negócio, de tal forma a entregar valor durante todo o ciclo de vida do sistema. A Metodologia STH/SD difere da MATE, na forma de capturar os STHs, na forma de representá-los e na forma de simular seu comportamento. A Metodologia STH/SD permite que se provoque instantaneamente o sistema e se observe seu comportamento ao longo do tempo. A MATE parte de cenários preconcebidos. Não há vínculo entre as duas metodologias a não ser o propósito de considerar a dinâmica do sistema.

- 7) Qual a diferença entre a Metodologia STH/SD e a Metodologia *Stakeholder Value Network* (SVN).

Para falar sobre SVN pode-se utilizar o trabalho de Sutherland (2009) que mapeia quantitativamente e qualitativamente o fluxo de valor em uma rede de STHs (utilizando como cenário uma missão espacial). O autor utiliza como referência inicial uma rede simples de STHs, conforme proposto no trabalho de Freeman (1984), e cria mapas de STHs utilizando Loops de valor, conforme sugerido por Cameron (2007). Sutherland (2009) vai além dos diagramas sugeridos por aquelas referências, elicitando os requisitos que capturam as expectativas dos STHs, e construindo um ranking com pesos para os requisitos de todos os STHs. Os fluxos de valor mapeados pelo autor indicam,

quantitativamente, quais conexões têm maior relevância. É um trabalho que permite visualizar a rede de STHs, os *links* entre os STHs e a intensidade desta relação. Segundo Cameron (2007, p. 3) a SVN utiliza uma metodologia numérica para evidenciar os caminhos mais relevantes dentro da rede de STH.

A Metodologia STH/SD tem uma abordagem diferente daquela apresentada na SVNs. Enquanto aquela constrói uma arquitetura de decisão, baseada na capacidade de entrega de valor dos STHs, para priorizar objetivos, esta tese defende a ideia de que é possível combinar duas áreas de conhecimento e produzir uma nova metodologia de modelagem. A Metodologia STH/SD se propõe a explicitar a rede de STHs, por meio de estoques e fluxos que representem os atributos dos STHs, e defende a ideia de que o modelo que representa tal rede é sensível à dinâmica da interação entre os STHs. O modelo produzido ao utilizando a Metodologia STH/SD permite simular potenciais cenários de comportamento dos estoques dos STHs da rede. A SVN mapeia a capacidade de entrega de valor dos STHs.

Sutherland (2009, p. 35 e 36) diz explicitamente que a Metodologia SD não se aplica ao propósito de construir SVNs.

Entretanto, observa-se que a Metodologia STH/SD foi além da Metodologia SD, quando incorporou a teoria STH. Essa novidade permite reavaliar a afirmação de Sutherland e concluir que existe uma semelhança entre as duas formas de abordagem e que em trabalhos futuros seria interessante tentar combiná-las em uma nova metodologia de modelagem. Outros trabalhos que inspiram tal fusão são; o trabalho de Grossi (2003) sobre redes de STHs e o trabalho de Geels (2002, 2007) sobre mudanças sócio-técnicas.

Outro ponto importante sobre o trabalho de Sutherland (2009) é que seus exemplos sobre redes de STHs (p.ex. Fig. 10 p. 33) podem ser utilizados como referência para inspirar estudos de caso envolvendo o PEB.

- 8) Qual a relação do *dynamic fuzzy simulation* com a Metodologia STH/SD.

Para Wieland; Gutzler (2014), *dynamic fuzzy simulation* (DFS) é um processo de otimização que visa reduzir a complexidade dos modelos dinâmicos. Segundo Ghazanfari et al. (2003), em alguns casos a Modelagem SD pode produzir loops causais “difusos” que não podem ser explicados claramente e cujos significados são vagos e imprecisos. Ghazanfari et al. (2003) explica que, nestes casos seria melhor utilizar a Metodologia SD associando-a à lógica Fuzzy, pois, a lógica Fuzzy é uma boa interface para resolver problemas vagos e imprecisos, que possam surgir na Modelagem SD. Ghazanfari et al. (2003, p. 6) propõe que se faça uma alteração na estrutura da modelagem SD proposta por Forrester, introduzindo no *kernel* de programação um algoritmo que implemente a lógica Fuzzy. O autor argumenta ainda que a inteligência artificial pode ser uma ferramenta de apoio para resolver os problemas da Modelagem SD Fuzzy.

Como essa área do conhecimento trata de reescrever o software de Modelagem SD conclui-se que se aprofundar neste tema fugiria do objetivo central da tese.

- 9) Esta monografia menciona várias vezes o termo multi-objetivo. Por que sua tese não tratou do termo “Otimização Multi-Objetivo”?

Otimização multiobjetivo é um método quantitativo, estudado dentro da disciplina de simulação de sistemas, para otimizar sistemas representados por múltiplas funções objetivo, p. exe. (FARD et al., 2014). Como este tema pertence a uma área de conhecimento otimização, e foge do foco desta tese, ela não será tratada aqui. Otimizar os sistemas modelados pela Modelagem STH/SD poderia ser uma questão abordada em trabalhos futuros.

- 10) É possível relacionar a Metodologia STH/SD com a Engenharia de Sistemas?

No Capítulo 4 faz-se uma menção sobre SD e Teoria Geral de Sistemas. Analisando a Figura 3.19 é possível concluir que a Metodologia STH/SD, proposta neste trabalho de tese, é um instrumento de modelagem que está correlacionado com as áreas de conhecimento que fazem interface com a engenharia de sistemas. A Figura 3.20, que mostra um mapa da evolução da complexidade dos sistemas, corrobora com tal conclusão, pois, pode-se inferir que existe sintonia entre a Metodologia STH/SD e a evolução de algumas das áreas de pesquisa destacadas ali (p. ex. Teoria dos Sistemas Dinâmicos, Ciência dos Sistemas, Teoria dos Sistemas Complexos, Cibernética, Inteligência Artificial, Ciências Cognitivas).

A Tabela B.1 (no Anexo B) faz uma comparação entre *System Thinking*, *System Engineering* e *Engineering System*. Pode-se observar ali o vínculo entre a Metodologia STH/SD e *Engineering System*.

11) É possível relacionar a Metodologia STH/SD com a Engenharia Concorrente (ou Engenharia Simultânea)?

A engenharia concorrente é uma resposta contemporânea à necessidade de aumentar a eficiência na execução dos projetos, face a um mundo cada vez mais competitivo e globalizado. Ela é a antítese da forma isolada e serial de se conceber e executar os projetos. No passado, os projetos tinham duas fases distintas em seu ciclo de vida. Na primeira fase se concebia o projeto e na segunda fase o projeto era executado. Eventuais restrições (devidas aos processos, materiais, equipamentos, novas tecnologias, etc.), que surgissem na fase de execução, e que não tivessem sido consideradas na fase de concepção, exigiam ações corretivas que necessariamente eram implementadas pela equipe de execução. Este conflito entre planejamento e execução era tolerado em um ambiente de baixa concorrência, menos dinâmico e complexo do que o ambiente corporativo globalizado atual. A engenharia concorrente surgiu como uma resposta a este tipo de conflito e ineficiência operacional.

Alguns autores definem a Engenharia Concorrente como uma abordagem sistemática para o desenvolvimento integrado e paralelo de produtos. Ela procura fazer com que as pessoas (*Stakeholders*) envolvidas no desenvolvimento considerem, desde o início, todos os elementos do ciclo de vida do produto, da concepção ao descarte, incluindo qualidade, custo, prazos e requisitos dos clientes. A Engenharia Concorrente enfatiza o atendimento das expectativas dos clientes (*Stakeholders*) e inclui valores sobre o trabalho em equipe, tais como cooperação, confiança e compartilhamento, de forma que as decisões sejam tomadas em paralelo e de forma recursiva, sincronizadas com pequenas modificações para produzir consenso (PRASAD, 1996).

Existem grupos de engenharia simultânea, dedicados a conceber missões espaciais, constituídos por equipes na NASA⁵³, ESA, INPE, etc. Nesses ambientes sistêmicos e cooperativos, constituído por inúmeros STHs, o planejamento das missões é efetuado simultaneamente por todas as equipes envolvidas nos projetos (p. ex. clientes, arquitetos elétricos, mecânicos, equipes envolvidas com *programatics*, etc.).

Considerando o exposto pode-se dizer que a Metodologia STH/SD, desenvolvida neste trabalho de tese, poderia ser uma ferramenta de apoio à disciplina de planejamento de missões espaciais (p.ex.: *programatics*), modelando o sistema de STHs e simulando os cenários para as soluções candidatas, produzidas pela equipe de engenharia. Ou ainda a Metodologia STH/SD poderia ser um instrumento de apoio no planejamento da execução de atividades que possam ser implementadas em paralelo, configurando-se com um instrumento de auxílio na gestão e integração de projetos.

⁵³NASA: CONCURRENT ENGINEERING GUIDELINE FOR AEROSPACE SYSTEMS. Disponível em: <https://engineer.jpl.nasa.gov/practices/2204.pdf>, Acesso em: jan. 2018. Concurrent Engineering in the Jet Propulsion Laboratory Project Design Center <https://trs.jpl.nasa.gov/bitstream/handle/2014/19149/98-0397.pdf?sequence=1>

12) Por que utilizar a T. STH e a M SD para modelar o PEB e não uma ferramenta como o SYS-ML ou o UML, geralmente referenciadas dentro da engenharia de sistemas, como instrumento para modelar sistemas complexos?

Para responder a essa pergunta pode-se utilizar duas excelentes referências, (1) Estefans (2008) que faz um *overview* e uma comparação entre as principais metodologias utilizadas pela indústria para modelar sistemas de engenharia e (2) Mhenni et al. (2014) que aplica a metodologia SysML para modelar um sistema mecatrônico.

Segundo Mhenni et al. (2014, p. 219) a UML (*Unified Modeling Language*) é uma linguagem de modelagem excessivamente orientada ao desenvolvimento de softwares e não é apropriada para atender à demanda da engenharia de sistemas por ferramentas de desenvolvimento que permitam projetar sistemas complexos e expor, de forma clara os fluxos existentes entre os componentes do sistema e gerenciar alguns de seus aspectos. Essa lacuna/característica na Linguagem UML levou a OMG (*Object Management Group*) a propor a linguagem SysML que em síntese combina a linguagem UML com as ferramentas de engenharia dedicadas ao *design* gráfico (p.ex. *Enhanced Functional Flow Block Diagram* - EFFBD). Segundo Estefan (2008, p. 52) a SysML emerge desta fusão não como um software nem como uma metodologia, mas sim como uma linguagem de modelagem visual, capaz de modelar uma ampla gama de problemas de engenharia de sistemas sendo particularmente eficaz na especificação de requisitos, padronização, estruturação (de restrições e propriedades) do sistema. Segundo Mhenni et al. (2014), por ser orientada ao objeto a SysML pode ajudar a executar tarefas no *design* de sistemas complexos, como por exemplo, estudos de confiabilidade e a diagramação em blocos. Ainda segundo o autor, a SysML está se adaptando, cada vez mais, às necessidades das indústrias (p.ex. automotiva, aeronáutica, etc.).

Em um contexto ainda mais amplo do que o SysML pode-se citar as metodologias de modelagem que fazem parte da *Model Based Systems*

Engineering (MBSE) utilizadas atualmente pela indústria para dar suporte à engenharia de sistemas (ESTEFAN, 2008). A MBSE se caracteriza como uma coleção de processos, ferramentas e métodos utilizados para dar suporte à disciplina de engenharia de sistemas no contexto “*Model-Based*” ou “*Model-Driven*”. Segundo Estefan (2008) a SysML aparece como um instrumento de diagramação em inúmeras metodologias MBSE. O autor menciona ainda que existem várias metodologias MBSE disponíveis comercialmente a exemplo da “*control and state-based MBSE methodology*” desenvolvida pela *Jet Propulsion Laboratory* (JPL) para modelar sistema de engenharia.

Assim é perfeitamente possível aplicar o SysML para modelar visualmente o PEB. Deve-se observar entretanto que, nesse tipo de modelagem o foco seria a captura dos requisitos dos clientes e depois a tradução deste requisitos em requisitos do sistema. Com a modelagem SysML é possível mapear as funções do sistema (*blackbox*) e posteriormente traduzi-las em soluções de engenharia (*white-box*). O foco é representar visualmente o sistema e fazer a sua diagramação lógica planejando formas de verificar e validar sua estrutura funcional.

A Metodologia STH/SD tem uma aplicação diferente, ela é um instrumento de modelagem e simulação da dinâmica dos sistemas constituídos por *Stakeholders* (STHs). Ela tem um compromisso com a dinâmica dos STHs e foi concebida para explorar, de forma preditiva, os potenciais cenários futuros, gerados pela mudança de *status* e de interação dos STHs de um sistema. Ela é um instrumento de apoio à tomada de decisão nas atividades de análise, planejamento e gestão de sistemas.

A Modelagem SysML é um instrumento de modelagem paramétrico a exemplo do que propõem algumas das metodologias enquadradas como MBSE. Todavia, Estefan (2008, p. 36 tabela 3.6) menciona que existem iniciativas de se adicionar módulos de simulação, (p.ex. *Object-Process Methodology* – OPM e Vitech CORE/COREsim) na modelagem SysML para executar testes funcionais, de performance, de interface, etc. (p.ex.

Vitech MBSE). Essa funcionalidade aproxima a Vitech MBSE da proposta de modelagem contida na Metodologia STH/SD.

A Metodologia STH/SD também trabalha com parâmetros sistêmicos, todavia, ela é uma forma particular de modelar um sistema. Ela é menos abrangente do que a metodologia Vitech MBSE (que utiliza o SysML). Apesar de ser uma forma mais simples de modelar um sistema a Metodologia STH/SD é proporcionalmente mais rápida de ser aplicada, seu foco está na dinâmica do sistema. A Metodologia STH/SD se propõe a apoiar o analista na visualização e entendimento do comportamento do sistema enquanto a metodologia MBSE (baseada no SysML) se preocupa em atender os requisitos funcionais do sistema para projetá-la da forma mais completa possível.

13) Como sua tese se relaciona com a BOR (*Behavioural Operational Research*)?

WHILE(2016) explica que a BOR (*Behavioural Operational Research*) é o estudo que correlaciona a pesquisa comportamental clássica com a Pesquisa Operacional (OR), ou seja, é a OR comportamental. Mander et al., (2016, p. 47) explica sobre a complexidade do *business* dos sistemas industriais modernos e ressalta a importância de considerar os aspectos humanos nos modelos que se propõe a simular tais sistemas. O autor faz menção às características sócio técnicas dos sistemas modernos (a exemplo do que menciona GELLS, 2005) e menciona a dificuldade de representar o fator humano nos modelos, visto que, a componente humana provavelmente impõem ao modelos uma característica não passiva (ver menção ao dinamismo dos sistemas no item 3.1 “*Managing complexity*” de ACKERMANN, 2012), que muda ao longo do tempo e de acordo com a cognição do indivíduo, de acordo com o cenário, etc. Kunc (2016) menciona os experimentos de modelagem, feitos no ambiente dos negócios corporativos, para capturar o comportamento humano, utilizando a M. SD,

A Metodologia STH/SD proposta neste trabalho de tese não trata de modelar o fator humano conforme mencionado pelos autores do parágrafo acima, que escrevem sobre OR, PSM e BOR. Todavia, ao representar os STHs do sistema utilizando os seus atributos, possivelmente, parte do comportamento humano dessas entidades poderia ser indiretamente capturado. Vale observar que, por exemplo, quando os atributos são o poder a legitimidade e a urgência (conforme sugerido por Mitchell et al, 1997) indiretamente o que se está capturando é a leitura (feita pelo analista ou projetista do modelo) sobre o comportamento dos STHs no sistema. Para comparar o verdadeiro vínculo entre a BOR e a Metodologia STH/SD seria necessário fazer um estudo mais aprofundado, identificando possíveis formas de correlacioná-las. Este seria um assunto que poderia ser explorado como trabalhos futuros.

Vale responder finalmente que, a decisão por evitar esforços para construir a Metodologia STH/SD deveu-se ao histórico de aplicações, bem sucedidas, em contextos de negócios dinâmicos, nos quais a Metodologia SD vem sendo aplicada nos últimos 50 anos (p. ex. planejamento urbano, planejamento de contenção de epidemias, manejo de recursos hídricos, etc.). Em nossa visão o PEB é um candidato natural a ser modelado por uma metodologia dinâmica. Todavia não bastava modelar a dinâmica do sistema, nos pareceu importante explicitar a rede de STHs que compõem o sistema PEB, por isto utilizou-se a Teoria STH para, a partir dela, construir os elementos básicos do sistema e baseados nestes elementos construir os modelos dinâmicos. A Teoria STH nos pareceu imprescindível também devido ao aumento de publicações enfatizando a necessidade de fazer uma gestão multiobjectivo dos STHs que compõem os complexos sistemas organizacionais modernos.

8 CONCLUSÕES E PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS.

As conclusões apresentadas aqui são fruto de um confronto entre os resultados alcançados, com este trabalho de tese, e o objetivo específico definido inicialmente. Procura-se resgatar e relatar parte das lições aprendidas, com ênfase àquelas pertinentes ao escopo deste trabalho. Faz-se também uma menção sobre possíveis trabalhos futuros que este trabalho de tese pode inspirar.

8.1. Introdução:

Durante o trabalho de tese ficou patente que todas as áreas do conhecimento humano vêm experimentando, de uma forma crescente, um aumento de complexidade em seu ambiente de atuação. Autores renomados, como por exemplo, Bertalanffy que escreve sobre a teoria dos sistemas (ver detalhes no Anexo B); Freeman R. que escreve sobre a teoria *Stakeholder* (ver detalhes no capítulo 3); e Forrester e Sterman que escrevem sobre a metodologia de modelagem SD (ver detalhes no capítulo 4), alertam para o fato de que o aumento da complexidade nos sistemas deve impor, de forma crescente, uma postura dinâmica e holística no planejamento e na gestão desses sistemas. Aqueles autores argumentam ainda que, a complexidade dos sistemas pode ter várias origens, por exemplo, pode estar associada ao aumento do conhecimento humano, ao número das entidades (*Stakeholders* - STHs) que constituem os sistemas humanos modernos, à globalização da competição e do conhecimento, às novas tecnologias, à forma e intensidade de comunicação (interação) entre os elementos (pessoas, corporações, insumos, etc.) destes sistemas, à diferença de interesses e objetivos dos STHs que compõem estes sistemas, à dinâmica, às mudanças ou à flexibilização dos elementos que compõem os sistemas, etc. Isto não seria um problema se a competitividade dos mercados, a exigência por eficiência na gestão dos sistemas e a necessidade de gerar valor, não fosse uma questão vital para as corporações.

Neste ínterim existem teorias que estão sendo construídas para estudar, organizar, explicitar e modelar a complexidade dos sistemas modernos (MANDER et al., 2016). A Teoria *Stakeholders* (T. STH) e a Metodologia

System Dynamics (M. SD), ambas idealizadas em meados dos anos 60, são exemplos contemporâneos das iniciativas que vem sendo tomadas para atender às demandas por explicações sobre a estrutura e o comportamento dos sistemas complexos e formas eficientes de planejá-los e geri-los.

Construir e exercitar formas mais eficientes de gerir sistemas complexos encontra respaldo não só dentro da academia, como também dentro das corporações, públicas e privadas, como é o caso das entidades que trabalham e cooperam para planejar e executar as políticas públicas brasileiras. Pode-se dizer que o PEB é um dos exemplos de sucesso do esforço brasileiro para materializar tais políticas públicas. Todavia, a pesquisa bibliográfica mostrou que existe um descompasso entre o que é planejado e o que é executado dentro do PEB. Essa realidade é ao mesmo tempo um desafio e uma oportunidade para que se pesquise e se proponha formas inovadoras e eficientes que possam apoiar as atividades de planejamento e gestão do PEB.

Neste contexto é que foi construído este trabalho de tese. A tese tem um compromisso geral com a dinâmica dos *Stakeholders* que compõem os sistemas organizacionais modernos. Mais especificamente com a dinâmica dos atributos desses *Stakeholders*. A nova metodologia de modelagem, denominada **Metodologia STH/SD**, proposta como objeto central desta tese é o que dá materialidade a esse compromisso. A Metodologia STH/SD propõe que se combine a Teoria *Stakeholder* e a Metodologia SD em uma nova metodologia de modelagem, capaz de modelar e simular a dinâmica do comportamento de sistemas complexos, como é o caso do PEB, e que possa servir como instrumento de planejamento, predição e gestão dos recursos e dos interesses das entidades que compõem tais sistemas.

8.2. Resultados Alcançados.

Faz-se a seguir uma breve descrição dos resultados alcançados face ao objetivo específico inicialmente definido e face às atividades meio cumpridas para alcançá-lo.

8.2.1. Atividade Meio: *Overview* sobre a Teoria *Stakeholder* (T. STH).

Sobre a Teoria *Stakeholder* (T. STH), a primeira conclusão importante é quanto à oportunidade de pesquisa observada, mais especificamente no trabalho de Mitchell et al. (1997) e posteriormente confirmada nos trabalhos de Fassin (2008, 2011); Voinov (2010, 2016), sobre as características dinâmicas, e ainda não mapeadas, dos sistemas constituídos por STHs.

O trabalho de pesquisa bibliográfica permitiu constatar que aquela oportunidade de pesquisa ainda continua aberta e que existem trabalhos recentes, como por exemplo, Elias (2012); Lu et al. (2017), propondo formas diferentes de atendê-la.

O trabalho de pesquisa bibliográfica também mostrou que existem críticos e afetos à Teoria STH e um considerável esforço acadêmico e corporativo para dar continuidade à sua construção e aplicação. Haja vista, os inúmeros trabalhos acadêmicos dedicados ao tema *Stakeholder* (STH) ou ao título Teoria *Stakeholder* (T. STH), oriundos de áreas como gestão, negócio, ética, sistemas, tomada de decisão, etc. Por exemplo, ao se utilizar a palavra *Stakeholder* como título e o ano de 2017 como filtro, nos sítios de pesquisa, obtêm-se como resultado aproximadamente 40 mil publicações sobre o tema. Ou seja, não há como negar a contemporaneidade do tema.

Todavia, observa-se que há uma considerável resistência tanto no meio acadêmico quanto no meio corporativo (documentada nesta tese nos capítulo 3 e no Anexo A) quanto à efetividade no uso da Teoria STH. Essa resistência não recai sobre seus valores ou sobre seus conceitos, que em síntese defendem a ideia de que “é possível gerar valor, para as corporações, quando se considera os interesses de todos os envolvidos nas ações corporativas”. As críticas recaem de fato sobre a aplicação da Teoria STH, pois, segundo alguns autores não há como comprovar que ao se envidar esforços e recursos para gerir e controlar os interesses de todos os STHs de um sistema isto possa, de fato, gerar valor para as corporações. Existem críticas mais exacerbadas e outras mais moderadas sobre a T. STH, pois, para alguns autores, mais orientados aos lucros e resultados, a Teoria STH é uma afronta a mais de 200 anos de teoria econômica bem sucedida. Por outro lado, não se pode ignorar o fato de Cortes de Justiça em países com USA, Inglaterra, etc., estarem cada

vez mais se posicionando a favor de harmonizar a distribuição dos valores, gerados pelas empresas, entre todos os envolvidos nos negócios corporativos. É uma constatação inequívoca de que os conceitos sobre ética e moralidade nos negócios, defendidos por Freeman R. ao propor a teoria STH, são um fato, inclusive com apoio legal, e conseqüentemente um elemento a ser gerido.

Os inúmeros trabalhos, propostos para organizar e aplicar a Teoria STH (ver exemplos de *Workflows* no Anexo A), são um bom exemplo de que existe uma mobilização científica séria e intensa para construir e aplicar a Teoria STH. Observa-se que ao longo dos últimos 50 anos ela vem ganhando consistência e aceitação. Os trabalhos atuais sobre a Teoria STH se dedicam a aplicá-la, a comprovar sua eficiência ou a complementar sua estrutura. Atualmente a T.STH está organizada/estruturada em 3 ramos (normativo, instrumental e descritivo) e os trabalhos publicados sobre este tema se enquadram em 5 grandes áreas (2 dedicadas especificamente aos STHs, 2 dedicadas às corporações e uma dedicada aos debates). Todos os trabalhos recentes, mesmo aqueles atribuídos a Freeman R. (idealizador e protagonista da T. STH) continuam a tentar materializar a seguinte declaração “existe uma tendência mercadológica de se gerar valor ao se combinar os conceitos relacionados a negócio e moralidade”.

Pode-se concluir do exposto que a atividade meio relativa a revisar a Teoria Stakeholder (ver detalhes capítulo 3) e atualizar-se sobre suas aplicações (ver detalhes no Anexo A) foram cumpridas.

8.2.2. Atividade Meio: *Overview* sobre a Metodologia *System Dynamics* (M. SD)

Mais uma vez é possível iniciar este parágrafo mencionando a oportunidade de pesquisa identificada durante a pesquisa bibliográfica. Todavia, o ambiente de pesquisa agora é a M. SD. Os trabalhos de Forrester e Sterman chamam a atenção para o fato de que um modelo é uma representação resumida do que acontece em um sistema real. Logo é possível afirmar que a proposta de Mitchell et al (1997), que escreve sobre T STH, vem ao encontro da declaração daqueles autores, pois, apresenta uma forma de capturar, de um sistema,

quais são seus STHs mais relevantes. Essa proposta de seleção e captura de STHs é na verdade uma opção para se representar o sistema de uma forma mais enxuta, porém, consistente.

Historicamente observa-se que a Metodologia SD também foi idealizada em meados dos anos 60, e desde então vem sendo aplicada em várias áreas do conhecimento para modelar sistemas cuja dinâmica é preciso conhecer, monitorar ou gerir.

Existem centros de excelência, como por exemplo, a Universidade de Albany, o MIT, etc., que disponibilizam, em seus sítios na internet, cursos sobre a Modelagem SD (ver detalhes nos Anexo D). Segundo Forrester, ao longo dos últimos anos, a Metodologia SD ganhou tal dimensão, que poderia ser proposta como uma nova área do conhecimento e, a exemplo do que ocorreu nos primórdios da medicina e da engenharia, poderia ser inserida como conteúdo programático nas escolas de ensino fundamental e médio.

De fato, ao se reproduzir os modelos SD que representam a dinâmica dos sistemas, como por exemplo, um circuito elétrico, um sistema financeiro, um sistema para o controle populacional ou para o controle de epidemias, etc., estimula-se, no analista, o pensamento holístico e a percepção para os efeitos de ação e reação sistêmica (construindo/organizando o pensamento heurístico).

O limite da modelagem SD está na dimensão, no tamanho, na profundidade com a qual se quer modelar um sistema. Observa-se entretanto que, não é necessário representar completamente um sistema para que se possa fazer estimativas razoáveis sobre o seu comportamento (conforme foi antecipado nos trabalhos de Sterman e Forrester). Basta ter a habilidade de representar tais sistemas, capturando e elegendo seus elementos mais relevantes.

Essa habilidade ou capacidade de síntese é também um desafio e uma oportunidade. Ela sugere que o trabalho de classificação de *Stakeholders*, proposto por Mitchell et al. (1997), pode ser uma forma de produzir modelos dinâmicos enxutos e representativos, logo, esta forma de classificação parece ser uma candidata natural a ser combinado com a Metodologia SD. Ao mesmo

tempo, o trabalho de Mitchell (1997) menciona o comportamento dinâmico dos STHs como uma característica ainda por ser mapeada, isto também sugere que a Metodologia SD poderia ser uma candidata natural e ser combinada com a Teoria STH. Essa linha de raciocínio inspirou a proposta e a construção da Metodologia STH/SD apresentada neste trabalho de tese.

Conclui-se então que, a atividade meio relativa a revisar a Metodologia SD foi cumprida quando se reproduziu os modelos de simulação (da área de engenharia, negócio, controle populacional, etc.), idealizados por Forrester e por Sterman, quando se produziu o *overview* sobre modelagem SD, apresentado no texto principal (ver detalhes no capítulo 4) e posteriormente quando se produziu os 3 Anexos (D, E e F) sobre modelagem SD.

8.2.3. Atividade Meio: Overview sobre o PEB

A pesquisa bibliográfica sobre o PEB limitou-se a revisar a bibliografia e produzir um *overview* sobre o programa, sem grande profundidade e detalhamento, mas, com elementos suficientes para que o autor possa se atualizar sobre sua estrutura funcional atual, sobre suas realizações (reais e potenciais), seu valor patrimonial (passivos e ativos) e sobre as futuras diretrizes para o PEB. Desejava-se também identificar a participação do INPE (instituição na qual o autor está lotado) como *Stakeholder* do PEB e posicionar-se quanto ao contexto atual do programa.

Conforme mencionado no capítulo 2, o PEB é um programa com aproximadamente 50 anos de existência, com inúmeros STHs com interesses comuns e distintos, alocados em inúmeras camadas da sociedade brasileira e internacional (p. ex. ver a estrutura do SINDAE no cap. 4). Pode-se dizer que a tarefa de planejar e gerir o PEB é com certeza um trabalho multiobjectivo. Este foi um dos primeiros indicadores sobre a potencial utilidade da Metodologia STH/SD, pois, ela se propõe a ser um instrumento de planejamento e gestão dos múltiplos e dinâmicos STHs que compõem um sistema complexo, como é o caso do PEB.

O PEB tem sido um dos principais instrumentos por meio do qual o Brasil vem construindo a inestimável infraestrutura laboratorial (disponível em instituições

públicas e privadas brasileiras) e vem adquirindo o *Know how* para planejar, desenvolver, integrar e operar sistemas espaciais. Este arcabouço científico & tecnológico constitui a base do setor espacial brasileiro, configurando-se como o embrião da indústria espacial brasileira.

Referências bibliográficas como aquelas citadas no capítulo 2 e mais notadamente aquelas produzidas durante o planejamento estratégico⁵⁴ do INPE mostram que o PEB, com seus produtos e serviços associados, está vivendo atualmente um ponto de inflexão, no que se refere a sua manutenção e progressão como instrumento de política pública do estado brasileiro.

Essa inflexão pode ser constatada de forma simples quando se confronta alguns dos elementos básicos do PEB, como por exemplo:

- 1) O inestimável valor patrimonial gerado pelo PEB e expresso pelos passivo e ativo (*facilities & know how*) das instituições que o compõem (planejam, executam, monitoram, etc.).
- 2) O potencial também inestimável de gerar valor, deste patrimônio;
- 3) Os altos custos de *capex* e *opex* deste patrimônio.
- 4) Os conflitos gerados pelos limites e pelo contingenciamento orçamentário e pela disputa por recursos entre os principais programas do PEB (p. ex. CBERS, Amazônia, SGDC, ACS, VLM, etc.).
- 5) A capacidade de fornecimento dos *players* e parceiros do Brasil na execução do PEB. Destaque para a globalização da concorrência, para o custo reduzido e para a qualidade dos produtos e serviços internacionais, fornecidos por STHs (públicos e privados) de nações cujos programas espaciais são mais maduros e eficientes do que o brasileiro.

⁵⁴Planejamento estratégico 1 e 2 do INPE. Disponível em: <http://www.inpe.br/acessoainformacao/documentos> Acesso em: jan. 2018.

Nos anos de 2006 e 2007 o INPE mobilizou sua comunidade interna para produzir documentos e relatórios internos sobre o status atual do INPE e as condições e demandas do mercado nacional e internacional para os produtos e serviços produzidos no INPE, com o objetivo de subsidiar o planejamento estratégico do instituto. Estes documentos foram consultados durante o processo de revisão bibliográfica e influenciaram na redação do capítulo 2 deste trabalho.

- 6) A urgência, legitimidade, magnitude e descompasso observado entre as demandas brasileiras por produtos e serviços oriundos do setor espacial e a capacidade de atendê-las, em tempo, custo e qualidade, através do PEB.

Analisar o PEB, considerando somente seus passivos e ativos, pode parecer insuficiente para se justificar novos esforços em reorganizá-lo. Todavia, ao associar ao patrimônio de C&T&I brasileiro (já produzido por meio do PEB) as demandas brasileiras, por produtos e serviços oriundos dos artefatos espaciais (ver exemplos destas demandas na tabela 4.3), pode-se afirmar, com razoável convicção, que o mercado espacial brasileiro está em expansão.

O PEB é um programa composto por inúmeros STHs e por que não dizer o PEB é um programa multi-objetivo. Assim é legítimo pensar que a Metodologia STH/SD pode ser um instrumento útil para explicitar as principais interconexões e STHs deste sistema e para que, por meio de simulações, se planeje e gerencie seus recursos e sua dinâmica (predição de cenários).

Com o exposto pode-se concluir que a atividade meio de elaborar um *overview* sobre o PEB (materializado no capítulo 2) e posicionar-se sobre seu *status* atual, foi cumprida.

8.2.4. Objetivo Específico: Construir a Metodologia STH/SD.

Medindo em termos de pesquisa acadêmica e aplicação no mundo real, a proposta de combinar a Teoria STH e a Metodologia SD, para produzir uma nova metodologia de modelagem e simulação de sistema, mostrou-se muito promissora. Primeiro porque atende à demanda das corporações e da academia para se preencher a lacuna dinâmica observada na representação da dinâmica dos STHs que compõem um sistema. Depois por ter se mostrada crível na captura da dinâmica dos STHs (utilizando seus atributos) e na simulação/planejamento/gestão de possíveis cenários para os sistemas compostos por STHs.

8.3. Contribuições.

Pode-se dizer que, ao conceber a Metodologia STH/SD combinando os conceitos da Teoria STH e da Metodologia SD, este trabalho de tese propiciou um avanço na teoria sobre modelagem SD, pois, acrescentou os conceitos STHs à modelagem SD. Construiu uma nova forma de estruturar um sistema dinâmico (por meio de atributos de STHs). Acrescentou valor por meio de um exemplo de aplicação prática, contribuiu também para a produção científica no campo da modelagem da dinâmica de sistemas e da gestão de STHs.

Como contribuições deste trabalho de tese destacam-se:

- 1) A Metodologia STH/SD;
 - a. Como um novo instrumento preditivo e prescritivo dentro dos ramos da T. STH (ver definição dos ramos da T. STH no item 3.5).
 - b. Como uma forma de capturar a dinâmica dos STHs de um sistema.
- 2) O Workflow da Figura 5.2;
 - a. Que mostra como se deve proceder para fazer o *link* entre as 2 áreas do conhecimento (STH & SD).
 - b. Que mostra como fazer a modelagem de forma incremental e gerar as células e moléculas (elementos básicos) dos sistemas complexos que estão sendo modelados.
- 3) A Tabela de Vinculação (Tabela STH/SD), como um instrumento de:
 - a. Síntese e planejamento de sistemas de STHs.
 - b. Síntese e planejamento de sistemas SD.
 - c. Tradução/Integração das áreas de conhecimento STH & SD.
- 4) A Célula de Modelagem STH/SD como um instrumento de:
 - a. Tradução/Integração das áreas de conhecimento STH & SD.

Pode-se resumir o que foi realizado e o que resta a ser feito nas seguintes categorias:

- 1) Desenvolvimento Metodológico.

- 2) Orientação para melhoria no estudo na representação, planejamento e gestão de STHs.
- 3) Sugestão de Aplicações
- 4) Lições aprendidas.

8.3.1. Desenvolvimento Metodológico.

A Metodologia STH/SD combinou a Teoria *Stakeholder* (T. STH) com a Metodologia *System Dynamics* (M. SD) e construiu uma nova metodologia de modelagem que permite explicitar e analisar a dinâmica dos sistemas, possibilitando a simulação de cenários (reais e potenciais). Os modelos construídos por meio da Metodologia STH/SD (denominado Modelo STH/SD do sistema) são potencialmente um instrumento de apoio e suporte no processo de tomada de decisão e planejamento de sistemas.

A Metodologia STH/SD aproveita da T. STH sua proposta de gestão sistêmica; sua defesa de que é possível gerar valor para as corporações por meio da gestão dos interesses de todos os *Stakeholders* envolvidos em suas ações. Mais especificamente, a Metodologia STH/SD utiliza a forma de capturar e selecionar STHs, proposta dentro da T. STH, para enxugar o futuro diagrama do sistema e utiliza a M. SD para formatar a dinâmica do que foi capturado.

Para alguns autores, p. ex. Sterman (2000); Mashayekhi (1993) a definição do sistema (ou da situação problemática) é uma etapa crucial no processo de modelagem da dinâmica de sistemas. A Metodologia STH/SD procura dar suporte a este requisito quando utiliza a Teoria STH para estruturar e capturar os STHs mais relevantes do sistema e quando vincula as atividades destes STHs com os elementos da modelagem SD (estoques, fluxos e variáveis), produzindo o Modelo STH/SD do sistema.

Modelar e representar um sistema utilizando a Metodologia STH/SD implica em prospectar elementos e tomar a decisão sobre como gerir os potenciais recursos e cenários futuros do sistema.

8.3.2. Orientação para melhoria no estudo na representação, planejamento e gestão de STHs.

Segundo alguns autores (p.ex.: Ogata, Sterman) nossa compreensão sobre o que causa a dinâmica em um sistema (projeto ou situação problemática) é relativamente completa, todavia, segundo aqueles autores há ainda muito trabalho a ser produzido para melhorar a forma de representar e gerir o desempenho dos sistemas. Essa afirmação abre espaço para que se estude e se ganhe *expertise* sobre as formas de explicitar, simular e entender como os sistemas funcionam.

Durante a revisão bibliográfica, e durante a construção da Metodologia STH/SD, ficou patente os questionamentos, como por exemplo: “Em que direção os modelos SD devem ser desenvolvidos?”, “Quais são as questões e tópicos mais relevantes e que devem ser considerados para aumentar nossa compreensão sobre a dinâmica e modelagem dos sistemas?”

Procurou-se capturar essas e outras questões, ao longo do trabalho de tese, não só para construir a nova metodologia ou para sugerir potenciais trabalhos futuros, mas, também para catalisar um raciocínio entre modelagem SD, captura da estrutura e dos STHs, identificação de suas atividades mais relevantes e tradução destas atividades em elementos da Modelagem SD.

Foi possível constatar, na maioria das referências sobre a T. STH, que há uma persistência dos gestores em subestimar o potencial de interferência que os STHs podem imprimir em um sistema. É oportuno dizer que essa conduta aumenta o risco de inconsistência entre os resultados esperados e realmente observados no comportamento sistêmico. É oportuno dizer também que, esta conduta gera uma oportunidade para melhorar a representação da dinâmica dos sistemas compostos por STHs.

É neste sentido que a Metodologia STH/SD pode contribuir, pois a modelagem e posteriormente a simulação do sistema tem um razoável poder de convencimento sobre o comportamento sistêmico e sua sensibilidade às mudanças no perfil dos STHs.

A **Metodologia STH/SD** potencialmente pode **ajudar** a responder questões, como por exemplo:

- 1) Como reduzir os erros nos resultados de avaliação de cenários?
- 2) Que parâmetros, relacionados à atividade dos STHs, são mais sensíveis às determinadas intervenções?
- 3) Como conhecer antecipadamente o verdadeiro alcance e custo de um projeto e de uma intervenção no sistema?
- 4) Qual o grau de flexibilidade (aumento, redução, contingenciamento) de um determinado recurso do sistema? Como controlá-lo? Como identificá-lo?
- 5) Que tipo de gestão deve ser feita quando se prevê que os sistemas não vão funcionar conforme planejado (ou quando os projetos não vão atingir as metas de desempenho planejadas)?
- 6) Em que quantidade, duração, combinação e ordem de aplicação deve-se intervir nos elementos do sistema para melhorar ou adequar a performance de seus STHs?
- 7) Etc.

A Metodologia STH/SD é um instrumento de modelagem que pode dar apoio aos fóruns de análise de sistemas e de tomada de decisão.

A Metodologia STH/SD melhora **as habilidades** e a conscientização dos **analistas e gestores** de sistemas complexos e dinâmicos.

A Metodologia STH/SD tem compromisso com a dinâmica dos STHs.

A Metodologia STH/SD tem características prescritivas e preditiva (pois, permite analisar interações e simular cenários). O lastro para esta afirmação está no ramo Instrumental (prescritivo) e no ramo Descritivo (preditivo) da T. STH, explicados no item 3.5 e na Figura 3.11, desta monografia.

A Metodologia STH/SD é de aplicação geral visto que poderá ser aplicada a qualquer sistema complexo e dinâmico que possa ser mapeado como sendo composto por STHs. Outro elemento que garante a generalidade da Metodologia STH/SD é o fato de que, a célula de modelagem dinâmica (célula STH/SD) pode ser construída com qualquer atributo que o analista julgue ser relevante/representativo para explicitar/modelar o sistema.

Quanto às limitações impostas pela Metodologia STH/SD deve-se salientar que utilizar somente 3 atributos (poder, legitimidade e urgência), para capturar os STHs mais relevantes do sistema, pode produzir um modelo muito reduzido (simplista) do sistema. Neste caso, o modelo resultante representa somente um estrato (um nível) do sistema. Apesar dessa limitação, não há impedimento para que, após a modelagem de um nível macro do sistema, outros modelos, representativos de outros estratos (níveis mais detalhados) do sistema, sejam construídos. Esses níveis poderiam utilizar como estoque outros atributos, além dos 3 atributos mencionados anteriormente.

Não há limite para a quantidade de níveis e estoques possíveis de serem representados, todavia, a experiência em fazer os diagramas mostra que é aconselhável usar um número reduzido de estoques sob pena de produzir desenhos muito densos e poluídos.

A Metodologia STH/SD não se propõe a limitar os diagramas dos sistemas. Ela defende a ideia de que é possível combinar com vantagem duas áreas do conhecimento para gerar um modelo reduzido, porém, representativo do sistema. A Metodologia STH/SD propõe que se inicie a construção da modelagem restringindo o universo de elementos e posteriormente se adicione (de forma incremental) novos elementos e conseqüentemente mais complexidade ao sistema.

Outra limitação da metodologia STH/SD é quanto ao real/exato posicionamento dos STHs nos círculos de atributos de Mitchell, quando se faz o desenho da rede de STHs. Por exemplo, onde se deve posicionar um STH que tem somente o atributo poder? Seria no centro do círculo de atributo poder ou na sua periferia? Como posicionar um STH que possui simultaneamente 2

atributos, dado que o STH é muito robusto quanto a um dos atributos, porém, pouco robusto quanto ao outro atributo. Trabalhos, como por exemplo, GROSSI (2003); PRELL et al. (2009) tratam quantitativamente da correlação dos STHs em um sistema, definindo parâmetros, como por exemplo, o grau de correlação dos STHs dentro do sistema, sua robustez, a centralidade dos STHs dentro da rede (sistema), a densidade da rede, etc. Todavia, as métricas daqueles trabalhos ainda não foram combinadas com a Metodologia STH/SD, proposta como tema central desta tese. Pretende-se estudar essa possibilidade de vínculo em trabalhos futuros.

Por hora, os exemplos de rede de STHs mostrados nas simulações deste trabalho de tese tem um caráter pictórico.

8.3.3. Sugestões de aplicação:

Sugere-se exercitar a modelagem de sistemas utilizando a Metodologia STH/SD em modelos já conhecidos, como por exemplo:

- Sistema de mercado fechado de Forrester;
- Sistema de limitação de recursos (caçador e presa).
- Controle de epidemias.
- Etc.

Sugere-se também aplicar a metodologia em uma modelagem completa do PEB.

8.3.4. Proposta de trabalhos futuros:

Como exemplo de trabalhos futuros, citam-se os seguintes temas:

- 1) Combinar a Metodologia STH/SD com outras metodologias de modelagem como, por exemplo:
 - a. Métodos de construção e dimensionamento de redes de STH. Os trabalhos de Grossi (2003); Prell et al. (2009), do sitio

“<http://www.insna.org/>”⁵⁵ e de Gells (2005) são excelentes pontos de partida para este trabalho.

- b. Mapeamento de Sistemas com vistas a estudar o Retorno sobre Investimento (ROI) do sistema. Os trabalhos de Vogstad (2005); Dubelko (2002); Schmidt (2011); Geels (2005) e do prof. Oliva R. são excelentes pontos de partida para este trabalho.
- c. Combinar a Metodologia STH/SD com:
 - i. SVN;
 - ii. MBSE;
 - * SysML (p.ex.: Vitech MBSE)
 - iii. Project Management Dynamics.

2) Modelagem do PEB.

Obs1: Fazer um estudo específico e com a devida profundidade sobre o PEB utilizando a Metodologia STH/SD.

Obs2: Pretende-se dar continuidade a este trabalho de tese constituindo um grupo de trabalho que possa mapear o PEB com a devida profundidade, abrangência e fidelidade.

3) Explorar o uso da Metodologia STH/SD como instrumento de apoio na modelagem de sistemas de distribuição de Energia Elétrica, Telecom, Hídricos, etc..

- a. Os trabalhos de Vogstad (2005) e Inam et al. (2015) são excelentes pontos de partida para este trabalho.

4) Explorar o uso da Metodologia STH/SD como instrumento de apoio no gerenciamento de projetos do PEB.

- a. Os trabalhos de Lyneis; Ford (2007) são excelentes pontos de partida para este trabalho.

5) Um modelo de negócio para o PEB.

⁵⁵ INSNA: International Network for Social Network Analysis.

Obs1: A Metodologia STH/SD poderia ser combinada com metodologias que mostrem o valor intrínseco deste sistema. Modelar um sistema complexo como o PEB mapeando e atuando em indicadores de valor pode ajudar na construção de modelos de negócio para o PEB. Pode-se inclusive produzir argumentos mais robustos sobre os valores envolvidos no PEB e permitir que se opine de forma mais consistente sobre sua manutenção, seu fortalecimento, potenciais mudanças de estrutura e de direção, etc. Entre os desafios deste tipo de trabalho estaria: criar os indicadores para posteriormente modelá-los dentro do sistema de STHs.

Obs2: Os trabalhos de Eliasson (2010); Dubelko (2002); Silva; Dawson (1996) e de Oliveira (2014) são excelentes ponto de partida neste sentido.

Obs3: Explorar o *Project Management Dynamics*.

De forma geral, esta tese de doutorado procurou contribuir com o esforço de C&T&I na busca e construção de metodologias de modelagem de sistemas complexos. De forma específica, esta tese de doutorado produziu uma nova metodologia de modelagem que combinou com sucesso a Teoria *Stakeholder* (T.STH) e a Metodologia *System Dynamics* (M. SD) de tal forma que foi possível representar, analisar e simular a dinâmica de funcionamento de sistemas complexos. A nova metodologia foi denominada **Metodologia STH/SD** e propõe-se a ser um instrumento de auxílio nos processos de tomada de decisão, predição de cenários, gestão de recursos e planejamento de sistemas, aplicados a qualquer área do conhecimento humano.

8.3.5. Lições aprendidas

- Prospectar e selecionar os STHs mais importantes de um sistema é uma atividade difícil, todavia, descartar STHs é uma atividade que exige ainda mais dedicação e cuidado.
- Os STHs são a fonte de requisitos do sistema
- A interpretação do analista (projetista do sistema SD) pode introduzir vícios no modelo.

- Os cursos sobre SD, oferecidos nos sítios das Universidades de Albany e MIT são excelentes pontos de partida para se iniciar os estudos sobre modelagem e simulação SD.
- A teoria *Stakeholder* (T. STH) continua provocando muita polêmica quanto à sua aplicação, todavia, os frameworks encontrados na literatura propondo formas de aplicá-la (ver detalhes no Anexo A) são uma evidência de sua importância e contemporaneidade.
- A Metodologia STH/SD pode evoluir ao se combinar com outras metodologias (p. ex. SVN, MBSE (SYSML), etc...)
- A Metodologia STH/SD é uma novidade independente do número de atributos que se utilize para representar os STHs do sistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACCIOLY, R. C. **Análise da influência do mercado de suco pasteurizado sobre o comportamento da oferta de laranjas utilizando a metodologia de system dynamics**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2001.

ACKERMANN, Fran. Problem structuring methods 'in the Dock': arguing the case for Soft OR. **European Journal of Operational Research**, v. 219, n. 3, p. 652-658, 2012.

ACKERMANN, F.; EDEN, C.. Strategic management of stakeholders: theory and practice. **Long Range Planning**, v. 44, n. 3, p. 179-196, 2011

ACKOFF, R. L. Science in the systems age: beyond IE, OR, and MS. **Operations Research**, v. 21, n. 3, p. 661-671, 1973.

ACKOFF, R. L. et al. **Redesigning the future**. New York: John Wiley, 1974a. 29p.

ACKOFF, R. L. The social responsibility of operational research. **Operational Research Quarterly**, v.25, n.3, p. 361-371, 1974b.

ADAMIDES, E. D. et al. A multi-methodological approach to the development of a regional solid waste management system. **Journal of the Operational Research Society**, v. 60, n. 6, p. 758-770, 2009.

ADAMS, H. **The education of Henry Adams**. Boston: Houghton-Mifflin, 1918.

AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA – AEB. **National program of space activities 2012-2021**. Brasília: MCTI, 2012. Disponível em: <http://www.aeb.gov.br/wp-content/uploads/2013/01/PNAE-Ingles.pdf>. Acesso em: jan. 2018.

AGLE, B. R.; MITCHELL, R. K.; SONNENFELD, J. A. Who matters to CEOs? an investigation of *Stakeholder* attributes and salience, corporate performance, and CEO values. **Academy of Management Journal**, v. 42, n. 5, p. 507-525, 1999.

AGUINIS, H.; GLAVAS, A. What we know and don't know about corporate social responsibility a review and research agenda. **Journal of Management**, v. 38, n. 4, p. 932-968, 2012.

AGUIRRE, L. A. **Introdução à identificação de sistemas**: técnicas lineares e não-lineares aplicadas a sistemas reais. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2004.

ALBIN S.; FORRESTER J. W. **Building a system dynamics model part 1: conceptualization**. MIT, 1997. Disponível em: <https://ocw.mit.edu/courses/sloan-school-of-management/15-988-system-dynamics-self-study-fall-1998-spring-1999/readings/building.pdf> Acesso em: jan. 2018.

- ALBIN, S.; FORRESTER, J. W.; BREIEROVA, L. **Building a system dynamics model: part 1: conceptualization**. Cambridge: MIT, 2001.
- ALBORZI, M. **Implanting neural network elements in system dynamics models to surrogate rate and auxiliary variables**. 2006. Disponível em: <https://www.systemdynamics.org/assets/conferences/2006/proceed/papers/ALBOR145.pdf>. Acesso em jan. 2018.
- ALI, M. A. Stakeholder salience for stakeholder firms: an attempt to reframe an important heuristic device. **Journal of Business Ethics**, v. 144, n. 1, p. 153-168, 2017.
- ALVES, M. V. **Uma análise do modelo institucional do INPE**. Trabalho (Conclusão de Curso em Gestão Estratégica da Ciência e Tecnologia em IPP's) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2010. Disponível em: <http://mtc-m16d.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m19/2011/04.19.11.16/doc/MARIA%20VIRG%cdNIA%20ALVES.pdf?metadatarpository=&mirror=sid.inpe.br/mtc-m19@80/2009/08.21.17.02.53>. Acesso em: jan. 2018.
- ANDERSEN, D. F. et al. Group model building: problem structuring, policy simulation and decision support. **Journal of the Operational Research Society**, v. 58, n. 5, p. 691-694, 2007.
- ANSOFF, H. I. **Corporate strategy: an analytic approach to business policy for growth and expansion**. Baltimore, MD: Penguin, 1970.
- AOKI, M. **The co-operative game theory of the firm**. New York: Oxford University Press, 1984.
- ASIF, F. M.; RASHID, A.; BIANCHI, C.; NICOLESCU, C. M. System dynamics models for decision making in product multiple lifecycles. **Resources, Conservation and Recycling**, v.101, p.20-33, 2015.
- ASSAD, A. A.; GASS, S. I. **Profiles in operations research: pioneers and innovators**. Berlin: Springer, 2011.
- ASSOCIAÇÃO AEROESPACIAL BRASILEIRA - AAB. **Política industrial: a visão da AAB para o Programa Espacial Brasileiro**. São José dos Campos: AAB, 2010.
- ASTROM, K. J.; MURRAY, R. M. **Feedback systems: an introduction for scientists and engineers**. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2010.
- BAIANU, I. C. **Complexity, emergent systems and complex biological systems complex systems theory and biodynamics**. 2011. Disponível em: <http://cogprints.org/7736/1/BiodynamicsEtComplexity231pMb21.pdf>. Acesso em: jan. 2018.
- BALINT, T. S.; STEVENS, J. Wicked problems in space technology development at NASA. **Acta Astronautica**, v. 118, p. 96-108, 2016.

- BANSAL, P.; ROTH, K. Why companies go green: a model of ecological responsiveness. **Academy of Management Journal**, v. 43, n. 4, p. 717-736, 2000.
- BARNETT, M. L. *Stakeholder* influence capacity and the variability of financial returns to corporate social responsibility. **Academy of Management Review**, v. 32, n. 3, p. 794-816, 2007.
- BARROS, M. O.; WERNER, C. M. L.; TRAVASSOS, G. H. Gerenciamento de projetos baseado em cenários: uma abordagem de modelagem dinâmica e simulação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DE SOFTWARE, 1., 2001. **Anais...** Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2001.
- BARTELS, W. **AIAB**: Associação das Indústrias Aeroespaciais do Brasil: audiência pública: desafios e perspectivas do setor aeroespacial brasileiro. Brasília: Senado Federal, 16 fev. 2016. Disponível em: <http://docplayer.com.br/18717571-Senado-federal-comissao-de-ciencia-tecnologia-inovacao-comunicacao-e-informatica.html> . Acesso em: jan. 2018.
- BAUMHART, R. **An honest profit**: what businessmen say about ethics in business. [S.l.: s.n.], 1968a.
- BAUMHART, R. **Ethics in business**. [S.l.: s.n.], 1968b.
- BELLANCA, J. A. (Ed.). **21st century skills**: Rethinking how students learn. Bloomington, IN: Solution Tree, 2011.
- BELTON, V.; STEWART, T. Problem structuring and multiple criteria decision analysis. In: GRECO, S.; EHRGOTT, M.; FIGUEIRA, J. R. (Eds.). **Trends in multiple criteria decision analysis**. Berlin: Springer, 2010. p. 209-239. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Risto_Lahdelma/publication/226370334_Stochastic_Multicriteria_Acceptability_Analysis_SMAA/links/0912f507fc99972812000000.pdf#page=226 . Acesso em: jan. 2018.
- BENDHEIM, C. L.; WADDOCK, S. A.; GRAVES, S. B. Determining best practices in corporate: *stakeholder* relations using data envelopment analysis. **Business & Society**, v.37, n.3, p.305-338, 1998.
- BENEDETTI, M.; LAVARONE, I.; COMBA, P. Cancer risk associated with residential proximity to industrial sites: a review. **Archives of Environmental Health: An International Journal**, v. 56, n. 4, p. 342-349, 2001.
- BÉRARD, C. Group model building using system dynamics: an analysis of methodological frameworks. **Electronic Journal of Business Research Methods**, v. 8, n. 1, p. 35-45, 2010.
- BERMAN, S. L.; WICKS, A. C.; KOTHA, S.; JONES, T. Does *stakeholder* orientation matter? the relationship between *Stakeholder* management models and firm financial performance. **Academy of Management Journal**, v. 42, n. 5, p. 488-506, 1999.

BERTALANFFY, L. V. An outline of general system theory. **British Journal for the Philosophy of Science**, v.1, n.2, p.134-165, 1950.

BERTALANFFY, L. V.. **General system theory**. New York: George Braziller, 1968.

BITENCOURT JÚNIOR, H. **Métodos de estimação recursiva, baseados no filtro de Kalman, aplicados a sistemas não-lineares**. 2003. 146p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizont, 2003.

BLAIR, M.. M. Ownership and control: rethinking corporate governance for the twenty-first century. **Long Range Planning**, v. 3, n. 29, p. 432, 1996.

BOCHINGER, S. **Space industry of emerging space nations in the global market place**. 2008. Disponível em: <http://www.oosa.unvienna.org/pdf/pres/stsc2008/symp-01.pdf> .Acesso em: jan. 2018.

BRASIL. CÂMARA DOS DEPUTADOS. A política espacial brasileira. **Cadernos de Altos Estudos**, n. 7, pt.1-2, 2010. Disponível em: <http://bd.camara.gov.br/bd/handle/bdcamara/4604> .Acesso em jan. 2018.

BRASIL. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. SECRETARIA DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS. **Desafios do programa espacial brasileiro**. Brasília, 2011

BRENNER, S. N.; COCHRAN, P. The *Stakeholder* Theory of the Firm: Implications for Business and Society Theory of Research. **Proceedings of the International Association of Business and Society**, v.2, p.897-933, 1991.

BRENNER, S. N.; MOLANDER, E. A. Is ethics of business changing. **Harvard Business Review**, v. 55, n. 1, p. 57-71, 1977.

BRICKSON, S. L. Organizational identity orientation: the genesis of the role of the firm and distinct forms of social value. **Academy of Management Review**, v. 32, n. 3, p. 864-888, 2007.

BRYSON, J. M. What to do when stakeholders matter: stakeholder identification and analysis techniques. **Public Management Review**, v. 6, n. 1, p. 21-53, 2004.

BUCHHOLZ, R. A.; ROSENTHAL, S. B. *Stakeholder* theory and public policy: how governments matter. **Journal of Business Ethics**, v. 51, n. 2, p. 143-153, 2004.

BURTON, B. K.; DUNN, C. P. Feminist ethics as moral grounding for stakeholder theory. **Business Ethics Quarterly**, v. 6, n. 2, p. 133-147, 1996.

BUTTERFIELD, K. D.; REED, R.; LEMAK, D. J. An inductive model of collaboration from the *Stakeholder's* perspective. **Business & Society**, v. 43, n. 2, p. 162-195, 2004.

BUYSSE, K.; VERBEKE, A. Proactive environmental strategies: a *stakeholder* management perspective. **Strategic Management Journal**, v. 24, n. 5, p. 453-470, 2003.

CAMERON, B.G.; CRAWLEY, E. F.; LOUREIRO, G.; REBENTISCH, E. S. Value flow mapping: using networks to inform *Stakeholder* analysis. **Acta Astronautica**, v.62, n.4, p.324–333, 2008.

CAMERON, B. G. **Value network modeling**: a quantitative method for comparing benefit across exploration architectures. Dissertação (Mestrado em Ciência em Aeronáutica e Astronautica) - Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, 2007.

CAMERON, B. G.; SEHER, T.; CRAWLEY, E. F. Goals for space exploration based on *Stakeholder* value network considerations. **Acta Astronautica**, v. 68, n. 11, p. 2088-2097, 2011.

CAMILO, J. A. P. Integrando novas tecnologias espaciais para o desenvolvimento nacional. In: SIMPÓSIO DE SENSORIAMENTO REMOTO DE APLICAÇÕES EM DEFESA - SERFA, 2016, São José dos Campos. **Anais**. 2016.

CARDOSO, L. S. **Gestão do conhecimento**: um caminho para a preservação do conhecimento na área de engenharia e tecnologia espacial do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Trabalho (Conclusão de Curso em Gestão Estratégica da Ciência e Tecnologia em Institutos Públicos de Pesquisa) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2012.

CARROLL, A. B. A three-dimensional conceptual model of corporate performance. **Academy of management review**, v. 4, n. 4, p. 497-505, 1979.

CARROLL, A. B.; NÄSI, J. Understanding stakeholder thinking: themes from a finnish conference. **Business Ethics: A European Review**, v. 6, n. 1, p. 46-51, 1997.

CARROLL, A.; BUCHHOLTZ, A. **Business and society**: ethics, sustainability, and *Stakeholder* management. 9.ed. Boston: Cengage Learning, 2014.

CASTELLANI B. Complex systems versus complicated systems. 2017. Disponível em: <http://informationtransfereconomics.blogspot.com.br/2017/01/complex-systems-versus-complicated.html> Acesso em: jan. 2018.

CHEN, C.-T. **Linear system theory and design**. Oxford: Oxford University Press, 1984.

CHOI, Y. R.; SHEPHERD, D. A. *Stakeholder* perceptions of age and other dimensions of newness. **Journal of Management**, v. 31, n. 4, p. 573-596, 2005.

CHURCHMAN, C. W. **The systems approach**. New York: Delta, 1968.

CHURCHMAN, C. W. **The Design of Inquiring Systems Basic Concepts of Systems and Organization**. New York: Basic Books, 1971.

CLARK, T. A. **Distance and proximity**. Edinburgh: Polygon, 2000..

CLARKSON, M. B. E. Defining, evaluating, and managing corporate social performance: the stakeholder management model. **Research in Corporate Social Performance and Policy**, v. 12, n. 1, p. 331-358, 1991.

CLARKSON, M. et. al. The Toronto conference: reflections on stakeholder theory. **Business and Society**, v. 33, n. 1, p. 82, 1994.

CLARKSON, M. A risk based model of stakeholder theory. In: _____ (Ed.). **Proceedings of the second Toronto conference on stakeholder theory**. Toronto: Centre for Corporate Social Performance and Ethics, University of Toronto, 1994. p. 18-19.

CLARKSON, M. E. A stakeholder framework for analyzing and evaluating corporate social performance. **Academy of Management Review**, v. 20, n. 1, p. 92-117, 1995.

CORRÊA, M. V. **Identificação de sistemas dinâmicos não-lineares utilizando modelos NARMAX racionais-aplicação a sistemas reais**. 1997. 125p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1997.

COSTA FILHO, E. **Política espacial brasileira: a política científica e tecnológica no setor aeroespacial brasileiro**. [S.l.]: Revan, 2002.

COSTA, B. K.; VIEIRA, S. F. A.; BOAVENTURA, J. M. G.; AÑEZ, M. E. M. A influência dos stakeholders na estratégia de órgãos públicos: o caso da diretoria de turismo de Guarulhos/SP. **Revista Gestão Organizacional**, v. 5, n. 1, p. 28-41, 2012.

CYERT, R. M.; JAMES G. M. **A behavioral theory of the firm.**, New Jersey: Prentice-Hall, 1963.

DE GOOYERT, V. et al. Reviewing the role of stakeholders in Operational Research: a stakeholder theory perspective. **European Journal of Operational research**, v. 262, n. 2, p. 402-410, 2017.

DE SCHEPPER, S.; DOOMS, M.; HAEZENDONCK, E. Stakeholder dynamics and responsibilities in public-private partnerships: a mixed experience. **International Journal of Project Management**, v. 32, n. 7, p. 1210-1222, 2014.

DENTONI, D.; BITZER, V.; PASCUCCHI, S. Cross-sector partnerships and the co-creation of dynamic capabilities for stakeholder orientation. **Journal of Business Ethics**, v. 135, n. 1, p. 35-53, 2016.

DEWES, M. D. F.; DALMARCO, G.; PADULA, A. D. Innovation policies in Brazilian and Dutch aerospace industries: how sectors driven by national

procurement are influenced by its S&T environment. **Space Policy**, v.34, p.32-38, 2015.

DEWES, M.F.; GONZALEZ, O.L.; PÁSSARO, A.; PADULA, A. D. Open innovation as an alternative for strategic development in the aerospace industry in Brazil. **Journal of Aerospace Technology and Management**, São José dos Campos, v.2, n.3, p. 349-360, set-dez. 2010.

DILL, W. R. Public participation in corporate planning: strategic management in a Kibitzer's world. **Long Range Planning**, v. 8, n. 1, p. 57-63, 1975.

DILLER, N. P. **Utilizing multiple attribute tradespace exploration with concurrent design for creating aerospace systems requirements**. Thesis (S. M.) - Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 2002.

DODD, E. M. For whom are corporate managers trustees? **Harvard Law Review**, p. 1145-1163, 1932.

DONALDSON, T.; PRESTON, L. E. The stakeholder theory of the corporation: concepts, evidence, and implications. **Academy of Management Review**, v. 20, n. 1, p. 65-91, 1995.

DRISCOLL, C.; STARIK, M. The primordial stakeholder: advancing the conceptual consideration of stakeholder status for the natural environment. **Journal of Business Ethics**, v. 49, n. 1, p. 55-73, 2004.

DUBELKO, J. J. **A system dynamics approach to modeling aircraft system production break costs**. [S.l.]: BiblioScholar, 2002.

EESLEY, C.; LENOX, M. J. Firm responses to secondary stakeholder action. **Strategic Management Journal**, v. 27, n. 8, p. 765-781, 2006.

ELIAS, A. A.; CAVANA, R. Y.; JACKSON, L. S. **Linking stakeholder literature and system dynamics: opportunities for research**. INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEMS THINKING IN MANAGEMENT – ICSTM, 2000. **Proceedings...** Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=0F04CC8B2FDD1C67F56AB1A05E818BD9?doi=10.1.1.84.7361&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: jan. 2018.

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

ELIAS, A. A.; JACKSON, L. S.; CAVANA, R. Y. Changing positions and interests of stakeholders in environmental conflict: a New Zealand transport infrastructure case. **Asia Pacific Viewpoint**, v. 45, n. 1, p. 87-104, 2004.

ELIAS, A. A. A system dynamics model for stakeholder analysis in environmental conflicts. **Journal of Environmental Planning and Management**, v. 55, n. 3, p. 387-406, 2012.

ELIASSON, G. **Advanced public procurement as industrial policy: the aircraft industry as a technical university**. Berlin: Springer, 2010.

ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R.; CARPES, M. M. M. A identificação da repercussão da incorporação da responsabilidade social na gestão organizacional por meio da Metodologia MCDA-Construtivista. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 24., 2004. **Anais**. ABEPRO, 2004.

ESCADA, P.A.S. **Origem, institucionalização e desenvolvimento das atividades espaciais brasileiras (1940-1980)**. Dissertação (Mestrado em Ciência Política) - Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

ESTEFAN, J. A. et al. Survey of model-based systems engineering (MBSE) methodologies. **Incose MBSE**, 2008. Disponível em: http://www.omg.sysml.org/MBSE_Methodology_Survey_RevB.pdf. Acesso em: jan. 2018.

EVAN, W. M.; FREEMAN, R. E. A stakeholder theory of the modern corporation: kantian capitalism. In: BEAUCHAMP, T.; BOWIE, N. (Eds.). **Ethical theory and business**: 75-93. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1988.

FARD, J. M.; NEKOU, M. A.; AMAJDIFARD, R. Robust multi-objective static output feedback control based on $h_2/h_\infty/\mu$ combination. **Canadian Journal of Pure and Applied Sciences**, p. 2969, 2014.

FASSIN, Y. Imperfections and shortcomings of the stakeholder model's graphical representation. **Journal of Business Ethics**, v. 80, n. 4, p. 879-888, 2008.

FASSIN, Y. **A dynamic perspective in Freeman's stakeholder model**. Ghent: Ghent University, Faculty of Economics and Business Administration, 2011.

FENG, W.; CRAWLEY, E. F.; WECK, O. L.; LESSARD, D. R.; CAMERON, B. G. **Understanding the impacts of indirect stakeholder relationships: stakeholder value network analysis and its application to large engineering projects**. Cambridge: MIT, 2012. (ESD-WP-2012-26).

FINEMAN, S.; CLARKE, K. Green stakeholders: industry interpretations and response. **Journal of Management Studies**, v. 33, n. 6, p. 715-730, 1996.

FISK, L. A. The impact of space on society: past, present and future. **Space Policy**, v.24, p.175-180, 2008.

FORD, A. Modeling the environment: an introduction to system dynamics modeling of environmental systems. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, v. 1, n. 1, 2000.

FORRESTER, J.W. Industrial dynamics: a major breakthrough for decision makers. **Harvard Business Review**, v. 36, n. 4, p. 37-66, 1958.

- FORRESTER, J. W. **Industrial dynamics**. Cambridge: MIT Press, 1961.
- FORRESTER, J. W. Market growth as influenced by capital investment. **Industrial Management Review**, v. 9, n. 2, p. 83, 1968a.
- FORRESTER, J. W. **Principles of systems**: text and workbook. Cambridge, MA: Wright-Allen Press, 1968b.
- FORRESTER, J. W. **Urban dynamics**. Cambridge: MIT Press, 1969.
- FORRESTER, J. W. **World dynamics**. Cambridge, MA: Wright-Allen Press, 1971.
- FORRESTER, J. W.; DE GREENE, K. B. System Dynamics and the Lessons of 35 Years. In: GREENE, K. B. (Ed.). **A systems-based approach to policymaking**. Berlin: Springer, 1991.
- FORRESTER, J. W. System dynamics, systems thinking, and soft OR. **System Dynamics Review**, v. 10, n. 2/3, p. 245-256, 1994.
- FORRESTER, J. W. The beginning of system dynamics. **McKinsey Quarterly**, p. 4-17, 1995.
- FORRESTER, J. W. System dynamics and K-12 teachers. **Retrieved August**, v. 8, p. 2008, 1996.
- FORRESTER, J. W. System dynamics: the next fifty years. **System Dynamics Review**, v. 23, n. 2/3, p. 359-370, 2007.
- FORRESTER, J. W. **Some basic concepts in system dynamics**. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 2009.
- FORRESTER, J. W. **System dynamics**: the foundation under systems thinking. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, , 1999.
- FORTUNATO, S. Community detection in graphs. **Physics Reports**, v. 486, n. 3, p. 75-174, 2010.
- FREEMAN, L. C. Centrality in social networks conceptual clarification. **Social Networks**, v. 1, n. 3, p. 215-239, 1978
- FREEMAN, L. C. Visualizing social networks. **Journal of Social Structure**, v. 1, n. 1, p. 4, 2000. Disponível em: <https://www.cmu.edu/joss/content/articles/volume1/Freeman.html>. Acesso em: jan. 2018. Acesso em: jan. 2018
- FREEMAN, R. E. **Strategic management**: a stakeholder approach. Boston: Pitman, 1984.
- FREEMAN, R. E. The politics of stakeholder theory: some future directions. **Business Ethics Quarterly**, v. 4, n. 4, p. 409-421, 1994.

- FREEMAN, R. E. Divergent stakeholder theory. **Academy of Management Review**, v. 24, n. 2, p. 233-236, 1999.
- FREEMAN, R. E. Business ethics at the millennium. **Business Ethics Quarterly**, p. 169-180, 2000.
- FREEMAN, R. E. The development of stakeholder theory: an idiosyncratic approach. In: SMITH, K. G.; HITT, M. A. (Eds.). **Great minds in management: the process of theory development**. Oxford: Oxford University Press, 2005.
- FREEMAN, R. E. Managing for stakeholders: trade-offs or value creation. **Journal of Business Ethics**, v. 96, n. 1, p. 7-9, 2010.
- FREEMAN, R. E. **Strategic management: a stakeholder approach**. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.
- FREEMAN, R. E.; AUSTER, E. R. Values, authenticity, and responsible leadership. **Journal of Business Ethics**, v. 98, n. 1, p. 15-23, 2011.
- FREEMAN, R. E.; EVAN, W. M. Corporate governance: a stakeholder interpretation. **Journal of Behavioral Economics**, v. 19, n. 4, p. 337-359, 1991.
- FREEMAN, R. E.; GILBERT, D. R. **Corporate strategy and the search for ethics**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1992.
- FREEMAN, R. E.; HARRISON, J. S.; WICKS, A. C.; PARMAR, B. L.; COLLE, S. **Stakeholder theory: the state of the art**. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.
- FREEMAN, R. E.; PHILLIPS, R. A. Stakeholder theory: a libertarian defense. **Business Ethics Quarterly**, v. 12, n.3, p. 331-349, 2002.
- FREEMAN, R. E.; REED, D. L. Stockholders and stakeholders: a new perspective on corporate governance. **California Management Review**, v.25, n.3, p. 88-106, 1983.
- FREEMAN, R. E.; VELAMURI, S. R. A new approach to CSR: Company *Stakeholder* responsibility. In: KAKABADSE, A.; MORSING, M. (Eds.). **Corporate social responsibility**. Berlin: Springer, 2008. p.9-23.
- FREEMAN, R. E.; WICKS, A. C.; PARMAR, B. Stakeholder theory and “the corporate objective revisited”. **Organization Science**, v. 15, n. 3, p. 364-369, 2004.
- FRIEDMAN, A. L.; MILES, S. Developing stakeholder theory. **Journal of Management Studies**, v. 39, p. 1-21, 2002.
- FRIEDMAN, M. The social responsibility of business is to increase its profits. In: ZIMMERLI, W. C.; HOLZINGER, M.; RICHTER, K. (Eds.) **Corporate ethics and corporate governance**. Berlin: Springer, 1970. p.173-178.

FROOMAN, J. Stakeholder influence strategies. **Academy of Management Review**, v. 24, n. 2, p. 191-205, 1999.

GHAZANFARI, M.; JAFARI, M.; ALIZADEH, S. An approach to solve fuzzy system dynamics problems. In: **Proceedings of 21st International Conference of the System Dynamics Society**, paper, v. 240. 2003.

GEELS, F. W. Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. **Research Policy**, v. 31, n. 8/9, p. 1257-1274, 2002.

GEELS, F. W. The dynamics of transitions in socio-technical systems: a multi-level analysis of the transition pathway from horse-drawn carriages to automobiles (1860–1930). **Technology Analysis & Strategic Management**, v. 17, n. 4, p. 445-476, 2005.

GEELS, F. W.; SCHOT, J. Typology of sociotechnical transition pathways. **Research Policy**, v. 36, n. 3, p. 399-417, 2007.

GHAFFARZADEGAN, N.; LYNEIS, J.; RICHARDSON, G. P. How small system dynamics models can help the public policy process. **System Dynamics Review**, v. 27, n. 1, p. 22-44, 2011.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GLADWIN, T. N.; KENNELLY, J. J.; KRAUSE, T.-S. Shifting paradigms for sustainable development: implications for management theory and research. **Academy of Management Review**, v. 20, n. 4, p. 874-907, 1995.

GOLNAM, A. et al. **Problem structuring methods in system dynamics modeling: a cognitive fit perspective**. 2011. Disponível em: <https://infoscience.epfl.ch/record/169643/files/Problem%20Structuring%20Methods%20in%20System%20Dynamics%20Modeling-Camera%20Ready.pdf>. Acesso em: jan. 2018

GOODPASTER, K. E. Business ethics and stakeholder analysis. **Business Ethics Quarterly**, v. 1, n.1, p. 53-73, 1991.

GREEN, M. B.; McNAUGHTO, R. B. **Industrial networks and proximity**. Aldershot, UK: Ashgate, 2000.

GROSSI, I. **Stakeholder analysis in the context of the lean enterprise**. Thesis (S. M.) - Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 2003.

HALAL, W. E. The new management: business and social institutions in the information age. **Business in the Contemporary World**, v.2, n.2, p.41-54, 1990.

HALAL, W. E. **The new management: bringing democracy and markets inside organizations**. San Francisco: Berrett-Koehler Publishers, 1998.

- HARTING, T. R.; HARMELING, S. S.; VENKATARAMAN, S. Innovative stakeholder relations: when “ethics pays”(and when it doesn't). **Business Ethics Quarterly**, v. 16, n.1, p. 43-68, 2006.
- HEUER, M. A.; STARIK, M. **Multidirectional stakeholder networks: specifying capability, turbulence, and reputation.** [S.l.]: Academy of Management Meetings, 2002.
- HEUGENS, P. M. A.R.; VAN DEN BOSCH, F. A. J.; VAN RIEL, C. B. M. Stakeholder integration building mutually enforcing relationships. **Business & Society**, v. 41, n. 1, p. 36-60, 2002.
- HILL, C. W. L.; JONES, T. M. Stakeholder:agency theory. **Journal of Management Studies**, v. 29, n. 2, p. 131-154, 1992.
- HILLMAN, A. J.; KEIM, G. D. Shareholder value, stakeholder management, and social issues: what's the bottom line? **Strategic Management Journal**, v. 22, n. 2, p. 125-139, 2001.
- HINES, J.et al. **Molecules of structure: building blocks for system dynamics models.** Cambridge: MIT, 1996.
- HORISCH, J.; FREEMAN, R. E.; SCHALTEGGER, S. Applying stakeholder theory in sustainability management links, similarities, dissimilarities, and a conceptual framework. **Organization & Environment**, v. 27, n. 4, p. 328-346, 2014.
- HOSMER, L. T.; KIEWITZ, C. Organizational justice: a behavioral science concept with critical implications for business ethics and *Stakeholder* theory. **Business Ethics Quarterly**, v. 15, n.1, p. 67-91, 2005.
- HOSSEINI, J. C.; BRENNER, S. N. The *Stakeholder* theory of the firm: a methodology to generate value matrix weights. **Business Ethics Quarterly**, v. 2, n. 2, p. 99-119, 1992.
- INAM, A.; ADAMOWSKI, J.; HALBE, J.; PRASHER, S. Using causal loop diagrams for the initialization of stakeholder engagement in soil salinity management in agricultural watersheds in developing countries: a case study in the Rechna Doab watershed, Pakistan. **Journal of Environmental Management**, 152, 251-267, 2015
- INTERNATIONAL COUNCIL ON SYSTEMS ENGINEERING INCOSE. **System engineering handbook: V.3.2.** San Diego: INCOSE, 2010. (INCOSE-TP-2003-002-03.2).
- IPEA - Desafios e oportunidades para uma indústria espacial emergente: o caso do Brasil. **Comunicados do IPEA no 153**, 11 de Julho de 2012.
- JAWAHAR, I. M.; MCLAUGHLIN, G. L. Toward a descriptive stakeholder theory: An organizational life cycle approach. **Academy of Management Review**, v. 26, n. 3, p. 397-414, 2001.

- JENSEN, M. C. Value maximization, stakeholder theory, and the corporate objective function. **Business Ethics Quarterly**, v. 12, n.2, p. 235-256, 2002.
- JENSEN, M. C.; MECKLING, W. H. Theory of the firm: managerial behavior, agency costs and ownership structure. **Journal of Financial Economics**, v. 3, n. 4, p. 305-360, 1976.
- JONES, T. M. Instrumental stakeholder theory: a synthesis of ethics and economics. **Academy of Management Review**, v. 20, n. 2, p. 404-437, 1995.
- JONES, T. M.; FELPS, W.; BIGLEY, G. A. Ethical theory and *Stakeholder*-related decisions: the role of stakeholder culture. **Academy of Management Review**, v. 32, n. 1, p. 137-155, 2007.
- KALER, J. Differentiating stakeholder theories. **Journal of Business Ethics**, v. 46, n. 1, p. 71-83, 2003.
- KALER, J. Evaluating stakeholder theory. **Journal of Business Ethics**, v.69, p.249-268, 2006.
- KANNEBLEY JUNIOR, S; PORTO, G. **Incentivos fiscais à pesquisa, desenvolvimento e inovação no Brasil**: uma avaliação das políticas recentes. São Paulo: Banco Interamericano de Desenvolvimento, 2012 Disponível em: <https://www.innovationpolicyplatform.org/system/files/Incentivos%20Fiscais.pdf> . Acesso em jan. 2018.
- KEASEY, K.; THOMPSON, S.; WRIGHT, M. (Eds.). **Corporate governance: economic and financial issues**. Oxford: Oxford University Press, 1997.
- KEYNES, J. M. **The general theory of employment, interest and money**. Cambridge: Cambridge Universtiy Press, 1936.
- KLEIN, L. R.; GOLDBERGER, A. S. **An econometric model of the United States 1929– 1952**. Amsterdam: North Holland, 1955.
- KNOX, S.; GRUAR, C. The application of stakeholder theory to relationship marketing strategy development in a non-profit organization. **Journal of Business Ethics**, v. 75, n. 2, p. 115-135, 2007.
- KOCHAN, T. A.; RUBINSTEIN, S. A. Toward a stakeholder theory of the firm: the Saturn partnership. **Organization Science**, v. 11, n. 4, p. 367-386, 2000.
- KOTTER, J. P.; HESKETT, J. L. **Corporate culture and performance**. New York: Free Press, 1992.
- KRIPPENDORFF, K. **A dictionary of cybernetics**. Philadelphia: Univesity of Pennsylvania, 1986.
- KUNC, M. System dynamics: a behavioral modeling method. In: **Proceedings of the 2016 Winter Simulation Conference**. IEEE Press, 2016. p. 53-64.

KUNC, M. Teaching strategic thinking using system dynamics: lessons from a strategic development course. **System Dynamics Review**, v. 28, n. 1, p. 28-45, 2012.

LAMBERG, J.-A.; SAVAGE, G. T.; PAJUNEN, K. Strategic stakeholder perspective to ESOP negotiations: the case of United Airlines. **Management Decision**, v. 41, n. 4, p. 383-393, 2003.

LAMPE, M. Mediation as an ethical adjunct of stakeholder theory. **Journal of Business Ethics**, v. 31, n. 2, p. 165-173, 2001.

LANE, D. C.; STERMAN, J. D. **Profiles in operations research: Jay Wright Forrester**. 2011. Disponível em: <http://jsterman.scripts.mit.edu/docs/Lane-2011%20Profiles%20in%20Operations%20Research.pdf>. Acesso em: set. 2017.

LANE, D. C.; OLIVA, R. The greater whole: towards a synthesis of system dynamics and soft systems methodology. **European Journal of Operational Research**, v. 107, n. 1, p. 214-235, 1998.

LAPLUME, A. O.; SONPAR, K.; LITZ, R. A. Stakeholder theory: reviewing a theory that moves us. **Journal of Management**, v. 34, n. 6, p. 1152-1189, 2008.

LEMOS JUNIOR, A. S. **Implantação do programa estratégico dos sistemas espaciais brasileiro**: uma proposta de investimento contínuo. Trabalho (Conclusão de Curso em Altos Estudos de Política Estratégica) - Escola Superior de Guerra, Rio de Janeiro, 2014.

LIMA P. N. **Análise bibliométrica**: conceitos, métodos e softwares. GMAP / UNISINOS, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/315740884_Analise_Bibliometrica_-_Conceitos_Metodos_e_Softwares. Acesso em jan. 2018.

LOVE, P. E. D. et al. Using systems dynamics to better understand change and rework in construction project management systems. **International Journal of Project Management**, v. 20, n. 6, p. 425-436, 2002.

LOZANO, R.; CARPENTER, A.; HUISINGH, D. A review of “theories of the firm” and their contributions to corporate sustainability. **Journal of Cleaner Production**, v.106, p. 430-442, 2015.

LU, C.; LIU, H. C.; TAO, J.; RONG, K.; HSIEH, Y. C. A key stakeholder-based financial subsidy stimulation for Chinese EV industrialization: a system dynamics simulation. **Technological Forecasting and Social Change**, v.118, p.1-14, 2017.

LUOMA-AHO, V. **Faith-holders as social capital of Finnish public organizations**. Jyväskylän Yliopisto: University of Jyväskylä, 2005.

LYNEIS, J. M.; COOPER, K. G.; ELS, S. A. Strategic management of complex projects: a case study using system dynamics. **System Dynamics Review**, v. 17, n. 3, p. 237-260, 2001.

LYNEIS, J. M.; FORD, D. N. System dynamics applied to project management: a survey, assessment, and directions for future research. **System Dynamics Review**, v. 23, n. 2/3, p. 157-189, 2007.

LYONS, M. H. et al. Complex systems models for strategic decision making. **BT Technology Journal**, v. 21, n. 2, p. 11-27, 2003.

LYRA, M. G.; GOMES, R. C.; JACOVINE, L. A. G. O papel dos stakeholders na sustentabilidade da empresa: contribuições para construção de um modelo de análise. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 13, n.esp., p. 39-52, 2009.

MAGNUSZEWSKI, P.; SENDZIMIR J. **Connecting policy and science through innovative knowledge brokering in the field of water management and climate change**. Paris: UNESCO, 2009.

MASHAYEKHI, A. N. Transition in the New York State solid waste system: a dynamic analysis. **System Dynamics Review**, v. 9, n. 1, p. 23-47, 1993.

MASON, R. O.; MITROFF, I.I. **Challenging strategic planning assumptions: theory, cases, and techniques**. New York: Wiley, 1981.

MAYBECK, P. S. **Stochastic models, estimation, and control**. New York: Academic Press, 1979.

MAZZA, V. M. S. et al. Teoria dos stakeholders: estudo das publicações sobre o tema na base de dados web of science. In: ECONTRO INTERNACIONAL DE GESTÃO EMPRESARIA E MEIO AMBIENTE (ENGEMA), 19., 2017, São Paulo. **Anais...** Disponível em: <http://engemausp.submissao.com.br/17/anais/arquivos/392.pdf> . Acesso em: jan. 2018.

MEADOWS, D. H. et al. **The limits to growth**. New York: Potomac, 1972.

MEADOWS, D. H.; ROBINSON, J. M. **The electronic oracle: computer models and social decisions**. New York: Wiley, 1985.

MEADOWS, D, H.; WRIGHT, D. **Thinking in systems: a primer**. White River Junction: Chelsea Green Publishing, 2008.

MEMBRILLO, A.; RITCHIE-DUNHAM, J.; MADRID, C. G. Applying system-wide discovery analysis to the market growth model. In: SYSTEM DYNAMICS SOCIETY INTERNATIONAL CONFERENCE, 17., 1999, New Zealand. **Proceedings...** 1999.

MHENNI, F. et al. A SysML-based methodology for mechatronic systems architectural design. **Advanced Engineering Informatics**, v. 28, n. 3, p. 218-231, 2014.

- MILES, S. Stakeholder definitions: profusion and confusion. In: INTERDISCIPLINARY CONFERENCE ON STAKEHOLDERS (EIASM), 1., 2011, Barcelona. **Proceedings...** University of Navarra, 2011.
- MILES, S. Stakeholder: essentially contested or just confused? **Journal of Business Ethics**, v. 108, p. 285-298, 2012.
- MILES, S. Stakeholder theory classification: a theoretical and empirical evaluation of definitions. **Journal of Business Ethics**, p. 1-23, 2015.
- MINGERS, J.; ROSENHEAD, J. Problem structuring methods in action. **European Journal of Operational Research**, v. 152, n. 3, p. 530-554, 2004.
- MINGERS, J.; WHITE, L. A review of the recent contribution of systems thinking to operational research and management science. **European Journal of Operational Research**, v. 207, n. 3, p. 1147-1161, 2010.
- MIRANDA, I. J. **Os primórdios da atividade espacial na aeronáutica.** GTEPE/GETEPE/IAE, 2005
- MITCHELL, Ronald K. Book review: stakeholder theory: impact and prospects. **Organization Studies**, v. 33, n. 10, p. 1407-1411, 2012.
- MITCHELL, R. K. et al. Stakeholder inclusion and accounting for *Stakeholders*. **Journal of Management Studies**, v. 52, n. 7, p. 851-877, 2015.
- MITCHELL, R. K.; AGLE, B. R.; WOOD, D. J. Toward a theory of stakeholder identification and salience: defining the principle of who and what really counts. **Academy of Management Review**, v. 22, n. 4, p. 853-886, 1997.
- MOLTZ, J.C. Brazil's space program: dreaming with its feet on the ground. **Space Policy**, v.33, p.13-19, 2015.
- MORECROFT, J. D. W. **Strategic modelling and business dynamics: a feedback systems approach.** New York: John Wiley and Sons, 2007.
- MOURAVIEV, N.; KAKABADSE, N. K. Public-private partnership's procurement criteria: the case of managing stakeholders' value creation in Kazakhstan. **Public Management Review**, v. 17, n. 6, p. 769-790, 2015.
- MUCHA, P. J. et al. Community structure in time-dependent, multiscale, and multiplex networks. **Science**, v. 328, n. 5980, p. 876-878, 2010.
- NEGRETE, A. C. A. et al. Mapeamento da base industrial de defesa. IPEA, 2016. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/6737> Acesso em: jan. de 2018.
- NEVILLE, B. A.; MENGUC, B. Stakeholder multiplicity: toward an understanding of the interactions between stakeholders. **Journal of Business Ethics**, v. 66, n. 4, p. 377-391, 2006.

- NWANJI, T. I.; HOWELL, K. E. The stakeholder theory in the modern global business environment. **International Journal of Applied Institutional Governance**, v. 1, n. 1, p. 1-12, 2004.
- O'BRIEN, F. A.; DYSON, R. G. **Supporting strategy**. New York: Wiley, 2007.
- OLIVA PUE, R. **A dynamic theory of service delivery**: implications for managing service quality. Thesis (PhD.) - Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 1996.
- OLIVA, R. Tradeoffs in responses to work pressure in the service industry. **California Management Review**, v. 43, n. 4, p. 26-43, 2001.
- OLIVA, R.; KALLENBERG, R. Managing the transition from products to services. **International Journal of Service Industry Management**, v. 14, n. 2, p. 160-172, 2003.
- O'CONNELL, L. L. et. al. An organizational field approach to corporate rationality: the role of stakeholder activism. **Business Ethics Quarterly**, v. 15, n.1, p. 93-111, 2005.
- OGATA, K. **Engenharia de controle moderno**. 3.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000.
- OGATA, K. **Engenharia de controle moderno**. São Paulo: Prentice Hall, 1982.
- OJALA, J.; LUOMA-AHO, V. Stakeholder relations as social capital in early modern international trade. **Business History**, v. 50, n. 6, p. 749-764, 2008.
- OLIVEIRA, M. E. R. **A política de compras do programa espacial brasileiro como instrumento de capacitação industrial**. Tese (Doutorado em Gerenciamento de Sistemas Espaciais) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2014. Disponível em: <http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3FMAFFB>. Acesso em: jan. 2018.
- OLIVEIRA, M. E. R.; PERONDI, L. F. Proposal of a methodology of *stakeholder* analysis for the brazilian satellite space program. **Journal of Aerospace Technology and Management**, v. 4, n. 1, p. 95-104, 2012. DOI 10.5028/jatm.2012.04015011.
- ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT - OECD. **The space economy at a glance 2014**. OECD Publishing, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264217294-en>. Acesso em: jan. 2018.
- O'TOOLE, J. **Vanguard management**: redesigning the corporate future. [S.l.]: Berkley, 1987.
- O'TOOLE, J. Do good, do well: the business enterprise trust awards. **California Management Review**, v. 33, n. 3, p. 9-24, 1991..

PARENT, M. M.; DEEPHOUSE, D. L. A case study of stakeholder identification and prioritization by managers. **Journal of Business Ethics**, v. 75, n. 1, p. 1-23, 2007.

PEJOVICH, S. **The economics of property rights**: towards a theory of comparative systems. Berlin: Springer, 1990.

PEREIRA, G. R. **Ciência e sociedade**: institucionalização do INPE. São Carlos: Rima, 2009.

PETRONI, G.; VENTURINE, K.; VERBANO, C.; CANTARELLO, S. Discovering the basic strategic orientation of big space agencies. **Acta Astronautica**, v. 25, p. 45-62, 2009.

PHILLIPS, R. A. Stakeholder theory and a principle of fairness. **Business Ethics Quarterly**, v. 7, n. 1, p. 51-66, 1997.

PHILLIPS, R. A.; REICHART, J. The environment as a stakeholder? a fairness-based approach. **Journal of Business Ethics**, v. 23, n. 2, p. 185-197, 2000.

PHILLIPS, R. **Stakeholder theory and organizational ethics**. San Francisco: Berrett-Koehler, 2003a.

PHILLIPS, R. Stakeholder legitimacy. **Business Ethics Quarterly**, v. 13, n. 1, p. 25-41, 2003b.

PHILLIPS, R.; FREEMAN, R. E.; WICKS, A. C. What stakeholder theory is not. **Business Ethics Quarterly**, v. 13, n. 4, p. 479-502, 2003.

PROJETCT MANAGEMENT INSTITUTE BOK **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos**. 5.ed. Newtown Square: Project Management Institute, 2013.

POLLACK, J. Multimethodology in series and parallel: strategic planning using hard and soft OR. **Journal of the Operational Research Society**, p. 156-167, 2009.

PORTER, M. A.; ONNELA, J.-P.; MUCHA, P. J. Communities in networks. **Notices of the AMS**, v. 56, n. 9, p. 1082-1097, 2009.

POSNER, B. Z. Values and the american manager: a three-decade perspective. **Journal of Business Ethics**, v. 91, n. 4, p. 457-465, 2010.

POSNER, B. Z.; SCHMIDT, W. H. Values and the american manager: an update. **California Management Review**, v. 26, n. 3, p. 202, 1984.

PRASAD, B. **Concurrent engineering fundamentals**. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1996.

PRELL, C.; HUBACEK, K.; REED, M. Stakeholder analysis and social network analysis in natural resource management. **Society and Natural Resources**, v. 22, n. 6, p. 501-518, 2009.

PROKOPENKO, M. **System dynamics modelling using vensim**. 3 Dec. 2015. Disponível em: <http://docplayer.net/19901725-System-dynamics-modelling-using-vensim.html> e <http://journalofia.org/volume3/issue2/01-morville/>. Acesso em: jan. 2018.

PRUYT, E. **Small system dynamics models for big issues: triple jump towards real-world complexity**. 2013. Disponível em: <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3A10980974-69c3-4357-962f-d923160ab638>. Acesso em: jan. 2018.

RABELLO, A. P. S. S. **Um novo processo para melhorar a dependabilidade de sistemas espaciais entre as fases de planejamento e projeto detalhado incluindo extensões do diagrama de Markov (DMEP) E da FMECA (FMEP) a projetos**. Tese (Doutorado em Engenharia e Gerenciamento de Sistemas) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2017. Disponível em <http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3MP6RNL>. Acesso em: jan. 2017.

RAHMANDAD, H. Impact of growth opportunities and competition on firm-level capability development trade-offs. **Organization Science**, v. 23, n. 1, p. 138-154, 2012.

RANDERS, J. (Ed.). **Elements of the system dynamics method**. Cambridge, MA: MIT press, 1980.

REBENTISCH, E. S.; CRAWLEY, E. F.; LOUREIRO, G.; DICKMANN, J.Q.; CATANZARO, S. N. Using stakeholder value analysis to build exploration sustainability. In: SPACE EXPLORATION CONFERENCE, 1., 2005. **Proceedings...** Disponível em: <http://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/84151/SECRebentisch.pdf?sequence=1%20/>. Acesso em: jan. 2018.

REED, M. S. et. al. Who's in and why? a typology of stakeholder analysis methods for natural resource management. **Journal of Environmental Management**, v. 90, n. 5, p. 1933-1949, 2009.

REINALDE, C. F. et al. Dinâmica de sistemas: uma abordagem computacional para visualizar problemas complexos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS, 1., 2005. **Anais...** 2005. REYNOLDS, S. J.; SCHULTZ, F. C.; HEKMAN, D. R. Stakeholder theory and managerial decision-making: constraints and implications of balancing stakeholder interests. **Journal of Business Ethics**, v. 64, n. 3, p. 285-301, 2006.

RHENMAN, E.; STYMNE, B. **Foretagsledning i en foranderlig varld**. Stockholm: Aldus/Bonniers, 1965.

RIBEIRO, L. D. **Avaliação do sistema nacional de desenvolvimento das atividades espaciais**. Dissertação (Mestrado em Administração de Empresas) - Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2007.

RICHARDSON, G. P. Reflections on the foundations of system dynamics. **System Dynamics Review**, v. 27, n. 3, p. 219-243, 2011.

RICHARDSON, G. P. "Model" teaching. **System Dynamics Review**, v. 30, n. 1-2, p. 81-88, 2014.

RICHARDSON, G. P.; ANDERSEN, D. F. Teamwork in group model building. **System Dynamics Review**, v. 11, n. 2, p. 113-137, 1995.

RICHARDSON, G. P.; ANDERSEN, D. F. Systems thinking, mapping, and modeling in group decision and negotiation. In: KILGOUR, M.; EDEN, C. (Eds.). **Handbook of group decision and negotiation**. Berlin: Springer, 2010. p. 313-324.

RIZAL, A. R. A.; NORDIN, S. M.; SAAD, M. S.; ISMAIL, K. Engagement strategies for stakeholder management in new technology development in the fertilizer industry: a conceptual framework. **World Academy of Science, Engineering and Technology**, v.6, n.11, p.2947-2953, 2012.

RIZZO, E. et. al. Brownfield regeneration in Europe: Identifying *Stakeholder* perceptions, concerns, attitudes and information needs. **Land Use Policy**, v. 48, p. 437-453, 2015.

RODRIGUES, A.; BOWERS, J. The role of system dynamics in project management. **International Journal of Project Management**, v. 14, n. 4, p. 213-220, 1996.

ROOME, N.; WIJEN, F. Stakeholder power and organizational learning in corporate environmental management. **Organization Studies**, v. 27, n. 2, p. 235-263, 2006.

ROSS, A. M. et al. Multi-attribute tradespace exploration as front end for effective space system design. **Journal of Spacecraft and Rockets**, v. 41, n. 1, p. 20-28, 2004.

ROUWETTE, E. A. J. A.; GRÖBLER, A.; VENNIX, J. A. M. Exploring influencing factors on rationality: a literature review of dynamic decision-making studies in system dynamics. **Systems Research and Behavioral Science**, v. 21, n. 4, p. 351-370, 2004.

ROWLEY, T. J. Moving beyond dyadic ties: a network theory of *Stakeholder* influences. **Academy of Management Review**, v. 22, n. 4, p. 887-910, 1997.

ROWLEY, T.; BERMAN, S. A brand new brand of corporate social performance. **Business & Society**, v. 39, n. 4, p. 397-418, 2000.

SAEED, K. Jay Forrester's operational approach to economics. **System Dynamics Review**, v. 30, n. 4, p. 233-261, 2014.

SANTOS, P. R. **Proposta de melhoria no processo de alocação de serviços submarinos a navios baseada na estruturação de problemas**: um estudo de caso na Petrobras. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Aeronáutica e Mecânica) - , Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2012. Disponível em:

http://www.bd.bibl.ita.br/tesesdigitais/lista_resumo.php?num_tese=62805.

Acesso em: set. 2017.

SATELLITE INDUSTRY ASSOCIATION - SIA. **State of the satellite industry report**. The TAURI Group, June 2016. Disponível em: <http://www.sia.org/wp-content/uploads/2016/06/SSIR16-Pdf-Copy-for-Website-Compressed.pdf> .

Acesso em: jan. 2018.

SAVAGE, G. T. et al. Stakeholder collaboration: implications for *Stakeholder* theory and practice. **Journal of Business Ethics**, v. 96, n. 1, p. 21-26, 2010.

SAVAGE, G. T. et al. Urban-rural hospital affiliations: assessing control, fit, and stakeholder issues strategically. **Health Care Management Review**, v. 17, n. 1, p. 35-49, 1992.

SAVAGE, G. T.; NIX, T. W.; WHITEHEAD, C. J.; BLAIR, J. D. Strategies for assessing and managing organizational stakeholders. **The Executive**, v. 5, n. 2, p. 61-75, 1991.

SAVAGE, G. T.; DUNKIN, J. W.; FORD, D. M. Responding to a crisis: A *Stakeholder* analysis of community health organizations. **Journal of Health and Human Services Administration**, p. 383-414, 2004.

SCHMIDT, F. H. **Desafios e oportunidades para uma indústria espacial emergente**: o caso do Brasil. Brasília: IPEA, 2011.

SCHNEIDER, M. A stakeholder model of organizational leadership. **Organization Science**, v. 13, n. 2, p. 209-220, 2002.

SCHNEPER, W. D.; GUILLÉN, M. F. Stakeholder rights and corporate governance: a cross-national study of hostile takeovers. **Administrative Science Quarterly**, v. 49, n. 2, p. 263-295, 2004.

SCHWARTZ, M. S. God as a managerial stakeholder? **Journal of Business Ethics**, v. 66, n. 2-3, p. 291-306, 2006.

SCHWARZKOPF, D. L. Stakeholder perspectives and business risk perception. **Journal of Business Ethics**, v. 64, n. 4, p. 327-342, 2006.

SCOTT, S. G.; LANE, V. R. A stakeholder approach to organizational identity. **Academy of Management Review**, v. 25, n. 1, p. 43-62, 2000.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 24 ed. São Paulo: Cortez, 2016.

SEYMOUR, S.J.; LUMAN, R. R. Academic perspectives of systems engineering. **Johns Hopkins APL Technical Digest**, v. 29, n. 4, 2011.

SHERWIN, D. S. The ethical roots of the business system. **Harvard Business Review**, v. 61, n. 6, p. 183-192, 1983.

SILVA, R. F.; DAWSON, S. Understanding strategic decision making in the context of international space activities. **Space Policy**, v. 12, n. 1, p. 29-43, 1996.

SILVA, S. L. A. **O sistema de inovação e o business da C,T&I nas missões espaciais do INPE**. Trabalho (Conclusão de Curso em Gestão Estratégica de Ciência e Tecnologia em IPP's) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2010. Disponível em: <http://mtc-m16d.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m19/2011/04.15.12.52/doc/S%c9RGIO%20LU%cdS%20DE%20ANDRADE%20SILVA.pdf?metadatarpository=&mirror=sid.inpe.br/mtc-m19@80/2009/08.21.17.02.53> . Acesso em: jan. 2018.

SIMMONS, J. Reconciling effectiveness and equity in performance management: a stakeholder synthesis approach to organizational systems design. **Systemic Practice and Action Research**, v. 16, n. 5, p. 355-365, 2003.

SIMMONS, J.; ILES, P.; YOLLES, M. Identifying those on board 'the moving train': towards a stakeholder-focused methodology for organizational decision making. **Systems Research and Behavioral Science**, v. 22, n. 1, p. 41-53, 2005.

SIMON, H. A. **Administrative behavior**: a study of decision-making processes in administrative organization. New York: Macmillan, 1957.

SIOKOU, C.; MORGAN, R.; SHIELL, A. Group model building: a participatory approach to understanding and acting on systems. **Public Health Research Practice**, v. 25, n. 1, e2511404, 2014.

SMITH, J. **The daily globe**: environmental change, the public and the media. London: Earthscan, 2000.

SOARES, C. S.; SARTURI, G.; BOAVENTURA, J.M. G. Afinal, o que é distribuir valor para os stakeholders? In: ENCONTRO INTERNAICONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIA E MEIO AMBIENTE (ENGEMA), 16., 2014, São Paulo. **Anais...** 2014.

STANFORD RESEARCH INSTITUTE. **Changes images of man**. Oxford: Pergamon, 1982.

STARIK, M. Should trees have managerial standing? toward stakeholder status for non-human nature. **Journal of Business Ethics**, v. 14, n. 3, p. 207-217, 1995.

STERMAN, J. D. **System dynamics modeling for project management**. Cambridge, MA: [S.n.], 1992.

STERMAN, J. D. **Business dynamics**: systems thinking and modeling for a complex world. Irwin: McGraw-Hill, 2000.

- STERMAN, J. D. System dynamics modeling: tools for learning in a complex world. **California Management Review**, v. 43, n. 4, p. 8-25, 2001.
- STERMAN, J. et al. System dynamics perspectives and modeling opportunities for research in operations management. **Journal of Operations Management**, v. 39, p. 1-5, 2015.
- STERNBERG, E. **Corporate governance**:. accountability in the market. [S.l.]: Institute of Economic Affairs, 1998.
- STERNBERG, E. **The stakeholder concept**: a mistaken doctrine. [S.l.]: Foundation for Business Responsibilities, 1999.
- STERNBERG, E. **Just business**: business ethics in action. Oxford: Oxford University, 2000.
- STERNBERG, E. Defining capitalism. **Economic Affairs**, v. 35, n.3, p. 380-396, 2015. Disponível em: <http://ssrn.com/abstract=2681401> ou <http://dx.doi.org/10.1111/ecaf.12141>. Acesso em jan: 2018.
- STEURER, R. et. al. Corporations, stakeholders and sustainable development I: a theoretical exploration of business-society relations. **Journal of Business Ethics**, v. 61, n. 3, p. 263-281, 2005.
- STONE, C.; WINSTANLEY, D. Stakeholding: confusion or utopia? mapping the conceptual terrain. **Journal of Management Studies**, v. 38, n. 5, p. 603-626, 2001.
- STRAND, R.; FREEMAN, R. E.; HOCKERTS, K. Corporate social responsibility and sustainability in scandinavia: an overview. **Journal of Business Ethics**, v. 127, n. 1, p. 1-15, 2015.
- SUNDARAM, A. K.; INKPEN, A. C. The corporate objective revisited. **Organization Science**, v. 15, n. 3, p. 350-363, 2004..
- SUTHERLAND, T. A. **Stakeholder value network analysis for space-based earth observations**. Thesis (PhD) - Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 2009.
- SUTHERLAND, T. A.; CAMERON, B. G.; CRAWLEY, E. F. Program goals for the NASA/NOAA Earth Observation Program derived from a *Stakeholder* value network analysis. **Space Policy**, v. 28, n. 4, p. 259-269, 2012.
- SWANSON, D. L. Toward an integrative theory of business and society: a research strategy for corporate social performance. **Academy of Management Review**, v. 24, n. 3, p. 506-521, 1999.
- TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO – TCU. **Relatório de levantamento**: grupo I – classe V – plenário. 2016. Disponível em: <http://portal.tcu.gov.br/data/files/5F/81/63/41/6F109510EE89EF851A2818A8/016.582-2016-0%-20-%20Programa%20Espacial%20Brasileiro.pdf>. Acesso em: jan. 2018.

TESFOM, G.; BIRCH, N. J. Understanding firms' corporate social activity choice decisions: a conceptual framework. **International Journal of Marketing Studies**, v. 6, n. 6, p. p14, 2014.

TSAI, W. The formation of intra organizational linkages. **Strategic Management Journal**, v. 21, n. 9, p. 925-939, 2000.

TULINAYO, F. P.; VAN BOMMEL, P.; PROPER, H. A. Enhancing the system dynamics modeling process with a domain modeling method. **International Journal of Cooperative Information Systems**, v. 22, n.2, e 1350011, 2013.

TURNER, G. M. A comparison of The Limits to Growth with 30 years of reality. **Global Environmental Change**, v. 18, n. 3, p. 397-411, 2008.

ULLAH, M. A. **Enhancing the understanding of corruption through system dynamics odelling**. Thesis (PhD) - The University of Auckland, New Zerland, 2013.

VENNIX, J.A.M. **Mental models and computer models**: design and evaluation of a computer-based learning environment for policy making. Thesis (S. M.) - University of Nijmegen, Nijmegen, 1990.

VENNIX, J. A. M. **Group model building**: facilitating team learning using system dynamics. Chichester: Wiley, 1996.

VENNIX, J. A. M. Group model-building: tackling messy problems. **System Dynamics Review**, v.15, n.4 p.379-401, 1999.

VENNIX, J. A. M.; GUBBELS, J. W.; POST, D.; POPPEN, H. J. A structured approach to knowledge elicitation in conceptual model-building. **System Dynamics Review**, v.6, n.2, p.194-208, 1990.

VIDAL, N. G.; BERMAN, S.; VAN BUREN, H. Stakeholder theory and value creation models in brazilian firms. **Revista Brasileira de Gestão de Negócios**, v. 17, n. 55, p. 911, 2015.

VILLELA, P. R.C. **Introdução à dinâmica de sistemas**. In: SEMANA ACADÊMICA DA GESTÃO DO AGRONEGÓCIO, 2., 2007, Viçosa, MG. **Anais...** UFV, 2007.

VINCKE, P. **Multicriteria decision-aid**. New York: John Wiley & Sons, 1992. VOGSTAD, K.-O. **A system dynamics analysis of the nordic electricity market: the transition from fossil fuelled towards a renewable supply within a liberalised electricity market**. Thesis (Ph. D.) - Norges Teknisk Naturvitenskapelige Universitet, 2005. Disponível em: [Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet](#) Acesso em: jan. 2018

VOINOV, A. et al. Modelling with stakeholders—next generation. **Environmental Modelling & Software**, v. 77, p. 196-220, 2016.

VOINOV, A.; BOUSQUET, F. Modelling with stakeholders. **Environmental Modelling & Software**, v. 25, n. 11, p. 1268-1281, 2010.

- WADDOCK, S. A.; GRAVES, S. B. The corporate social performance-financial performance link. **Strategic Management Journal**, v. 18, n. 4, p. 303-319, 1997.
- WALSH, J. P. Taking stock of stakeholder management. **Academy of Management Review**, v. 30, n. 2, p. 426-438, 2005.
- WANG, J.; DEWHIRST, H. D. Boards of directors and stakeholder orientation. **Journal of Business Ethics**, v. 11, n. 2, p. 115-123, 1992.
- WANG, W.; LIU, W.; MINGERS, J. A systemic method for organizational *Stakeholder* identification and analysis using Soft Systems Methodology (SSM). **European Journal of Operational Research**, v.246, n2., p.562-574, 2015.
- WASSERMAN, S.; FAUST, K. **Social network analysis: methods and applications**. Cambridge: Cambridge University Press, 1994.
- WEB DICTIONARY OF CYBERNETICS AND SYSTEMS. 2016. Disponível em: <http://pespmc1.vub.ac.be/ASC/INDEXASC.html>. Acesso em; jan. 2018.
- WELCOMER, S. A. Firm-stakeholder networks. **Business and Society**, v. 41, n. 2, p. 251, 2002.
- WIELAND, R.; GUTZLER, C. Environmental impact assessment based on dynamic fuzzy simulation. **Environmental Modelling & Software**, v. 55, p. 235-241, 2014.
- WIENER, N. **Cybernetics or control and communication in the animal and the machine**. Cambridge: MIT Press, 1961.
- WILLIAMSON, O. E.; WINTER, S. G. **The nature of the firm: origins, evolution, and development**. Oxford: Oxford University Press, 1993.
- WINN, M. I. Building stakeholder theory with a decision modeling methodology. **Business & Society**, v. 40, n. 2, p. 133-166, 2001.
- WOLFE, R. A.; PUTLER, D. S. How tight are the ties that bind stakeholder groups? **Organization Science**, v. 13, n. 1, p. 64-80, 2002.
- WOOD, D. J. Corporate social performance revisited. **Academy of Management Review**, v. 16, n. 4, p. 691-718, 1991.
- WU, M. Towards a stakeholder perspective on competitive advantage. **International Journal of Business and Management**, v. 8, n. 4, p. p20, 2013.
- ZAINI, R. M.; LYAN, D. E.; REBENTISCH, E. Start-up research universities, high aspirations in a complex reality: a Russian start-up university case analysis using stakeholder value analysis and system dynamics modeling. **Triple Helix**, v. 2, n. 1, p. 1-31, 2015.

ZUPIC, I.; ATER, T. Bibliometric methods in management and organization. **Organizational Research Methods**, v.18, n.3, p.429–472, 2015. Disponível em: <http://doi.org/10.1177/1094428114562629>. Acesso em: jan. 2018.

ZWIKAEL, O.; ELIAS, A. A.; AHN, M. J. Stakeholder collaboration and engagement in virtual projects. **International Journal of Networking and Virtual Organisations**, v.10, n.2, p.117-136, 2012.

APÊNDICE A - EQUAÇÕES

Equacionamento matemático dos Diagramas apresentados no Capítulo 6 (estudo de Caso).

Neste apêndice faz-se o detalhamento do equacionamento matemático dos diagramas, produzidos ao se aplicar a Metodologia STH/SD, em um estudo de caso para modelar um sistema complexo (conforme foi sugerida no capítulo 6 do texto principal).

Adotou-se que a unidade de todos os estoques envolvidos neste estudo de caso será adimensional, com o objetivo de facilitar o equacionamento. Adotou-se também que os fluxos de entrada (in) e de saída (out) de todos os estoques serão dimensionados por uma vazão dada em anos.

1. Equações do Passo 1: Simulação da dinâmica da Rede de STHs do PEB considerando apenas 2 STHs no sistema STH-1 (Governo Federal) e STH-2 (SINDAE).

O equacionamento matemático das variáveis, estoques e fluxos constantes do SFD-1 da Figura 6.3 podem ser escritos conforme abaixo. A exemplo do que se faz na engenharia, ao se modelar sistemas de controle, também aqui o sistema será inicialmente estimulado com um degrau unitário, ou seja, as variáveis serão ajustadas para o valor igual a um.

- Budget (Variável)
 - Descrição: é uma variável que representa a disponibilidade financeira que o governamental federal aloca para implementar o PEB.
Observar que esta variável pode ser influenciada, por exemplo, pela demanda ou por políticas de estado, entretanto, para este primeiro exemplo de modelagem assume-se que o Budget é uma constante. Assim, dimensiona-se o Budget da seguinte forma:
 - Equação: Eq. (Ap-01)
 - $\text{Budget} = 1$
 - $\text{Unidade} = \text{R\$/ano}$

- Legislação-1 (Variável)
 - Descrição: é uma variável que representa o dispositivo legal utilizado pelo estado brasileiro para justificar a “criação e o fortalecimento do setor espacial dentro do mercado brasileiro”. Essa variável sintetiza, por exemplo, o arcabouço legal brasileiro (p.ex.: lei do bem, lei de informativa, lei da inovação, lei 8666, etc.) utilizadas para sustentar, legalmente e economicamente, as ações governamentais relacionadas ao sistema PEB. Para este exemplo de modelagem a variável Legislação-1 será configurada para influenciar positivamente ou negativamente o estoque de poder do governo federal. Para tal, ela deve assumir valores maiores do que 1, quando a influencia for positivamente, valores menores do que 1, quando a influencia for negativa, e valor igual a 1 para indicar neutralidade. Adiciona-se a essa variável uma conotação financeira para equilibrar as unidades das equações do sistema. Assim, dimensiona-se Legislação-1 da seguinte forma:
 - Equação: Eq. (Ap-02)
 - Legislação-1 = 1
 - Unidade = 1/R\$

- Política-1 (variável)
 - Descrição: Representa a política governamental cujo objetivo é manter e ampliar a soberania nacional para assuntos estratégicos como o PEB. O objetivo aqui é capturar, por meio dessa variável, o quanto de autonomia tecnológica o governo brasileiro está disposto a obter (internalizar) em assuntos relacionados ao PEB. Utiliza-se o artifício de calibrar o valor da variável Política-1 para sinalizar o quanto de incentivo se pretende dar ao sistema PEB (mais especificamente ao estoque de Legitimidade do STH-1). Para ajustar as unidades do fluxo-in do estoque de Legitimidade do STH-1, a unidade dessa variável será relacionada com contratos e com projetos. Assim, dimensiona-se a variável Política-1 da seguinte forma:
 - Equação: Eq. (Ap-03)

- Política-1 = 1
 - Unidade = $1/(\text{Proj} \times \text{Cont})$
- Contratos com a Indústria (variável)
 - Descrição: Essa variável deve refletir a política industrial brasileira para o setor espacial. Ela pode ser uma amostra de como a indústria nacional está sendo fomentada, para construir e expandir o setor espacial dentro da economia brasileira. O indicador para calibrar essa variável é o número de contratos em execução⁵⁶ pelas indústrias.
 - Equação: Eq. (Ap-04)
 - Contratos com a Indústria = 1
 - Unidade = Cont
- Demandas (variável)
 - Descrição: Representa as demandas sociais e governamentais brasileiras que são atendidas por meio do PEB. Optou-se por utilizar como indicador para essa variável um número que represente a quantidade de projetos a ser atendidos por meio do PEB. Observar que um projeto pode ser atendido por meio de vários contratos. Assim, dimensiona-se a variável “Demandas” da seguinte forma:
 - Equação: Eq. (Ap-05)
 - Demandas = 1
 - Unidade = Proj/ano
- Política-2 (variável)
 - Descrição: Representa a política de incentivos do governo federal para manter a soberania brasileira com vistas a garantir a segurança nacional. Para equalizar as unidades das variáveis

⁵⁶ No artigo **JATM** faz-se um desdobramento desta variável estudando, com um pouco mais de detalhes, o comportamento do PEB para os contratos em execução, contratos concluídos e o estoque de contratos do sistema.

JATM: O autor e seu orientador submeteram em 2017 um artigo ao jornal Journal of Aerospace Technology and Management (JATM) que foi aceito e deverá ser publicado no ano de 2018. Título do artigo: “Towards the Brazilian Space Program modeling through the combination of Stakeholder Theory and System Dynamics Methodology”

envolvidas no fluxo-in do estoque urgência do STH-1, a unidade dessa variável será definida em termos de projetos.

- Equação: Eq. (Ap-06)
 - Política-2 = 1
 - Unidade = 1/Proj
- Política-5 (variável)
 - Descrição: Representa as outras políticas de incentivos governamentais que concorram com o PNAE, por recursos ou prioridades. Ou seja, quando maior o valor dessa variável menos incentivo o sistema PEB receberá.
 - Equação: Eq. (Ap-07)
 - Política-2 = 1
 - Unidade = 1/ano
- Outros Provedores (variável)
 - Descrição: Representa a possibilidade de financiar os produtos e serviços do PEB (considerar que pode haver financiamento parcial do PEB) por outras instituições que não o *Stakeholder* Governo Federal.
 - Equação: Eq. (Ap-08)
 - Outros Provedores = 1
 - Unidade = 1/ano
- Contratos Concluídos (variável)
 - Descrição: Essa variável representa a capacidade anual de conclusão de contratos observada nas indústrias fornecedoras que atendem ao PEB. Ela deve refletir a política industrial brasileira para o setor espacial. Essa variável pode ser utilizada como um indicador de performance da capacidade de execução da indústria nacional. Ela pode ser uma amostra de como a indústria nacional está se mobilizando, para construir e expandir o setor espacial dentro da economia brasileira.
 - Equação: Eq. (Ap-09)
 - Contratos Concluídos = 1
 - Unidade = 1/ano
- Fluxo-in (P1) - (Fluxo)

- Descrição: Representa o fluxo de entrada que abastece o estoque de poder do *Stakeholder* STH-1. É composto pelas variáveis “Budget” e “Legislação-1” e é influenciada diretamente pelo estoque poder do *Stakeholder* STH-2.
- Equação: Eq. (Ap-10)
 - Fluxo-in(P1)= Budget* Legislação-1*[STH-2(Poder)]
 - Unidade = 1/ano
- Fluxo-out (P1) - (Fluxo)
 - Descrição: Representa o fluxo de saída que drena o estoque poder do STH-1. É composto pela variável “Política-5”.
 - Equação: Eq. (Ap-11)
 - Fluxo-out (P1) = Política-5
 - Unidade = 1/ano
- STH-1 (Poder) - (estoque)
 - Descrição: Representa o estoque, do atributo poder, que o *Stakeholder* STH-1 possui no sistema. Este estoque é abastecido pelo fluxo “Fluxo-in (P1)” e drenado pelo fluxo “Fluxo-out (P1)”.
 - Obs.: Este estoque pode representar, por exemplo, a força que o governo federal tem para impor sua política de estado.
 - Equação: Eq. (Ap-12)
 - $STH-1 \text{ (Poder)} = STH-1 \text{ (Poder)} \text{ no instante } t_0 + \int_{t_0}^t [Fluxo_in (P1) - Fluxo_out (P1)]$
 - Unidade = adimensional
- Fluxo-in (L1) - (Fluxo)
 - Descrição: Representa o fluxo de entrada que abastece o estoque de Legitimidade do STH-1. É composto pelas variáveis “Política-1”, “Contrato com a Indústria” e “Demandas” e é influenciada diretamente pelos estoques de “poder do *Stakeholder* STH-2” de “legitimidade do *Stakeholder* STH-2” e de “urgência do *Stakeholder* STH-2”.
 - Equação: Eq. (Ap-13)

- Fluxo-in (L1) = (Politica-1) * (Contrato com a Industria) * (Demandas) *[STH-2(Poder)] *[STH-2(Legitimidade)] *[STH-2(Urgência)]
 - Unidade = 1/ano
- Fluxo-out (L1) - (Fluxo)
 - Descrição: Representa o fluxo de saída que drena o estoque de Legitimidade do STH-1. É composto pela variável “Outros Provedores”.
 - Equação: Eq. (Ap-14)
 - Fluxo-out (L1) = Outros Provedores
 - Unidade = 1/ano
- STH-1 (Legitimidade) - (estoque)
 - Descrição: Representa o estoque, do atributo Legitimidade, que o *Stakeholder* STH-1 possui no sistema. Este estoque é abastecido pelo fluxo “Fluxo-in (L1)” e drenado pelo fluxo “Fluxo-out (L1)”.
 - Equação: Eq. (Ap-15)
 - $STH-1 \text{ (Legitimidade)} = STH-1 \text{ (Legitimidade)} \text{ no instante } t_0 + \int_{t_0}^t [Fluxo_in(L1) - Fluxo_out(L1)]$
 - Unidade = adimensional
- Fluxo-in (U1) - (Fluxo)
 - Descrição: Representa o fluxo de entrada que abastece o estoque de Urgência do STH-1. É composto pela variável “Demandas” e “Política-2” e é influenciada diretamente pelos estoques de “urgência do *Stakeholder* STH-2”.
 - Equação: Eq. (Ap-16)
 - Fluxo-in (U1) = (Demandas) * (Política-2) *[STH-2(Urgência)]
 - Unidade = 1/ano
- Fluxo-out (U1) - (Fluxo)
 - Descrição: Representa o fluxo de saída que drena o estoque de Urgência do STH-1. É composto pela variável “Contratos Concluídos”.
 - Equação: Eq. (Ap-17)

- Fluxo-out (U1) = Contratos Concluídos
 - Unidade = 1/ano
- STH-1 (Urgência) - (estoque)
 - Descrição: Representa o estoque, do atributo Urgência, que o *Stakeholder* STH-1 possui no sistema. Este estoque é abastecido pelo fluxo “Fluxo-in (U1)” e drenado pelo fluxo “Fluxo-out (U1)”.
 - Equação: Eq. (Ap-18)
 - $STH-1(Urgência) = STH-1(Urgência) \text{ no instante } t_0 + \int_{t_0}^t [Fluxo_in (U1) - Fluxo_out (U1)]$
 - Unidade = adimensional
- Facilities e RH (Brasil) - (variável)
 - Descrição: Essa variável reflete o know-how que o Brasil adquiriu em aproximadamente 50 anos de atividade espacial. Ela reflete também a capacidade instalada nos laboratórios (de desenvolvimento, teste, operação e controle, etc.) das instituições (públicas e privadas) que compõe o SINDAE. Para equalizar as unidades do sistema, a unidade dessa variável será dimensionada em termos de contratos com a indústria.
 - Equação: Eq. (Ap-19)
 - Capacidade Instalada No Brasil = 1
 - Unidade = 1/Cont
- Política-3 (variável)
 - Descrição: Representa as políticas governamentais voltadas a estabelecer uma reserva de mercado que deverá ser atendida pelas indústrias espaciais brasileiras. Esta política pode ser calibrada para impor ou restringir a participação da indústria brasileira nos projetos do PEB. A unidade dessa variável será definida em anos para ajustar-se ao equacionamento das unidades do sistema.
 - Equação: Eq. (Ap-20)
 - Política-3 = 1
 - Unidade = 1/ano
- Legislação-2 (Variável)

- Descrição: é uma variável que representa os dispositivos legais utilizados por parceiros internacionais para restringir a aquisição de componentes, produtos e serviços para o PEB (p. exe. o ITAR). Assim, dimensiona-se Legislação-2 da seguinte forma:
- Equação: Eq. (Ap-21)
 - Legislação-2 = 1
 - Unidade = 1/Cont
- Falta de Alternativas ao SE (Variável)
 - Descrição: é uma variável que representa a falta de alternativas de outros sistemas (como p.ex. a rede de telefonia celular) para executar os mesmos serviços oferecidos pelos sistemas espaciais (SE). Dimensiona-se “Falta de Alternativas ao SE” da seguinte forma:
 - Equação: Eq. (Ap-22)
 - Falta de Alternativas ao SE = 1
 - Unidade = 1/ano
- Política-4 (variável)
 - Descrição: Representa as políticas governamentais que ameaçam ou contribuem para o desmonte, ociosidade ou paralização dos atores do SINDAE ou para perda do Know-How já adquirido pelo Brasil por meio do PEB.
 - Equação: Eq. (Ap-23)
 - Política-3 = 1
 - Unidade = 1/ano
- Baixa Performance na Execução do PNAE (variável)
 - Descrição: Essa variável deve refletir o desempenho das instituições brasileiras quanto aos resultados esperados e resultados alcançados por meio dos projetos do PEB. É uma medida indireta da diferença entre o planejado e o executado em termos de custo, prazo e qualidade.
 - Equação: Eq. (Ap-24)
 - Baixa Performance na Execução do PNAE = 1
 - Unidade = Adimensional
- Fluxo-in (P2) - (Fluxo)

- Descrição: Representa o fluxo de entrada que abastece o estoque de poder do STH-2. É composto pelas variáveis “Contratos com a Indústria” e “Facilities e RH (Brasil)” e “Política-3”.
- Equação: Eq. (Ap-25)
 - Fluxo-in (P2) = (Contratos com a Indústria) * (Facilities e RH (Brasil)) * (Política-3)
 - Unidade = 1/ano
- Fluxo-out (P2) - (Fluxo)
 - Descrição: Representa o fluxo de saída que drena o estoque de poder do STH-2. É composto pela variável “Baixa Performance na Execução do PNAE” e “Política-5”.
 - Equação: Eq. (Ap-26)
 - Fluxo-out (P2) = (Baixa Performance na Execução do PNAE) * (Política-5)
 - Unidade = 1/ano
- STH-2 (Poder) - (estoque)
 - Descrição: Representa o estoque, do atributo poder, que o *Stakeholder* STH-2 possui no sistema. Este estoque é abastecido pelo fluxo “Fluxo-in (P2)” e drenado pelo fluxo “Fluxo-out (P2)”.
 - Obs.: Este estoque pode representar, por exemplo, a força que o SINDAE tem para executar as políticas de estado.
 - Equação: Eq. (Ap-27)
 - $STH-2 \text{ (Poder)} = STH-2 \text{ (Poder)} \text{ no instante } t_0 + \int_{t_0}^t [\text{Fluxo_in (P2)} - \text{Fluxo_out (P2)}]$
 - Unidade = adimensional
- Fluxo-in (L2) - (Fluxo)
 - Descrição: Representa o fluxo de entrada que abastece o estoque de Legitimidade do STH-2. É composto pela variável “Demanda”, por “Legislação-2” e por “Falta de Alternativas ao SE”.
 - Equação: Eq. (Ap-28)
 - Fluxo-in (L2) = (Demanda Social) * (Legislação-2) * (Falta de Alternativas ao SE)
 - Unidade = 1/ano

- Fluxo-out (L2) - (Fluxo)
 - Descrição: Representa o fluxo de saída que drena o estoque de Legitimidade do STH-2. É composto pela variável “Baixa Performance na Execução do PNAE”.
 - Equação: Eq. (Ap-29)
 - Fluxo-out (L2) = (Baixa Performance na Execução do PNAE) * (Variável de Apoio-1)
 - Unidade = 1/ano
 - Obs.: A unidade do Fluxo-out (L2) é diretamente proporcional à unidade da variável “Baixa Performance na Execução do PNAE” (cuja unidade é adimensional). Assim é preciso criar uma variável de apoio para equilibrar as unidades do sistema. Instituímos aqui a “Variável de Apoio-1” com o valor unitário e com a unidade 1/ano.
- STH-2 (Legitimidade) - (estoque)
 - Descrição: Representa o estoque, do atributo Legitimidade, que o *Stakeholder* STH-2 possui no sistema. Este estoque é abastecido pelo fluxo “Fluxo-in (L2)” e drenado pelo fluxo “Fluxo-out (L2)”.
 - Equação: Eq. (Ap-30)
 - $STH-2 \text{ (Legitimidade)} = STH-2 \text{ (Legitimidade) no instante } t_0 + \int_{t_0}^t [\text{Fluxo_in (L2)} - \text{Fluxo_out (L2)}]$
 - Unidade = adimensional
- Fluxo-in (U2) - (Fluxo)
 - Descrição: Representa o fluxo de entrada que abastece o estoque de Urgência do STH-2. É composto pela variável “Politica-4”.
 - Equação: Eq. (Ap-31)
 - Fluxo-in (U2) = Politica-4
 - Unidade = 1/ano
- Fluxo-out (U2) - (Fluxo)
 - Descrição: Representa o fluxo de saída que drena o estoque de Urgência do STH-2. É composto pela variável “Outros Provedores”.

- Equação: Eq. (Ap-32)
 - Fluxo-out (U2) = Outros Provedores
 - Unidade = 1/ano
- STH-2 (Urgência) - (estoque)
 - Descrição: Representa o estoque, do atributo Urgência, que o *Stakeholder* STH-2 possui no sistema. Este estoque é abastecido pelo fluxo “Fluxo-in (U2)” e drenado pelo fluxo “Fluxo-out (U2)”.
 - Equação: Eq. (Ap-33)
 - $STH-2(\text{Urgência}) = STH-2(\text{Urgência}) \text{ no instante } t_0 + \int_{t_0}^t [\text{Fluxo_in (U2)} - \text{Fluxo_out (U2)}]$
 - Unidade = adimensional

2. Equações do Passo 2: Simulação da dinâmica da Rede de STHs do PEB considerando apenas 3 STHs no sistema (STH1 e STH-2 e STH-3 “Usuários”).

Os equacionamentos matemáticos dos estoques e fluxos que surgem no sistema, devido à inclusão do terceiro STH, ou seja, referente ao SFD-2 visto na Figura 6.10, podem ser escritos conforme abaixo. Conforme mapeado na Tabela 6.4 e refletido no SFD-2, o *Stakeholder* STH-3 não possui o estoque de poder. Assim inicia-se o equacionamento do STH-3 pelos estoques de legitimidade e depois urgência.

- Outras Demandas Sociais (variável)
 - Descrição: Representa outras demandas, solicitadas pela sociedade brasileira, que concorrem com as demandas do PEB quando o governo federal precisa decidir sobre alocação de recursos, prioridades nacionais, etc. Essa variável pode estar vinculada com a Política-5, entretanto, neste exemplo, essas variáveis foram implementadas de forma independente.
 - Equação: Eq. (Ap-34)
 - Outros Demandas Sociais = 1
 - Unidade = Adimensional
- Fluxo-in (L3) - (Fluxo)

- Descrição: Representa o fluxo de entrada que abastece o estoque de Legitimidade do STH-3. É composto pela variável “Demandas” e pelo nível dos estoques “STH-2 (Legitimidade)” e “STH-2 (Urgência)”
- Equação: Eq. (Ap-35)
 - Fluxo-in (L3) = (Demandas) * [STH-2 (Legitimidade)] * [STH-2 (Urgência)] * (Variável de Apoio-2)
 - Unidade = Adimensional
 - Obs.: A unidade do Fluxo-in (L3) é diretamente proporcional à unidade da variável “Demandas”, (cuja unidade é Proj/ano). Assim é preciso instituir uma 2ª variável de apoio, para equilibrar as unidades do sistema. Cria-se aqui a “Variável de Apoio-2” com o valor unitário e com a unidade 1/Proj.
- Fluxo-out (L3) - (Fluxo)
 - Descrição: Representa o fluxo de saída que drena o estoque de Legitimidade do STH-3. É composto pelas variáveis “Outros Provedores” e “Outras Demandas Sociais”.
 - Equação: Eq. (Ap-36)
 - Fluxo-out (L3) = (Outros Provedores) * (Outras Demandas Sociais)
 - Unidade = 1/ano
- STH-3 (Legitimidade) - (estoque)
 - Descrição: Representa o estoque, do atributo Legitimidade, que o *Stakeholder* STH-3 possui no sistema. Este estoque é abastecido pelo fluxo “Fluxo-in (L3)” e drenado pelo fluxo “Fluxo-out (L3)”.
 - Equação: Eq. (Ap-37)
 - $STH-3 \text{ (Legitimidade)} = STH-3 \text{ (Legitimidade) no instante } t_0 + \int_{t_0}^t [\text{Fluxo_in (L3)} - \text{Fluxo_out (L3)}]$
 - Unidade = adimensional
- Segurança Nacional (variável)

- Descrição: Essa variável faz parte das estratégias governamentais voltadas à segurança nacional sendo específica para o caso do STH-3 (Usuários). Essa variável poderia estar vinculada à Política-2, entretanto, neste exemplo, elas foram implementadas de forma independente.
- Equação: Eq. (Ap-38)
 - Segurança Nacional = 1
 - Unidade = Adimensional
- Fluxo-in (U3) - (Fluxo)
 - Descrição: Representa o fluxo de entrada que abastece o estoque de Urgência do STH-3. É composto pelas variáveis “Falta de Alternativas ao SE”, “Baixa Performance na Execução do PNAE” e “Segurança Nacional”.
 - Equação: Eq. (Ap-39)
 - Fluxo-in (U3) = (Falta de Alternativas ao SE) * (Baixa Performance na Execução do PNAE) * (Segurança Nacional)
 - Unidade = 1/ano
- Fluxo-out (U3) - (Fluxo)
 - Descrição: Representa o fluxo de saída que drena o estoque de Urgência do STH-3. É composto pela variável “Contratos com a Indústria” pelo nível do estoque “STH-2 (Poder)”
 - Equação: Eq. (Ap-40)
 - Fluxo-out (U2) = (Contratos com a Indústria) * [STH-2 (Poder)]
 - Unidade = 1/ano
 - Obs.: A unidade do Fluxo-out (U2) é diretamente proporcional à unidade da variável “Contratos com a Indústria” (cuja unidade é Cont). Assim é preciso instituir uma variável de apoio para equilibrar as unidades do sistema. Cria-se aqui a “Variável de Apoio-3” com o valor unitário e com a unidade 1/(Cont * ano).
- STH-3 (Urgência) - (estoque)

- Descrição: Representa o estoque, do atributo Urgência, que o *Stakeholder* STH-3 possui no sistema. Este estoque é abastecido pelo fluxo “Fluxo-in (U3)” e drenado pelo fluxo “Fluxo-out (U3)”.
- Equação: Eq. (Ap-41)
 - $STH-3(\text{Urgência}) = STH-3(\text{Urgência}) \text{ no instante } t_0 + \int_{t_0}^t [\text{Fluxo_in (U3)} - \text{Fluxo_out (U3)}]$
 - Unidade = adimensional

3. Equações do Passo 3: Simulação da dinâmica da Rede de STHs do PEB considerando todos os 4 STHs no sistema (STH1, STH-2, STH-3 e STH-4 “Parceiros Internacionais”).

Os equacionamentos matemáticos dos estoques e fluxos que surgem no sistema, devido à inclusão do quarto STH, ou seja, referente ao SFD-3 visto na Figura 6.16, seguem a mesma linha de raciocínio utilizada nos passos 1 e 2 descritas anteriormente.

ANEXO A - ESTUDOS COMPLEMENTARES SOBRE A TEORIA STAKEHOLDER.

- **Estratégia para estudar a Teoria Stakeholder (T. STH).**

O Objetivo deste anexo é complementar o texto principal, sobre a “Teoria Stakeholder”, acrescentando detalhes que possam ajudar no entendimento de seus conceitos básicos.

Amostragem (estudo bibliográfico):

Para a realização da pesquisa bibliográfica realizou-se uma busca em bibliotecas e bases digitais indexadas, nacionais e internacionais (*Scielo–Scientific Electronic Library Online*; Portal de periódicos da CAPES, *Web of Science*, *Scopus*, *ERL – Electronic Reference Library*, *Science Direct*, *Google academic*.), sítios eletrônicos (como, por exemplo, aqueles listados na Tabela A.1) e bancos de dissertações e teses de diversas universidades.

Tabela A.1 – Exemplos de sítios eletrônicos efetivamente consultados durante a pesquisa bibliográfica.

http://www.jstor.org/
Academy of Management (http://aom.org/)
http://link.springer.com/
http://onlinelibrary.wiley.com/
http://online.sagepub.com/
http://Stakeholdertheory.org/
https://ideas.repec.org/a/pio/envira/v32y2000i1p1-4.html
http://philpapers.org/rec/PHISL
http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp

Foram utilizadas palavras chaves que faziam referência ao assunto teoria Stakeholder, obtendo-se aproximadamente 50 mil referências entre artigos, monografias, dissertações e teses (considerando as publicações dos últimos 2 anos existem, em media, aproximadamente 1 mil publicações por ano com o

tema “teoria *Stakeholder*”). Esse material passou por uma análise de conteúdo e aproximadamente 160 referências, uma amostra do material inicialmente levantado, se alinhavam com a pesquisa proposta neste trabalho de tese e, portanto, foram efetivamente consultadas e, quando pertinentes, foram referenciadas.

Estudo complementar sobre a Teoria *Stakeholder*.

O termo "*Stakeholder*" é poderoso e abrangente (PHILLIPS et. al. 2003). Isto se deve à sua amplitude conceitual, pois o termo significa muitas coisas diferentes para muitas pessoas diferentes e, portanto, evoca elogios e críticas de uma ampla variedade de estudiosos de disciplinas acadêmicas e profissionais envolvidos em gestão corporativa⁵⁷.

Ao se pesquisar na internet sobre o tema “*Stakeholder Theory*”, pode-se constatar que a história atual da Teoria *Stakeholder* tem sido bem documentada em trabalhos de inúmeros autores, como por exemplo, aqueles listados na Tabela A.2 (extraída dos sítios “Google Acadêmico ou *Web of*

⁵⁷ Neste trabalho de tese não há distinção entre os termos corporação, empresa, firma e organização.

Corporação: s.f. Pessoas que se associam por possuírem alguma afinidade profissional, geralmente, organizam-se através de um regulamento e/ou estatuto. P.ext. Reunião ou conjunto de pessoas que se juntam por compartilharem as mesmas causas, objetivos, profissões etc. Administração. Empresa ou reunião de várias empresas provenientes de um ou mais setores de atividade econômica.

Empresa: s.f. Execução de um projeto; cometimento, empreendimento. Unidade econômica de produção: existem empresas privadas, públicas e de economia mista. Negócio, sociedade comercial.

Empresa: 1 Especulação industrial ou mercantil.2 Sociedade ou companhia que explora qualquer ramo de indústria ou comércio.3 Cometimento ousado.4 Intento, desígnio.5 Divisa que os cavaleiros mandavam gravar no escudo, e que representava o que iam empreender.

Firma: s.f. Assinatura por extenso ou abreviada, manuscrita ou gravada: reconhecer a firma em cartório. Nome comercial que representa uma sociedade ou companhia; razão social. Estabelecimento comercial: a firma foi à falência.

Organização: s.f. Ação ou efeito de organizar; ato ou resultado de se organizar. Formação estrutural daquilo que compõe um ser vivo ou do que constitui um sistema; arrumação. Propriedade ou característica daquilo que se apresenta de modo organizado. P.ext. Conjunto de pessoas que possuem os mesmos interesses; associação. P.ext. Instituição que se destina à realização de atos no âmbito político, social, econômico; sociedade.(Etm. organizar +ação).

Instituição: s.f. Ação de instituir, de estabelecer: instituição de uma ordem religiosa. Conjunto de regras e normas estabelecidas para a satisfação de interesses coletivos: o Estado, o Congresso, uma fundação, a tutela, a prescrição, a falência são instituições.S.f.pl. Leis fundamentais de um país: respeitem-se as instituições.

Fontes: Disponível em <http://www.dicio.com.br/corporacao/> e <http://dicionariodoaurelio.com/>
Acesso em: jan. 2018.

Science em Janeiro de 2018), que mostra um ranque dos autores mais referenciados nos estudos sobre o tema.

Tabela A.2 - Listagem resumida de alguns autores (e suas instituições) que produzem trabalhos com o tema “*Stakeholder Theory*”

<ul style="list-style-type: none"> • R Edward Freeman (Professor of Business Administration, Darden School, University of Virginia),
<ul style="list-style-type: none"> • Ronald K. Mitchell (Professor, Texas Tech University).
<ul style="list-style-type: none"> • Brad Agle (Professor of Ethics and Leadership, Brigham Young University),
<ul style="list-style-type: none"> • Jeffrey S. Harrison (W. David Robbins Chair in Strategic Management, University of Richmond).
<ul style="list-style-type: none"> • Philip L. Cochran (Professor of Management, Indiana University Kelley School of Business).
<ul style="list-style-type: none"> • N Craig Smith (INSEAD Chaired Professor of Ethics e Social Responsibility, INSEAD)
<ul style="list-style-type: none"> • Shawn L. Berman (Associate Professor of Business and Society, University of New Mexico)
<ul style="list-style-type: none"> • Robert Phillips (Professor of Management, University of Richmond).
<ul style="list-style-type: none"> • Elisabet Garriga (EADA Business School).
<ul style="list-style-type: none"> • Dr. Samantha Miles (Reader in accounting and finance).
<ul style="list-style-type: none"> • Leif Skiftenes Flak (Associate professor in information systems, University of Agder, Norway).
<ul style="list-style-type: none"> • Pernille Eskerod (Full Professor, Webster University Vienna).
<ul style="list-style-type: none"> • Daniel Arenas (Professor, Department of Social Sciences, ESADE Business School, Ramon Lull University).

Fontes: Disponíveis em:

[https://scholar.google.com/citations?view_op=search_authors&hl=pt-BR&mauthors=label:Stakeholder theory e http://Stakeholdertheory.org/](https://scholar.google.com/citations?view_op=search_authors&hl=pt-BR&mauthors=label:Stakeholder+theory+e+http://Stakeholdertheory.org/)
Acessados em jan. 2018

Segundo Laplume et al. (2008), o tema “teoria *Stakeholder*” tem sido objeto de publicações em prestigiados periódicos voltadas à gestão das organizações. Esses trabalhos focam primariamente no mapeamento dos interesses dos *Stakeholders* e em como conciliar estes interesses à melhoria de desempenho “de longo prazo” das organizações.

As Tabelas A.3 e A.4 trazem, respectivamente, uma amostragem das principais obras e das principais revistas, especializadas em gestão, que publicam artigos sobre a teoria *Stakeholder* e que podem servir de fontes de referência aos iniciantes nos estudos sobre este tema.

Tabela A.3 – Seleção de algumas obras importantes sobre a “Teoria *Stakeholder*”.

FREEMAN, R. Edward. Strategic management: A <i>Stakeholder</i> approach . Cambridge University Press, 2010 (first edition 1984).
DONALDSON, Thomas; PRESTON, Lee E. The <i>Stakeholder</i> theory of the corporation: Concepts, evidence, and implications . Academy of management Review, v. 20, n. 1, p. 65-91, 1995.
JONES, Thomas M. Instrumental <i>Stakeholder</i> theory: A synthesis of ethics and economics . Academy of management review, v. 20, n. 2, p. 404-437, 1995.
MITCHELL, Ronald K.; AGLE, Bradley R.; WOOD, Donna J. Toward a theory of <i>Stakeholder</i> identification and salience: Defining the principle of who and what really counts . Academy of management review, v. 22, n. 4, p. 853-886, 1997.
CLARKSON, Max E. A <i>Stakeholder Framework</i> for analyzing and evaluating corporate social performance . Academy of management review, v. 20, n. 1, p. 92-117, 1995.
JENSEN, Michael C.; MECKLING, William H. Theory of the firm: Managerial behavior, agency costs and ownership structure . Journal of financial economics, v. 3, n. 4, p. 305-360, 1976.
CARROLL, Archie B. A three-dimensional conceptual model of corporate performance . Academy of management review, v. 4, n. 4, p. 497-505, 1979.
WOOD, Donna J. Corporate social performance revisited . Academy of management review, v. 16, n. 4, p. 691-718, 1991.
FROOMAN, Jeff. <i>Stakeholder</i> influence strategies . Academy of management review, v. 24, n. 2, p. 191-205, 1999.
AGLE, Bradley R.; MITCHELL, Ronald K.; SONNENFELD, Jeffrey A. Who matters to Ceos? An investigation of <i>Stakeholder</i> attributes and salience, corporate performance, and Ceo values . Academy of Management journal, v. 42, n. 5, p. 507-525, 1999.
PHILLIPS, Robert; FREEMAN, R. Edward; WICKS, Andrew C. What <i>Stakeholder</i> theory is not? Business Ethics Quarterly, v. 13, n. 04, p. 479-502, 2003.
FRIEDMAN, Milton. The social responsibility of business is to increase its profits . Springer Berlin Heidelberg, 2007.
LAPLUME, André O.; SONPAR, Karan; LITZ, Reginald A. <i>Stakeholder</i> theory: Reviewing a theory that moves us . Journal of management, v. 34, n. 6, p. 1152-1189, 2008.
FREEMAN, R. Edward et. al. <i>Stakeholder</i> theory: The state of the art . Cambridge University Press, 2010.

Tabela A.4 - Lista das principais revistas especializadas em Gestão que publicam sobre a Teoria *Stakeholder*.

Periódicos
Academy of Management Review.
Academy of Management Journal.
Administrative Science Quarterly.
Journal of Management.
Journal of Management Studies.
Organization Science.
Organization Studies.
Strategic Management Journal.
Business and Society.
Business Ethics Quarterly,
Journal of Business Ethics

A teoria *Stakeholder* tem evoluído ao longo dos anos (LAPLUME et al., 2008), e seus autores tem abordado subtemas específicos dentro da teoria como, por exemplo, Kaler (2003, 2006) que pesquisaram sobre a utilidade da teoria aplicada à ética nos negócios, Stoney; Winstanley (2001) que revisaram a Teoria *Stakeholder* e estudaram sua aplicação para a melhoria de performance dos negócios corporativos, Walsh (2005) e Aguinis; Glavas (2012) que pesquisaram sobre as implicações da teoria quando aplicada por gestores que buscam resolver problemas sociais e Wu (2013) que pesquisou sobre a criação, captura e proteção de valor nas organizações.

Complementando o que foi dito no texto principal sobre a evolução da Teoria *Stakeholder*, lista-se na Tabela A.5 algumas das definições encontradas para o termo “*Stakeholder*”.

Tabela A.5 - Definições Diferentes para o termo *Stakeholder*.

Date	Author(s)	Definition
1963	Stanford memo	“those groups without whose support the organization would cease to exist”
1965	Rhenman	“are depending on the firm in order to achieve their personal goals and on whom the firm is depending for its existence”
1971	Ahlstedt & Jahnukainen	“driven by their own interests and goals are participants in a firm, and thus depending on it and whom for its sake the firm is depending”.
1983	Freeman & Reed	<u>Wide</u> : “can affect the achievement of an organization’s objectives or who is affected by the achievement of an organization’s objectives” <u>Narrow</u> : “on which the organization is dependent for its continued survival”
1984	Freeman	“can affect or is affected by the achievement of the organization’s objectives”
1987	Freeman & Gilbert	“can affect or is affected by a business”
1987	Cornell & Shapiro	“claimants” who have “contracts”
1988	Evan & Freeman	“have a <i>Stake</i> in or claim on the firm”
1988	Evan & Freeman	“benefit from or are harmed by, and whose rights are violated or respected by, corporate actions”
1988	Bowie	“without whose support the organization would cease to exist”
1989	Alkhafaji	“groups to whom the corporation is responsible”
1989	Carroll	“asserts to have one or more of these kinds of <i>Stakes</i> ” – “ranging from an interest to a right (legal or moral) to ownership or legal title to the company’s assets or property”
1990	Freeman & Evan	Contract holders

1991	Thompson et al.	In "relationship with an organization"
1991	Savage et al.	"have an interest in the actions of an organization and... the ability to influence it"
1992	Hill & Jones	"constituents who have a legitimate claim on the firm... established through the existence of an exchange relationship" who supply "the firm with critical resources (contributions) and in exchange each expects its interests to be satisfied (by inducements)"
1993	Brenner	"having some legitimate, non-trivial relationship with an organization [such as] exchange transactions, action impacts, and moral responsibilities"
1993	Carroll	"asserts to have one or more of the kinds of <i>Stakes</i> in business" – may be affected or affect...
1994	Freeman	"Participants in "the human process of joint value creation"
1994	Wicks et al.	"interact with and give meaning and definition to the corporation"
1994	Langtry	The firm is significantly responsible for their well-being, or they hold a moral or legal claim on the firm
1994	Starik	"can and are making their actual <i>Stakes</i> known"– "are or might be influenced by , or are or potentially are influencers of, some organization"
1994	Clarkson	"bear some form of risk as a result of having invested some form of capital, human or financial, something of value, in a firm" or "are placed at risk as a result of a firm's activities"
1995	Clarkson	"have, or claim, ownership, rights, or interests in a corporation and its activities"
1995	Näsi	"interact with the firm and thus make its operation possible"
1995	Brenner	"are or which could impact or be impacted by the firm/organization"
1995	Donaldson & Preston	"persons or groups with legitimate interests in procedural and/or substantive aspects of corporate activity"

Fonte: Mitchell et al. (1997), citado por Grossi (2003, p. 27).

- **Detalhamento sobre as 5 Grandes Áreas temáticas da Teoria Stakeholder**

Segue um detalhamento e/ou complemento do que foi abordado no texto principal, sobre as 5 áreas temáticas, propostas por Laplume et al., (2008), nas quais as “pesquisas”, sobre a Teoria *Stakeholders*, podem ser agrupadas.

Área 1 - Stakeholders: classificação.

Segundo Laplume et al. (2008), a definição clássica original de Freeman (1984) para o termo *Stakeholder* deixa implícita a proposta desta área temática que sinaliza sobre a necessidade de classificá-los e de determinar sua relevância para as organizações. Apesar da definição original de Freeman R. ter atraído à atenção de pesquisadores, que estavam à procura de uma teoria de gestão, que fosse mais sensível às questões sociais, isto também atraiu críticos. Por exemplo, baseado em Phillips; Reichart (2000) pode-se indagar; porque se deve adotar uma teoria de gestão tão abrangente se, potencialmente, todas as entidades vivas podem afetar a organização e conseqüentemente, se enquadram como *Stakeholder*. Aqueles autores chamavam a atenção para o risco e o custo, relacionados ao esforço gerencial, para se aplica a teoria, e declaravam que ela ainda estava “porosa” e que o termo *Stakeholder* era adolescente. Segundo Jones et al. (2007), tanto o termo quanto a teoria *Stakeholder* demandam estudos empíricos que possam validar suas proposições teóricas. Esses questionamentos levaram os pesquisadores sobre ética, negócio e sociedade, a procurar desenvolver o “ramo normativo” da teoria. Pode-se dizer que, eles tentavam responder a duas questões; (1) a que os gestores de *Stakeholders* deveriam dedicar mais atenção? e; (2) a que os gestores de *Stakeholders* realmente dedicavam sua atenção? (LAPLUME et al., 2008).

Essas questões já haviam sido consideradas anteriormente, como por exemplo, no trabalho de Mitchell et al. (1997), que concluíram que os gerentes dedicam mais ou menos atenção a um determinado *Stakeholder*, em função de três atributos que eles podem ou não possuir: o “**poder**” em relação à organização (este atributo está relacionado à posse de recursos/valores e também a influência); a “**legitimidade**” sobre a organização (baseada na

aceitação e na expectativa social) e; a “urgência” (este atributo está relacionado ao grau de importância temporal que um *Stakeholder* recebe sobre suas reivindicações, dado por uma determinada organização). O estudo desses atributos tem recebido forte apoio, empírico, por parte de alguns pesquisadores (AGLE et al., 1999; EESLEY; LENOX, 2006; PARENT; DEEPHOUSE, 2007; WINN, 2001). Por exemplo, Parent; Deephouse (2007) descobriram que o poder tem maior efeito sobre relevância, seguido da urgência e da legitimidade. No entanto, Driscoll; Starik (2004) desafiaram a abrangência dos três atributos propostos por Mitchell et al. (1997). Eles argumentaram que aqueles são inadequados para transmitir a ideia de “próximo e distante”, de “curto e longo prazo”, de “real e potencial” e então sugeriram a adição da dimensão de “**proximidade**”, que segundo aqueles autores, é capaz de incorporar os conceitos de sustentabilidade à teoria *Stakeholder*.

Outros autores têm argumentado também que a relevância dos *Stakeholders* é função da cultura e dos compromissos organizacionais (BUYSSE; VERBEKE, 2003; JONES e. al., 2007), que podem variar de acordo com as fases do ciclo de vida organizacional (ASIF, 2015; JAWAHAR; MCLAUGHLIN, 2001), com o nível de politização das indústrias (FINEMAN; CLARKE, 1996) ou ainda com a “**frequência de contato**” entre *Stakeholders* e a organização (OJALE; LUOMA-AHO, 2008).

Área 2 – Stakeholders: Ações e Respostas.

Essa área poderia ser representado por três questões fundamentais: (1) Como os *Stakeholders* influenciam a organização? (2) Quando os *Stakeholders* se mobilizam? (3) Quando os *Stakeholders* apoiam a organização? Essa área sugere ainda que os gestores devem agir pro-ativamente, e além da tarefa de entender os interesses de seus *Stakeholders* eles devem desenvolver a habilidade de **prever possíveis cenários de mobilização destes Stakeholders**. Considerando a primeira questão, percebe-se que Frooman (1999) estabeleceu uma forma de tipificar os *Stakeholders*, mapeando a relação entre a organização e os *Stakeholders*, considerando a teoria da dependência de recursos (influência através do poder). Ele argumenta que os

Stakeholders podem usar uma estratégia direta (quando a organização depende de seus recursos) e uma estratégia indireta (quando se presta serviço através de um aliado) para se relacionar com as organizações. O'Connell et al. (2005), descrevem mecanismos diretos e indiretos específicos utilizados pelos *Stakeholders* para racionalizar a relações com as organizações, como por exemplo o estabelecimento de subunidades internas e o acesso legislado à informação (LAPLUME et al., 2008).

A Influência de um *Stakeholder* é determinada por seu poder e legitimidade (EESLEY;LENOX, 2006; WELCOMER, 2002). Portanto, as estratégias indiretas, como por exemplo, coalizões formadas entre grupos de *Stakeholders* (KOCHAN; RUBENSTEIN, 2000; NEVILLE; MENGUC, 2006; SCOTT; LANE, 2000), podem permitir que eles **combinem seu poder e legitimidade** para melhorar sua influência nas negociações entre as organizações. Friedman; Miles (2002) argumentam também, que a influência de um *Stakeholder* depende de suas estruturas relacionais (interfaces), de seus modelos contratuais e de seu apoio institucional.

Considerando a segunda questão “Quando os *Stakeholders* se mobilizam?”, Rowley; Berman (2000) sugerem que os *Stakeholders* devem estar cientes, dispostos e capazes para mobilizar-se eficazmente em busca da melhoria da performance social e financeira das organizações. Entretanto, Wolfe; Putler (2002) e Winn (2001) produziram evidências de que os membros de um grupo de *Stakeholders* têm interesses heterogêneos, o que interfere em sua capacidade individual de definir prioridades viáveis de ação, isto compromete sua habilidade de mobilizar-se em atividades coletivas. Butterfield, et al. (2004) entendem que a uniformização de objetivos, interesses econômicos comuns, uma ameaça ou um inimigo comum, uma visão compartilhada, questões legais ou ainda mandatos, podem ser elementos que motivem os grupos de *Stakeholders* a se unirem e colaborar.

Considerando a terceira questão “Quando os *Stakeholders* apoiam a organização?” Choi; Shepard (2005) demonstram que eles são mais propensos a apoiar uma determinada organização quando a reconhecem como sênior, mais cognitivamente legítima, bem quista, confiável, responsável e

estrategicamente flexível. Hosmer; Kiewitz (2005) argumentam também que os conceitos sobre justiça organizacional (equidade para com os empregados) podem ser aplicados aos *Stakeholders*, pois é mais provável obter seu apoio quando eles acreditam terem sido considerados, tratados de forma justa e justamente recompensados. As pesquisas concluem finalmente que as organizações precisam efetivamente empregar estratégias de gestão de *Stakeholders*, porém com cautela, para não corroer a sua credibilidade diante dos *Stakeholders* ou, pior, alienar os *Stakeholders* devido a compromissos não cumpridos e expectativas não atingidas (LAPLUME et al., 2008).

Área 3 – Organizações: Ações e respostas.

Pesquisas relacionadas ao tema “Organizações: Ações e respostas” tem procurado responder às seguintes questões: (1) Como as organizações ganham o apoio dos *Stakeholders*? (2) Como as organizações gerenciam (e como elas devem gerenciar) os *Stakeholders*? e (3) Como as organizações ponderam (e como elas devem ponderar) sobre os interesses dos *Stakeholders*?

Em relação à primeira questão, Laplume et al. (2008) argumentam que as organizações podem conseguir o apoio dos *Stakeholders* agindo para estreitar os laços de confiança e evitando o oportunismo. Scott e Lane (2000) propõem que os gerentes utilizem três táticas específicas para aumentar a identificação organizacional com os *Stakeholders* e obter seu apoio; (a) a comunicação organizacional; (b) o aumento de visibilidade dado aos *Stakeholders* afiliados à organização e; (c) a incorporação dos *Stakeholders* dentro da comunidade organizacional. Segundo Laplume et al. (2008), existe uma grande quantidade de trabalhos conceituais sobre este tema, porém, a eficácia instrumental dessa estratégia ainda não foi testada.

Quanto à segunda pergunta, sobre a forma de gerir os *Stakeholders*, Laplume et al. (2008), advertem sobre a capacidade de interferência, na gestão das organizações, advindas das redes sociais e dos *Stakeholders*, que isolados tem pouca expressão, porém quando se associam podem influenciar ou pressionar as organizações. Os autores argumentam que as organizações mais resistentes a este tipo de pressão, são aquelas que se tornam o “player”

central da rede de *Stakeholders* e as redes que exercem maior pressão são aquelas com alta densidade de interconexões. Brickson (2007) propõe que a orientação de identidade de uma organização (i.e., individualista, relacional, ou coletivista) é o que determina a natureza de seus relacionamentos com os *Stakeholders*. Assim, as organizações individualistas tendem a manter laços fracos (debilidade instrumental), as organizações relacionais tendem a manter laços fortes (baseados na confiança), e as organizações coletivistas tendem a manter laços baseados na exclusividade (ideológicas). Jawahar; McLaughlin (2001) chamam a atenção para o fato de que as pressões feitas, sobre os eventos e os estágios do ciclo de vida de uma organização, devem ser consideradas na estratégia de gestão de *Stakeholder*, independente do tipo de identidade que a organização possua.

Quanto à última pergunta, sobre como as organizações administram os interesses dos *Stakeholders*, a literatura considera uma variedade de abordagens. Freeman (1984) sugere que o papel da gestão é **equilibrar os interesses dos Stakeholders ao longo do tempo**, enquanto os críticos argumentam que a Teoria *Stakeholder* não fornece subsídios para se decidir sobre os interesses conflitantes daqueles (Kaler, 2006). Jensen (2002), por outro lado, propõe que os gerentes devem olhar para “maximização do valor de longo prazo da organização como um critério para se fazer as compensações necessárias entre seus *Stakeholders*”. Alguns autores, no entanto, propõem que se utilizem sofisticadas técnicas analíticas e estatísticas, para se calcular e equilibrar as decisões gerenciais (HOSSEINI; BRENNER, 1992). SCHWARZKOPF (2006) argumenta que o gestor precisa identificar como os outros percebem os riscos decorrentes de suas decisões, enquanto Bendheim, et al. (1998) mencionam que as “melhores práticas” relativas aos negócios e ao equilíbrio dos interesses dos *Stakeholders*, diferem substancialmente entre as organizações, o que pode particularizar os processos de gestão e classificação de *Stakeholders*.

Outros autores sugerem que *Stakeholders* representativos devem ser diretamente incluídos nos processos de decisão gerencial com o objetivo de se obter consenso (BURTON; DUNN, 1996) ou ainda que eles devem participar das mediações para que os litígios sejam eficazmente identificados e

resolvidos (LAMPE, 2001). Reynolds et al. (2006), demonstraram que a divisão injusta de recursos e a desigualdade de nível de relevância dos *Stakeholders* interferem nos esforços gerenciais para **balancear** seus interesses. Eles concluíram que equilibrar os interesses dos *Stakeholders* por meio de decisões sistêmicas (considerando a rede de *Stakeholders* como um sistema e não olhando os interesses individuais dos *Stakeholders* de forma isolada) tende a gerar mais valores instrumentais e isto é visto como mais ético, podendo conduzir ao aumento da legitimidade das organizações.

Área 4 – Organizações: Performance

Segundo Laplume et al. (2008), ao se estudar este tema os pesquisadores sintetizaram suas análises procurando respostas às seguintes questões: (1) Qual é a relação entre a gestão de *Stakeholders* e o desempenho financeiro das organizações? (2) Qual é a relação entre a gestão de *Stakeholders* e o desempenho social das organizações? e (3) Quais resultados organizacionais são afetados pela gestão de *Stakeholders*?

Em relação à primeira questão, Freeman (1984) propõe a utilização das técnicas de análise de *Stakeholders* para melhorar as perspectivas de sobrevivência de uma organização ajudando-a a **antecipar e evitar problemas** e também a melhorar seu acesso aos recursos vitais (BERMAN et al. 1999). No trabalho de Laplume et al. (2008) foram identificados 12 estudos empíricos que testaram o ramo instrumental da Teoria *Stakeholder* sendo que nove destes estudos mostraram-se favoráveis à sua utilização como instrumento de melhoria de performance nas organizações. A operacionalização mais popular, sobre gerenciamento *Stakeholder*, se baseia em algumas companhias que incluíram em suas análises, considerações como: (a) as relações com a comunidade, (b) a diversidade no local de trabalho, (c) as relações laborais, (d) o impacto ambiental, (e) a segurança do produto, (f) a melhoria da performance organizacional e (g) a criação de valor, p. ex., Berman et al. (1999); Hillman; Keim (2001); Waddock; Graves, (1997), que demonstraram haver uma associação positiva ao se relacionar iniciativas sociais e performance financeira das companhias.

Referente à segunda questão, Freeman R. diz que a teoria *Stakeholder* torna supérflua a ideia de responsabilidade social corporativa (CSR - *Corporate Social Responsibility*) uma vez que todos os *Stakeholders* devem estar inseridos nos processos de negócio das organizações (Freeman R., 2005). Wood (1991) baseia-se nessa ideia, para afirmar que a teoria *Stakeholder* pode ajudar a trazer a noção abstrata de “sociedade” para mais perto dos gestores e estudiosos e fornecer um elemento, a partir do qual estes possam entender melhor como a sociedade concede ou nega legitimidade às organizações. Embora Heugens et al. (2002) afirmarem que a gestão de *Stakeholders* promove a legitimidade organizacional, autores como Laplume et al. (2008) sinalizam que ainda não existe estudos empíricos comprobatórios que relacionem a gestão de *Stakeholders* com a performance social das corporações.

Examinando a terceira questão, sobre “Quais resultados organizacionais são afetados pela gestão de *Stakeholders*?”, surgem trabalhos como os de Heugens et al. (2002) e de Roome; Wijen (2006) sobre aprendizagem organizacional, de Harting et al. (2006) sobre inovação nas interações e de Schneider (2002) sobre prática da liderança. Todos eles, segundo Laplume et al. (2008), com resultados insipientes para responder a terceira questão.

Vale também mencionar o trabalho de Schneper; Guillen (2004), que analisaram dados sobre aquisições hostis (incorporações radicais) em 37 países e concluíram que, nestas ocasiões, devido à expectativa de melhorar rapidamente a performance das organizações o que se observa é um conflito entre resultados organizacionais e gestão de *Stakeholders* levando a um “aumento de proteção dos direitos dos acionistas em detrimento dos direitos dos demais *Stakeholders*”.

Área 5 – Teoria *Stakeholder*: Debates

Os debates (críticas e defesas) sobre a aplicabilidade da “Teoria *Stakeholder*” são tratados ou mencionados ao longo do texto desta monografia, todavia, Laplume et al.(2008) alerta para o fato de que “não há testes empíricos suficientes que deem sustentação aos conceitos propostos pela Teoria *Stakeholder*”. Para sustentar seu argumento os autores mencionam algumas

críticas, sobre a teoria, feitas por economistas. Como exemplo de crítica pode-se cita; “a gestão de *Stakeholder* pode promover a má gestão uma vez que dá muito poder aos gestores na distribuição de riquezas que pertencem, de fato, aos acionistas (JENSEN, 2002; SUNDARAM; INKPEN, 2004)”. Freeman R. responde a essa crítica com a seguinte declaração:

*A chave para se compreender a teoria Stakeholder é perceber que o capitalismo funciona porque há uma **ação combinada** entre os interesses dos clientes, dos fornecedores, dos empregados, da comunidade e os interesses financeiros da organização. O papel do gestor ou empresário é capturar a natureza desses interesses e criar valor para todos e para cada um. Onde houver conflito, deve-se criar ainda mais valor utilizando iniciativas inovadoras (R. E. Freeman, personal communication, March 12, 2008)*

Laplume et al. (2008) declaram finalmente que se a gestão de *Stakeholders* trabalha com interesses particulares e específicos (JENSEN, 2002), então deve-se apoiar Phillips et al. (2003) em sua solicitação por ferramentas gerenciais que ajudem a alinhar as ações dos gestores de *Stakeholders* e os interesses destes. Laplume et al. (2008) sugerem então que uma possibilidade para este alinhamento seria a utilização dos conceitos da “teoria da agência”⁵⁸ no planejamento gerencial corporativo.

- **Detalhamento sobre a Teoria Stakeholder e suas Ramificações.**

⁵⁸**Teoria da agência:** JENSEN; MECKLING (1976 citado por ESCUDER, 2006, p.32) apresentaram, pela primeira vez, estudos sobre a Teoria de Agência, ao citarem que problemas de agência decorrem de conflitos de interesses existentes em atividades de cooperação entre os indivíduos, quer ela ocorra ou não em situações de hierarquia entre o principal e o agente. Os problemas de agência têm origem na separação da propriedade e da gestão das organizações. O proprietário (principal), objetivando maximizar seus lucros, delega ao gestor (agente) o poder de comandar o empreendimento, estabelecendo metas de resultados esperados e limites de riscos admissíveis, responsabilidades etc.. Para regular essa relação, a Teoria de Agência, também conhecida como Teoria da Firma, estabelece mecanismos eficientes (sistemas de monitoramento e incentivos) para garantir que o comportamento dos executivos esteja alinhado com o interesse dos acionistas. (EISENHARDT, 1988, p. 489). Fonte Disponível em: http://www.geraldoloureiro.com/wiki/index.php?title=Teoria_de_Ag%C3%Aancia, Instituto Brasileiro de Governança Pública, Acesso em: Jan. 2018.

Neste item, são apresentadas informações complementares àquelas apresentadas no texto principal sobre os ramos “descritivo”, “instrumental” e “normativo”, nos quais, segundo Donaldson; Preston, (1995), a Teoria *Stakeholder* pode ser dividida.

Os avanços alcançados pela Teoria Stakeholder se devem à sua precisão descritiva, seu poder instrumental e sua validade normativa.

(ref.: DONALDSON; PRESTON, 1995)

Se a unidade do corpo corporativo é real, então também é real e não simplesmente uma ficção jurídica a proposição de que os gestores de uma unidade corporativa são fiduciários para com ela e não apenas para com alguns membros individuais. Os gestores são agentes de confiança em uma organização (composta por vários constituintes) e não advogados a serviço dos acionistas.

(ref.: DODD, 1932, citado por DONALDSON; PRESTON (1995).

Para contextualizar sua pesquisa, Donaldson; Preston (1995) argumentam que, um dos problemas centrais, na evolução da Teoria *Stakeholder*, tem sido a confusão causada em relação ao seu propósito e à sua natureza. Por exemplo, a teoria tem sido utilizada indistintamente, tanto explicitamente quanto implicitamente, para descrever os propósitos corporativos. Existe, portanto, uma pluralidade de ações corporativas que são classificadas, por seus autores, como “complementares” ou “vinculadas” à Teoria *Stakeholder*.

São exemplos dessas ações os trabalhos de: (1) Brenner; Cochran (1991) que apresentam a "teoria dos *Stakeholders* da organização" com o propósito de descrever como as organizações operam e de ajudar a prever o comportamento organizacional. Essa "teoria" é comparada com outras teorias, como por exemplo, a “teoria da firma⁵⁹”, porém, segundo Donaldson; Preston

⁵⁹**Teoria da Firma:** A Teoria da Firma é um conceito criado pelo economista britânico Ronald Coase, em seu artigo *The Nature of the Firm*, de 1937. Coase explica que as "firmas" são organizadas para atuarem nos mercados, com o objetivo de diminuir os custos de transação que são incorporados por terceiros nas negociações econômicas do mercado (custos de informações, custos contratuais etc.). Em outras palavras, para o criador dessa teoria, os agentes econômicos não atuam diretamente no mercado, as empresas são criadas e

(1995), sem apresentar resultados práticos quanto aos efeitos provocados por elas; (2) Cyert; March (1963) que apresentam a “teoria neoclássica da firma” cujo propósito é explicar os princípios econômicos que regem a produção, o investimento e as decisões das organizações que operam em mercados competitivos. Esses autores utilizam a “teoria comportamental da firma” para identificar o processo de tomada de decisões, nas organizações, em termos de objetivos, expectativas e procedimentos de escolha; (3) Aoki (1984) que utiliza a “teoria dos jogos⁶⁰” para explicar a governança interna, particularmente, o equilíbrio entre os interesses dos proprietários e dos trabalhadores e; (4) Williamson; Winter (1993) que apresentam a “teoria dos custos de transação”

estruturadas para este fim. Rachel Sztajn destaca que "A firma permite centralizar e organizar a produção e com isso reduzir os custos de ir ao mercado; as firmas crescem, expandem-se, até que a economia obtida entre o custo de realizar ou organizar qualquer operação internamente seja superior ao custo de realizar a mesma operação via mercados". Rachel Sztajn registra que: "Diferentes técnicas são empregadas pelos agentes econômicos para exercer domínio sobre a informação e o conhecimento disseminados em ambiente social que mudam rapidamente. Por isso, para superar essas dificuldades e reduzir riscos e custos, inerentes à produção de bens e serviços destinados aos mercados, os agentes optam por criar outra estrutura funcional, destinada a facilitar o tráfego negocial, esta organização é chamada de “empresa”, que é composta por uma estrutura hierárquica capaz de harmonizar esses diversos interesses, ao mesmo tempo em que diminui o custo de transação." (fonte: Teoria da Firma: uma relação entre a empresa e o mercado. Sílvia Ferreira Persechini. Disponível em: [http://www.migalhas.com.br/dePeso/16,MI82885,91041-](http://www.migalhas.com.br/dePeso/16,MI82885,91041-Teoria+da+Firma+uma+relacao+entre+a+empresa+e+o+mercado)

[Teoria+da+Firma+uma+relacao+entre+a+empresa+e+o+mercado](http://www.migalhas.com.br/dePeso/16,MI82885,91041-Teoria+da+Firma+uma+relacao+entre+a+empresa+e+o+mercado). Acesso em: Jan. 2018 em

⁶⁰**Teoria dos jogos:** A teoria dos jogos é uma teoria matemática criada para se modelar fenômenos que podem ser observados quando dois ou mais “agentes de decisão” interagem entre si. Ela fornece a linguagem para a descrição de processos de decisão conscientes e objetivos envolvendo mais do que um indivíduo. A teoria dos jogos é usada para se estudar assuntos tais como eleições, leilões, balanço de poder, evolução genética, etc. Ela é também uma teoria matemática pura, que pode e tem sido estudada como tal, sem a necessidade de relacioná-la com problemas comportamentais ou jogos. (fonte: Uma Introdução a Teoria dos Jogos. Brígida Alexandre Sartini et al., 2004. II Bienal da SBM Universidade Federal da Bahia).

Teoria dos jogos: A teoria dos jogos esta relacionada ao estudo de problemas de decisão em cenários com várias pessoas ou instituições os governos. Tais problemas surgem frequentemente na economia, como, por exemplo, em cenários que envolvem oligopólios onde cada empresa deve considerar o que os outros vão fazer para tomar suas decisões. Muitas outras aplicações, da teoria dos jogos, surgem em áreas diferentes daquelas aplicadas a indústria e a economia. No nível micro, modelos de processos comerciais (tais como modelos de negociação e de leilões) envolvem teoria dos jogos. Em um nível intermediário de agregação, de trabalho e economia financeira, os modelos da teoria dos jogos podem ser aplicados para estudar cenários que envolvem, por exemplo, o comportamento das indústrias diante de sua cadeia de suprimento. Em um alto nível de agregação, considerando, por exemplo, a economia internacional os modelos da teoria dos jogos podem ser aplicados para estudar como os países competem (ou conspiram) na escolha de tarifas e outras políticas de comércio e da macroeconomia. Outro exemplo seria a utilização de modelos em que a autoridade monetária fixa salários ou preços que interagem estrategicamente para determinar os efeitos de uma determinada política monetária.(fonte: Gibbons, Robert. A primer in game theory.Harvester Wheatsheaf, 1992.

para explicar por que as organizações existem (ou seja, porque as atividades econômicas são coordenadas por meio de organizações formais ao invés de simples contatos de mercado).

Donaldson; Preston (1995) observam que apesar das características vinculantes dessas teorias, elas têm diferentes propósitos e conseqüentemente diferentes critérios de validação e diferentes aplicações.

A seguir são detalhados os conceitos utilizados por Donaldson; Preston (1995) para descrever e classificar os três ramos da teoria *Stakeholder*.

Ramo Descritivo da Teoria Stakeholder.

Este ramo é utilizado para descrever e **explicar as características e os comportamentos específicos das organizações**, como por exemplo, (a) a natureza da firma (BRENNER; COCHRAN, 1991), (b) a forma como os gerentes pensam sobre gestão (BRENNER; MOLANDER, 1977), (c) a forma como os membros do conselho pensam sobre os interesses dos grupos corporativos (WANG; DEWHIRST, 1992), e (d) a forma como algumas organizações são verdadeiramente geridas (HALAL, 1990 e 1998).

Os aspectos **descritivos** da teoria *Stakeholder* “refletem e explicam os estados” passados, presente e futuro da organização e de seus *Stakeholders*. Este ramo da teoria tem um propósito **preditivo** e utiliza descrições simples para explorar as áreas de atuação da organização. Este ramo estuda a correspondência entre a teoria e os fatos observados da vida corporativa. Tenta mostrar que os conceitos, incorporados à Teoria *Stakeholder*, correspondem à realidade observada. Laplume et al. (2008) complementa as definições de Donaldson; Preston (1995) sugerindo que a forma descritiva da Teoria *Stakeholder* tenta responder a seguinte questão; “como as organizações se comportam?”.

Donaldson; Preston (1995) também explicam que há muitas evidências sobre as formas de gestão corporativas e nem todas elas utilizam os conceitos da Teoria *Stakeholder*. Os autores sustentam seu argumento mencionando os resultados empíricos dos trabalhos de Baumhart (1968) que demonstraram que 80% dos gestores corporativos pesquisados estavam focados em defender

somente os interesses dos acionistas em detrimento dos interesses dos empregados e clientes.

Trabalhos posteriores aos de Baumhart (1968) mostraram resultados similares (BRENNER; MOLANDER, 1977; POSNER; SCHMIDT, 1984). Nas décadas seguintes, algumas pesquisas de campo, como por exemplo, Clarkson (1991); Halal (1990, 1998); Posner (2010) mostraram uma mudança da tendência original devido ao surgimento de outros interesses organizacionais, como por exemplo, aqueles relativos aos impactos sociais, oriundos das ações corporativas. Ao longo dos anos, decisões judiciais sobre litígios financeiros envolvendo os requerentes (p.ex., empregados, clientes, credores e a comunidade) contra os acionistas, foram julgadas por cortes supremas, em países como USA (1990), Inglaterra (1992) e Japão (1995), dando ganho de causa aos requerentes. Isto evidenciou que a legislação passava a utilizar uma visão mais ampla sobre os compromissos e impactos sistêmicos que as atividades corporativas produziam (DONALDSON; PRESTON, 1995). Todos esses exemplos históricos, inclusive com suporte legal, têm contribuído para o amadurecimento e consolidação dos conceitos sobre a gestão de *Stakeholder* e do ramo descritivo da teoria.

Ramo Instrumental da Teoria *Stakeholder*.

O ramo instrumental da teoria *Stakeholder*, em conjunto com os dados descritivo/empíricos das organizações, tem sido utilizado para identificar as “conexões” ou a “falta de conexões” entre os gestores de *Stakeholders* e o cumprimento dos tradicionais objetivos corporativos (p. ex., o lucro e o crescimento). Este ramo da teoria tem um caráter **prescritivo**, ele estuda especificamente e em detalhes os *links* (implícitos e explícitos), entre a gestão de *Stakeholders* e o desempenho corporativo.

Ao se sugerir a **gestão dos links de interação entre os *Stakeholders*** surge a seguinte questão: como assegurar a múltiplos e diversos *Stakeholders* que seus interesses estão sendo geridos de forma a maximizar seus resultados, ou seja; como gerir os requisitos conflitantes inerentes ao meio corporativo (DONALDSON; PRESTON, 1995)? Hill; Jones (1992) salientam que existem formas ou instrumentos capazes de equacionar os interesses dos *Stakeholders*

e conduzir as organizações a equilibrar seus objetivos institucionais, como por exemplo, (a) monitorar os dispositivos capazes de diminuir a assimetria de informação entre os *Stakeholders* (p.ex., comunicações públicas) e (b) reforçar os mecanismos legais de inclusão e exclusão de *Stakeholders*. Freeman; Evan (1991) classificam como instrumental a noção de justiça, defendendo que ela deve ir além da contratação justa, eles recomendam que o juízo de justiça, nas distribuições de benefícios, use critérios imparciais e meritocráticos suportados pelos conceitos instrumentais da teoria *Stakeholder*.

Existem estudos, que utilizam metodologias estatísticas convencionais para entender as conexões entre *Stakeholders* (DONALDSON; PRESTON, 1995). Existem ainda outros estudos, baseados em observações diretas e entrevistas, que buscam o mesmo entendimento (KOTTER; HESKETT, 1992; O'TOOLE, 1987, 1991). Segundo DONALDSON; PRESTON (1995), tanto esses estudos quanto as metodologias reforçam a tese de que a adesão, aos princípios e às práticas da teoria *Stakeholder*, permite que se alcance, e até se supere, os mesmos objetivos, convencionais de desempenho corporativo, alcançados com as abordagens tradicionais. Kotter; Heskett (1992) observaram que algumas organizações, bem sucedidas, tais como; Hewlett-Packard, Wal-Mart, e Dayton Hudson, sempre adotaram alguma forma de gestão instrumental dos interesses dos *Stakeholders*. Segundo os autores, “Quase todos os gestores daquelas companhias cuidam com muita atenção dos interesses das pessoas que detenham algum “*Stake*” (participação) nos negócios da organização (p. ex., funcionários, acionistas, fornecedores, etc.)”.

Pode-se inferir do trabalho de Donaldson; Preston, (1995) que o grande desafio da abordagem instrumental da teoria *Stakeholder* é **coordenar e combinar as múltiplas conexões entre os *Stakeholders*** e exercer uma gestão equilibrada e eficiente de seus interesses. É preciso considerar também os **cenários dinâmicos** e os interesses nem sempre convergentes daqueles.

Ramo Normativo da Teoria *Stakeholder*.

O ramo normativo (*core* normativo) da teoria se dedica a interpretar qual é a “função da organização” incluindo sua identidade moral e filosófica,

descrevendo os parâmetros que devem orientar a forma de se operar e gerir a organização.

Donaldson; Preston (1995) explicam que os estudos clássicos sobre a teoria *Stakeholder* foram feitos inicialmente utilizando uma abordagem normativa e cita como exemplo as críticas (utilizando termos normativos) feitas por Friedman (1970), sobre a obsolescência dos conceitos clássicos relativos à responsabilidade social corporativa (RSC), empregados pelas organizações daquela época.

O ramo normativo tenta interpretar quais são as funções do proprietário investidor da companhia e quais os elementos morais e filosóficos que devem ser considerados pelo gestor.

Embora as análises normativa e instrumental possam ser “**prescritivas**” (ou seja, elas podem indicar mais ou menos opções de decisão para o gestor) elas têm bases diferentes. A abordagem instrumental é essencialmente hipotética enquanto a abordagem normativa é categórica e utiliza conceitos como direitos (individuais ou coletivos), contrato social, utilidade, etc., como elementos de gestão (DONALDSON; PRESTON, 1995).

A necessidade de uma abordagem normativa para a Teoria *Stakeholder* se justifica devido à evolução histórica das organizações e devido ao processo contínuo de amadurecimento gerencial. Os litígios observados entre todos os envolvidos, direta ou indiretamente, nas atividades organizacionais, têm levado as organizações a rever continuamente conceitos como: (1) o direito de propriedade, (2) a forma de gestão, (3) o interesses dos acionistas, (4) a maximização de resultados, (5) os impactos ambientais e sociais oriundos da atividade industrial, (6) os múltiplos interesses dos envolvidos nas atividades industriais e (7) a **complexidade sistêmica** em que as organizações estão imersas, conforme já havia sido protagonizado por Freeman (1984) e confirmada nos trabalhos de Donaldson; Preston (1995).

As proposições normativas para a Teoria *Stakeholder* estabelecem que; os *Stakeholders* são identificados por seu interesse nos assuntos da organização (DONALDSON; PRESTON,1995). A base normativa para a teoria utiliza

conceitos filosóficos fundamentais, como por exemplo, ética, moral e equilíbrio, que são mais bem aceitos pela academia do que pelo meio corporativo. Segundo Donaldson; Preston (1995), os pressupostos normativos, da teoria econômica tradicional, são restritivos e conseqüentemente muito fracos para dar o devido suporte à Teoria *Stakeholder*. Ainda segundo os autores, a Teoria *Stakeholder* utiliza conceitos de um mercado livre composto por candidatos com preferências racionais, livres e nem sempre convergentes. Podem ainda envolver **agentes com comportamento dinâmico**, ou seja, que hora são caracterizados como *Stakeholders* e hora não (devido à possibilidade de se ganhar ou se perder a característica *Stakeholder*).

Os fundamentos normativos, usados para construir o modelo *Stakeholder* de uma organização, não podem se basear somente na análise dos principais concorrentes que disputam o mercado, no controle gerencial e no interesse dos acionistas, para definir as regras de mercado (DONALDSON; PRESTON, 1995). As organizações modernas exigem critérios mais abrangentes e eficientes para mapear os mercados. Para sustentar seu argumento de mudança organizacional, Donaldson; Preston (1995) citaram o trabalho de Pejovich (1990), um dos mais conservadores economistas e crítico da Teoria *Stakeholder* que alertava: “nas organizações modernas (em oposição à organização gerida pelo próprio dono) os direitos dos acionistas estão sendo ‘atenuados’ pela dispersão da posse e pelos elevados custos ‘agency cost’; ele ressaltou ainda que ‘o sistema econômico’ e não ‘o sistema legal’ é quem deveria ser o responsável pelas mudanças organizacionais”.

- **Detalhamento sobre a Identificação, classificação e relevância de Stakeholders**

Este item complementa o que foi explicado no texto principal sobre a forma de classificação de *Stakeholders* utilizando os atributos poder, legitimidade e urgência proposta por Mitchell et al. (1997).

Adicionando novos atributos ao Modelo Stakeholder.

Segundo Driscoll; Starik (2004) os três atributos e suas associações definidos inicialmente por Mitchell et al. (1997) são insuficientes para incorporar os

conceitos de “proximidade e distanciamento”, “curto e longo termo” e “real e potencial” que as relações entre *Stakeholders* possuem. Assim eles sugeriram dois novos atributos, Proximidade e Frequência de Contatos, de forma a incorporá-los.

O 4º Atributo: Proximidade

O argumento da proximidade considera que a distância espacial pode ser tão importante, nas inter-relações dos *Stakeholders*, quanto o tempo é importante para o atributo Urgência (DRISCOLL; STARIK, 2004). Autores como Gladwin et al. (1995) sugeriram que **os modelos precisavam ser “mais inclusivos do ponto de vista temporal e espacial”**. O trabalho de Driscoll; Starik (2004) demonstrou que a proximidade ou o estado de proximidade pode ser um conceito importante quando o cenário de estudo considera, por exemplo, cuidados como a saúde (BENEDETTI, 2001), as artes (CLARK, 2000), as ciências sociais e ambientais (SMITH, 2000) e os negócios (GREEN; MCNAUGHTON, 2000).

Ainda segundo Driscoll; Starik (2004), ao se compartilhar espaços físicos e equipes, as organizações poderiam utilizar o atributo de proximidade como instrumento de gestão de *Stakeholders*. Os autores também chamam a atenção para os cenários que envolvem organizações multinacionais que, ao compartilharem (ou aproximarem) equipes, produzem uma rede global de interação entre *Stakeholders*.

Além da proximidade física, as organizações podem ter proximidade quando compartilham as mesmas ideias, ações, conceitos, práticas ou ocupam o mesmo espaço físico (BANSAL; ROTH, 2000). Por exemplo, associações e consórcios de indústrias que se agrupam em torno de um interesse ou produto comum ou ainda associações de organizações que se agrupam formando uma rede ou sistema de *Stakeholders* interconectados (HEUER; STARIK, 2002; TSAI, 2000; WELCOMER, 2002). Das redes de *Stakeholders* emergem duas variáveis importantes, relacionadas ao atributo proximidade; a centralidade dos *Stakeholders* e a densidade da rede (ROWLEY, 1997) o que segundo Driscoll; Starik (2004) interfere diretamente na determinação da relevância daqueles.

Esses exemplos de proximidade permitem teorizar que a gestão de *Stakeholders* deve considerar que quanto maior a proximidade, maior a probabilidade do desenvolvimento das relações entre os mesmos (DRISCOLL; STARIK, 2004).

Os gerentes precisam abraçar a “complexidade desconcertante” e as “complicações excessivas” relacionadas à gestão e a proximidade de Stakeholders, da mesma forma com que eles aceitam a complexidade e as incertezas relacionadas ao comportamento do mercado, as entregas dos fornecedores, as atitudes dos acionistas, o comportamento dos concorrentes, as ações futuras das agências governamentais, etc. (CYERT; MARCH, 1992 citado por DRISCOLL; STARIK, 2004).

O 5º Atributo: A Frequência de contatos.

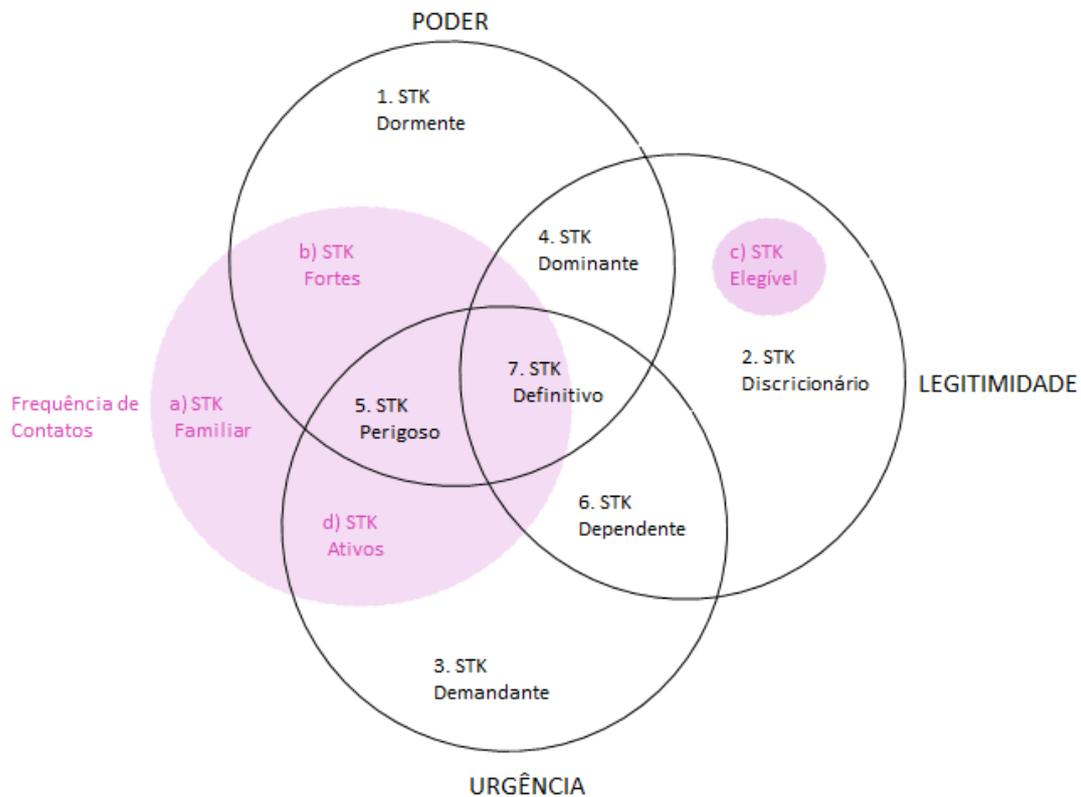
Segundo Ojala; Luoma-aho (2008) e Luoma-aho (2005) o modelo de tipologia de *Stakeholder* proposto por Mitchell et al., (1997) precisa ser complementado / expandido, visto que não há menção sobre os diferentes níveis de atributos ou ainda não é possível distinguir como os atributos estão interligados nas relações reais entre os *Stakeholders*. Eles sugerem a inclusão do atributo “frequência de contato” para representar as modernas formas de interação nos ambientes de negócio.

Neste contexto, a frequência de contato é definida como “contatos, diretos ou mediados, entre a organização e os *Stakeholders*, tais como reuniões formais ou informais, chamadas telefônicas, e-mails e outras formas de contato interpessoal” (LUOMA-AHO, 2005).

MILES (2015) confirma as observações de Ojala; Luoma-aho (2008) e menciona que a “frequência de contatos” entre o *Stakeholders* ou entre um *Stakeholder* e a organização pode potencializar os atributos poder, legitimidade e urgência e assim deve ser igualmente gerenciada.

A Figura A.1 é a representação gráfica idealizada por Luoma-aho (2005) para mostrar a importância da frequência de contatos na definição da tipologia de *Stakeholders*.

Figura A.1 - Tipologia de *Stakeholders* e a influência da Frequência de Contatos no ganho ou perda de atributos.



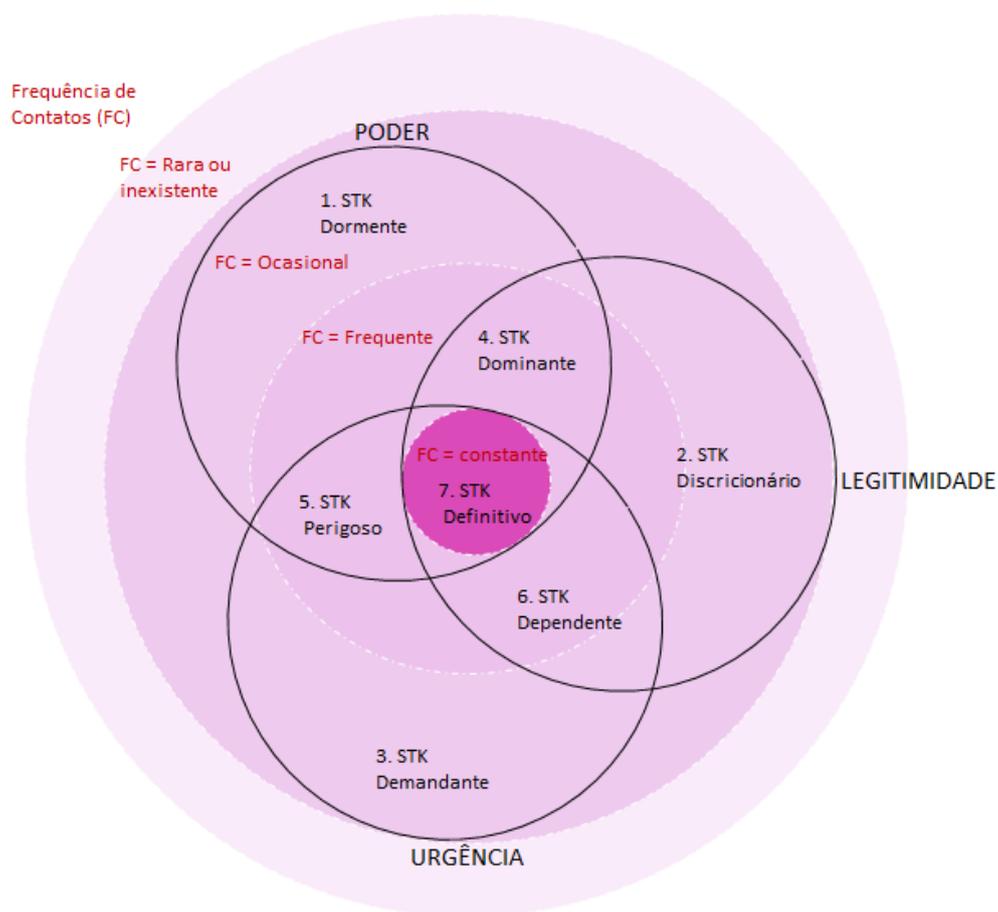
Fonte: Adaptado de Mitchell et al. (1997) e de Luoma-aho (2005).

Considerando a frequência de contato, os *Stakeholders* podem ser classificados como (a) “*Stakeholder* familiar” quando não possuem nenhum dos três atributos (poder, legitimidade e urgência), porém, possuem frequência de contato com a organização, estes *Stakeholders* não oferecem ameaça à organização, mas, são considerados como familiares. Esses *Stakeholders* podem desenvolver os atributos poder e urgência. (b) “*Stakeholder* Fortes” possuem o atributo poder e podem exercer este poder através da frequência de contatos. (c) “*Stakeholder* Elegível” possuem frequência de contato, suas necessidades são legítimas e eles têm a oportunidade de expressá-las mesmo não possuindo poder e urgência. (d) “*Stakeholder* ativos” possuem o atributo urgência e podem exercê-lo através da frequência de contato, porém, não possuem poder e legitimidade. Ainda segundo Luoma-aho (2005) a frequência de contato está relacionada à lealdade e ao envolvimento do *Stakeholder* com os interesses da organização. A Figura A.1 mostra também, o potencial de

desenvolvimento de novos atributos através da frequência de contato dos *Stakeholders*.

Luoma-aho (2005) sugere finalmente que a frequência de contato seja um campo, no qual estão imersos todos os *Stakeholders*, que represente as constantes interações entre os *Stakeholders* e a organização, a Figura A.2 ilustra esta proposta. Pode-se concluir então que quanto mais atributos (poder, legitimidade e urgência) um *Stakeholder* possuir mais, contatos ele deverá ter, manter e desenvolver para manter-se no negócio e para evoluir.

Figura A.2 - Relação direta entre os atributos e a Frequência de Contatos de *Stakeholders*.



Fonte: Adaptado de Mitchell et al. (1997) e de Luoma-aho (2005).

- **Outros Frameworks Utilizados para Classificar Stakeholders.**

Além das tipologias já mencionadas anteriormente para caracterizar *Stakeholders* vale mencionar também outras propostas de *Frameworks* que permitem visualizar como os *Stakeholders* podem ser organizados e geridos.

O trabalho clássico de Clarkson (1995), se baseou em mais de 10 anos de investigação sobre a realidade do comportamento corporativo, para propor uma estrutura e uma metodologia capaz de analisar e avaliar o desempenho social das corporações (CSP - Corporate Social Performance). Clarkson alertou para a necessidade de se distinguir entre os interesses e preocupações, dos *Stakeholders*, das corporações e da sociedade. A Tabela A.6 mostra a proposta de classificação de *Stakeholders* conforme sugerida por Clarkson (1995), em função de suas reações às propostas corporativas.

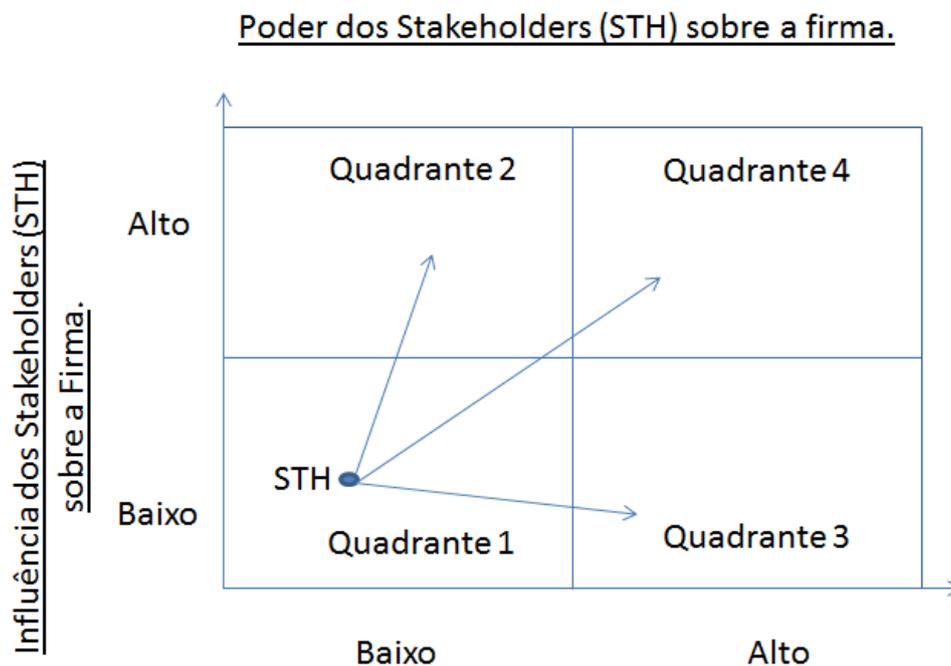
Tabela A.6 - Classificação de *Stakeholders* em função da responsabilidade social.

Gestão		
Classificação de <i>Stakeholders</i> conforme suas ações.	Postura ou estratégia adotada pelo <i>Stakeholder</i>.	Performance do <i>Stakeholder</i>.
Reativa	Não admite responsabilidade	Executa menos do que o requerido
Defensiva	Admite reponsabilidade, mas com resistência.	Executa o mínimo requerido
Acomodada	Aceita responsabilidade	Executa tudo que é requisitado
Proativa	Antecipa responsabilidades	Executa mais do que é requerido.

Fonte: Adaptado de Clarkson(1995).

Trabalhos como os de Lyra et al. (2009) e de Oliveira; Perondi (2012) utilizam os atributos “poder” e “influência” para mapear de forma bidimensional a relevância dos *Stakeholders* em determinados cenários de estudo. O *Framework* da Figura A.3 é um exemplo do tipo de representação gráfica produzida com essa abordagem. Neste tipo de representação gráfica, os *Stakeholders* podem migrar de quadrante à medida que ganham ou perdem o atributo poder e influência.

Figura A.3 – Mapeamento bidimensional de *Stakeholders* em função dos atributos poder e influência que lhes são conferidos.



Fonte: Adaptado de Lyra et al. (2009) e de Oliveira; Perondi (2012).

Friedman; Miles (2002) também propuseram um *Framework* com o objetivo de capturar a dinâmica das mudanças que ocorrem nas relações entre *Stakeholders* e sua relação com as mudanças sociais, a Tabela A.7 é um exemplo de classificação de *Stakeholders* em função; (1) de sua compatibilidade ou incompatibilidade com as ideias e interesses da estrutura social corporativa, (2) das relações entre os grupos; se elas são necessárias (internas à estrutura social da organização ou logicamente conectadas as ideias corporativas) ou eventuais (externas ou não integralmente conectadas as ideias corporativas) e (3) do modelo de contrato celebrado entre *Stakeholders* (que é um dos elementos que sustenta a legitimidade de suas relações). Cada uma das 4 configurações institucionais possíveis, mapeadas na Tabela A.7, estão associadas a uma determinada lógica situacional e encoraja um certo tipo de ação estratégica (FRIEDMAN; MILES, 2002). Esses tipos de logica situacional são comuns na teoria sociológica.

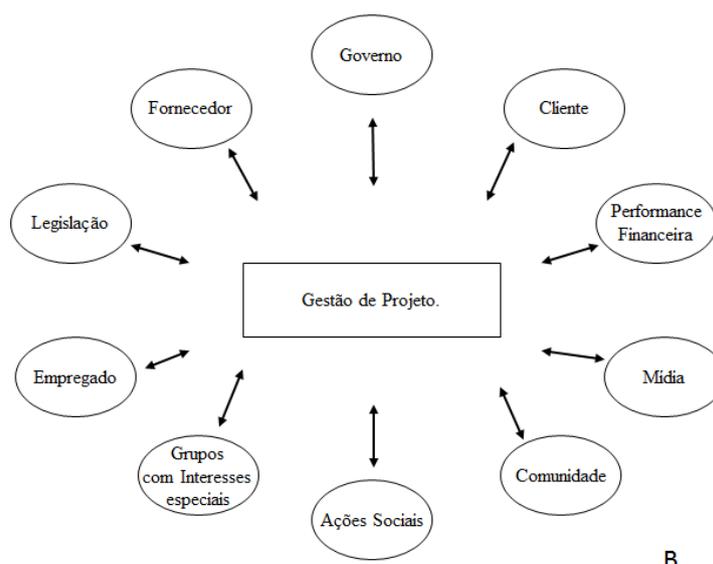
Tabela A.7 – Classificação de *Stakeholders* e sua associação com as formas de contratos sociais e com as ações estratégicas corporativas.

	Necessária	Eventual
Compatível	Ação Defensiva Formato contratual (Reconhecimento explícito e implícito)	Ação Oportunista Formato contratual (não reconhecido e implícito)
Incompatível	Ação de Compromisso Formato contratual (Reconhecimento explícito e implícito)	Ação de Eliminação Formato contratual (não existe)

Fonte: Adaptado de Friedman; Miles (2002).

ELIAS et al. 2002 expandiram, o modelo inicial “*Stakeholder structure bicycle-whell mode*” proposto por Frooman (1999, p. 191), e propuseram um *Framework* para análise sistêmica de *Stakeholders*, aplicado às atividades de gerenciamento de projetos. A Figura A.4 traz uma amostra da estrutura de *Stakeholders* mapeados por meio deste *Framework*.

Figura A.4 – Exemplo de mapeamento de *Stakeholders* em um projeto de P&D.

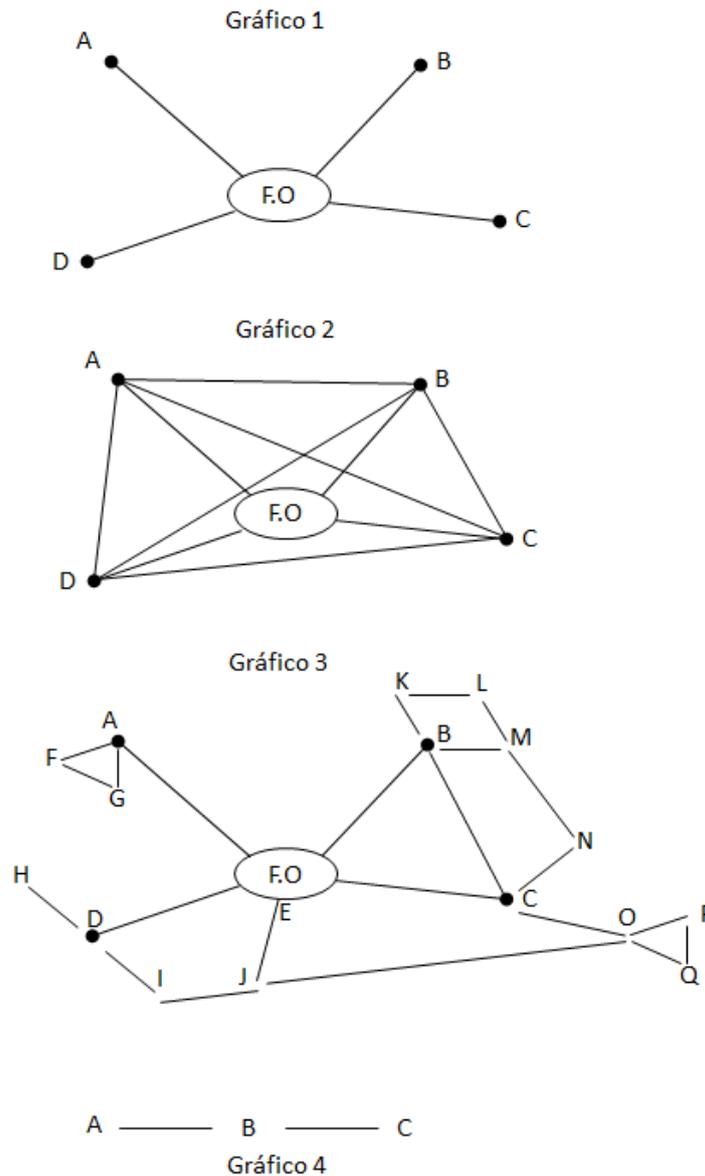


B

Fonte: Adaptado de Elias et al. (2002).

Frooman (1999) também propôs um *Framework* para classificar a relação entre *Stakeholders* e as organizações, utilizando os conceitos da teoria da dependência de recursos. A Tabela A.8 e a Figura A.5 são exemplos deste mapeamento.

Figura A.5 – Estruturação de *Stakeholders* com foco em uma organização “*Focal Organization (FO)*”.



Obs.: Gráfico 1, inter-relações depende da FO; Gráfico 2, rede de *Stakeholders* onde interações dependem da FO; Gráfico 3, rede *Stakeholders* com interações ocorrendo fora do escopo da FO, Gráfico; 4 *Stakeholders* conectados em serie.

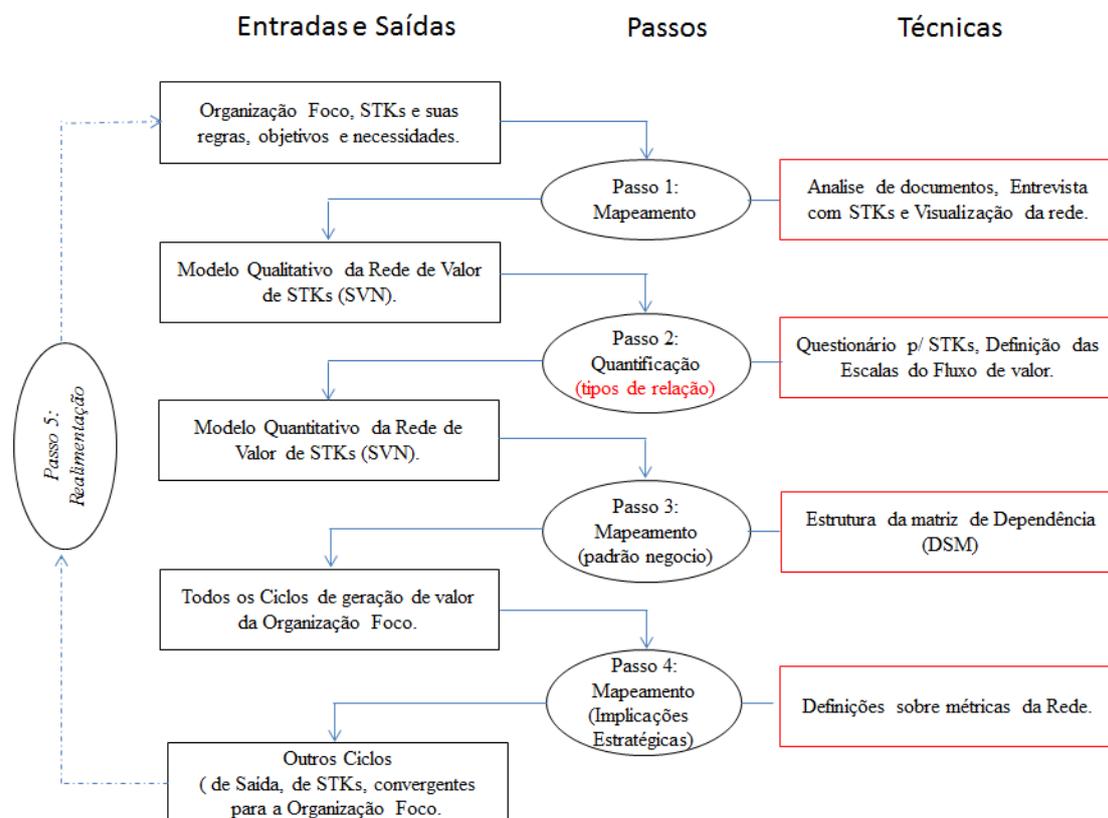
Fonte: Adaptado de Frooman (1999, p. 891).

Tabela A.8 – Relação de dependência entre *Stakeholders* e as Organizações.

A organização depende do Stakeholder?	O Stakeholder depende da Organização?		
		Não	SIM
	Não	Baixa interdependência	Poder pertence à Organização
	SIM	Poder pertence ao STH	Alta Interdependência

Fonte: Adaptado de Frooman (1999).

Figura A.6 - *Framework* para análise da Rede de Valores de Stakeholders (SVN)

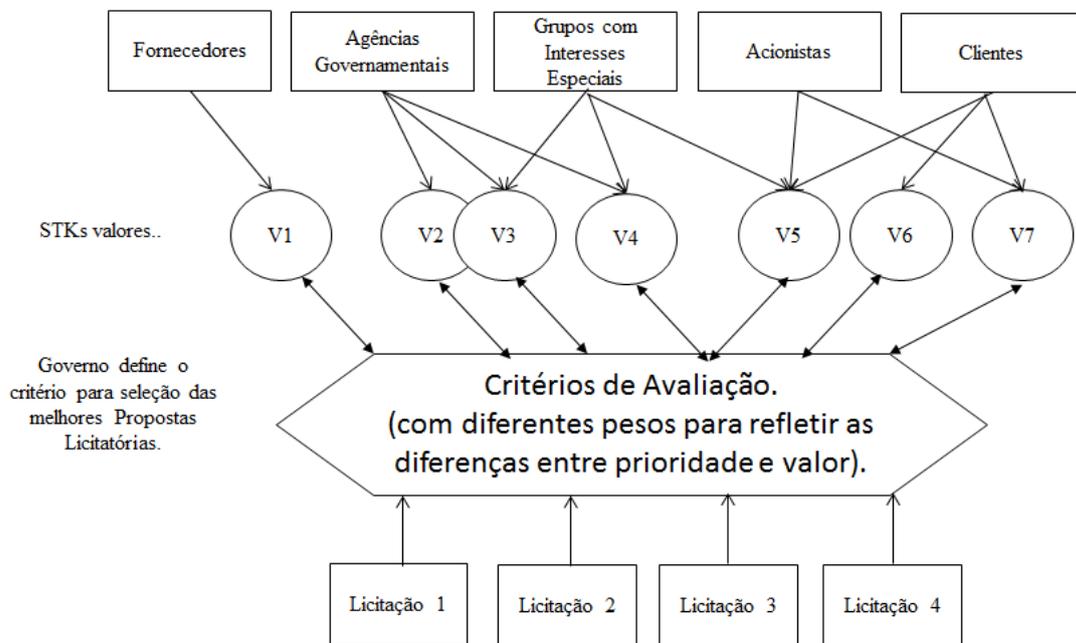


Fonte: Adaptado de Feng et al., (2012) - ESD-WP-2012-26, MIT-ESD.

Ou ainda *Frameworks* como o de Feng et al. (2012) que se propõe a modelar as múltiplas relações entre *Stakeholders* (diretas e indiretas) e o elemento de valor presente nas atividades de negócio. A Figura A.6 é uma representação dos cinco passos necessários para produzir o mapeamento dessa rede de valores de *Stakeholders* (SVN – *Stakeholder Value Network*).

Ou *Frameworks* com modelos específicos, para classificação de *Stakeholders* e mapeamento do valor nas Parcerias Públicas Privadas (PPPs), conforme proposto por Mouraviev; Kakabadse (2015) e reproduzido na Figura A.7

Figura A.7 – Interdependência entre critérios de avaliação de Licitações nas PPP e os valores dos *Stakeholders*.



Fonte: Adaptado de Mouraviev; Kakabadse (2015).

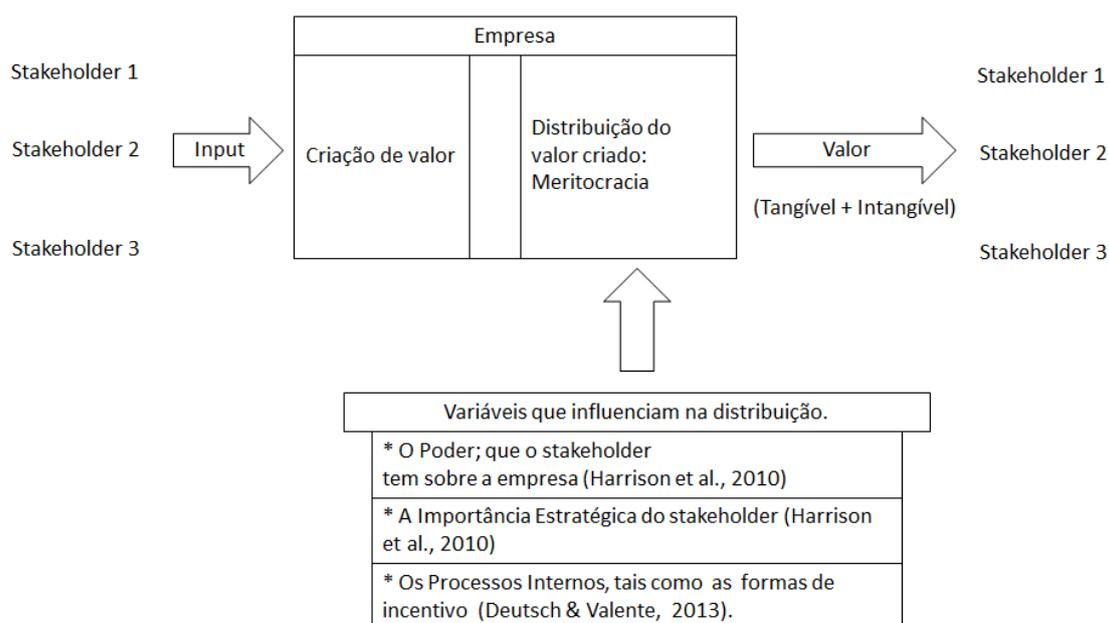
Ou o *Framework* proposto por Soares et al., (2014) que fornece elementos para captura e gestão de valor, tangíveis e intangíveis dos *Stakeholders* (ver Figura A.8a), e uma forma de representar sua distribuição (ver Figura A.8b).

Figura A.8(a) – Tipos de recursos tangíveis e intangíveis que uma empresa distribui a seus *Stakeholders*.

Stakeholder	Recursos Tangíveis	Recursos intangíveis
Acionista	Dividendos (Brown e Forster, 2013), (Clarke, 1998) Preço de mercado (Clarke, 1998)	Informação, transparência (Harrison & Wicks, 2013)
Funcionário	Salários mais altos (Brown & Forster, 2013), (Clarke, 1998), (Bosse et al., 2010) Direitos de propriedade (Zattoni, 2011) Compensação com ações (Deutsch & Valente, 2013)	Maior segurança no trabalho e ambiente de trabalho agradável (Brown & Forster, 2013) Bem estar (Garcia-Castro et. al., 2011) Respeito, inclusão (Harrison & Wicks, 2013)
Comprador	Produtos com qualidade e funcionalidade (Harrison & Bosse, 2013).	Repetição de negócios, Respeito, (Harrison & Wicks, 2013).
Fornecedor	Natureza de pagamentos (o tamanho) (Harrison & Wicks, 2013)	Relacionamento estável e duradouro (Deutsch & Valente, 2013) Natureza de pagamentos (a velocidade) (Harrison & Wicks, 2013)
Comunidade	Programas sociais (Reynolds et al., 2006) Saúde física, riqueza, conforto e conveniência (Cragg & Greenbaum, 2002), Contribuições de infra-estrutura (Harrison & Wicks, 2013)	Serviço comunitário (Harrison & Wicks, 2013)

Fonte: Adaptado de Soares et al. (2014).

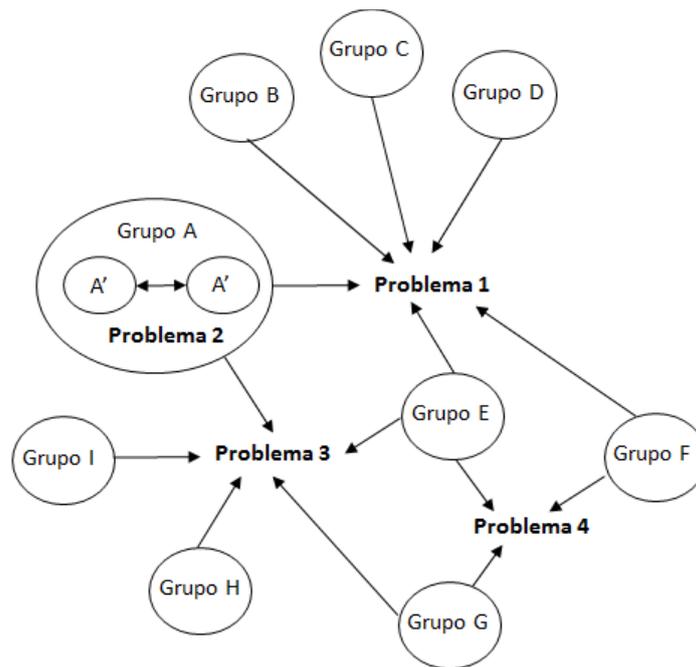
Figura A.8(b) – Modelo de distribuição de valor para os *Stakeholders*.



Fonte: Adaptado de Soares et al. (2014).

Outros exemplos também podem ser encontrados nos trabalhos de; (1) Rowley (1997) que mapeou as múltiplas e interdependentes demandas dos *Stakeholders* e as possíveis respostas organizacionais a estas demandas, (2) Bryson (2004) que propôs um *Framework* para organizar, identificar e mapear os *Stakeholders* (e suas relações) dando suporte às organizações nos processos de criação de valor e estabelecendo como foco a solução de problemas (ver Figura A.9).

Figura A.9 – Estruturação de *Stakeholders* com foco na solução de problemas.

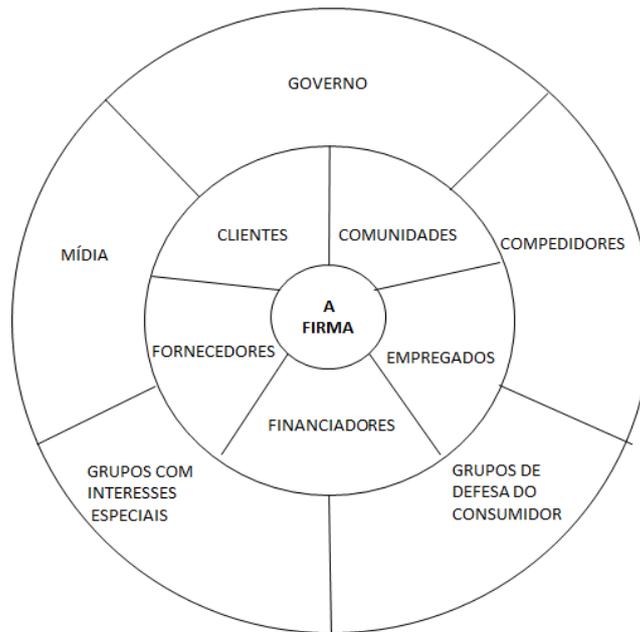


Fonte: Adaptado de Bryson (2004, p. 38).

(3) Eesley; Lenox (2006) que propuseram uma expansão para o modelo de Mitchell et al. (1997), definindo a relevância dos *Stakeholders* em termos de ações e não percepções corporativas, (4) Barnett (2007) que propôs um *Framework* para estudar os limites e as influências dos *Stakeholders* no desempenho financeiro e na responsabilidade social das organizações, (5) Reed (2009) que propôs um *Framework* baseado nos ramos normativo, descritivo e instrumental para analisá-los, definir suas tipologias e planejar possíveis ações em função de suas interações, (6) De Schepper et al. (2014) que estudou a influência da gestão *Stakeholder* nas Parcerias Público Privadas (PPPs), propondo um *Framework* para se mapear as responsabilidades, entre

as iniciativas públicas e os consórcios privados, de tal forma que fosse possível gerir as ações reativas e proativas dos *Stakeholders* e garantir a governança corporativa, ou (7) Rizzo et al. (2015) que propuseram um *Framework* para mapear os interesses dos *Stakeholders* e engajá-los no complexo processo de regeneração de algumas zonas industriais Europeias. (8) Freeman et al (2010) propuseram um *Framework* dispondo os *Stakeholders* em círculos concêntricos tendo a firma no centro. Nessa estrutura, os *Stakeholders* são classificados como primários, para aqueles que estão mais próximos da firma, e secundários, para aqueles que interagem com a firma por meio dos *Stakeholders* primários, e assim sucessivamente (ver Figura A.10).

Figura A.10 – Estrutura de *Stakeholder* em círculos concêntricos (Firma, *Stakeholders* primários e secundários).



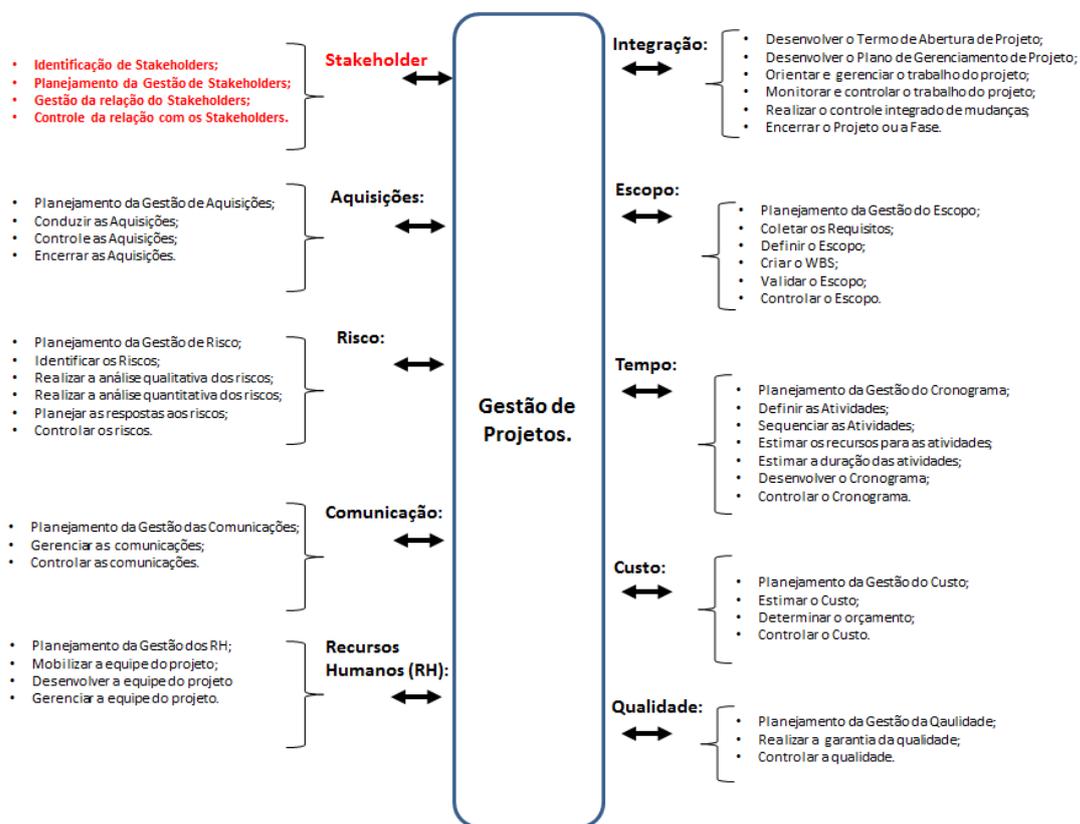
Fonte: Adaptado de Freeman et al. (2010, p. 24).

E finalmente (9), o guia de Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK®)⁶¹ em sua 5ª edição, publicada em 2013, traz uma nova área de

⁶¹ O Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK)® – 5ª Edição fornece diretrizes para o gerenciamento de projetos individuais e define os conceitos relacionados com o gerenciamento de projetos. Ele também descreve o ciclo de vida de gerenciamento de projetos e seus respectivos processos, assim como o ciclo de vida do projeto.

conhecimento dedicada à gestão de *Stakeholders*. Anteriormente, na quarta edição, publicada em 2008, a gestão e identificação de *Stakeholders* eram tratadas dentro da área de conhecimento “comunicação”. Atualmente criou-se a 10ª área de conhecimento “Gestão dos *Stakeholders* do Projeto” onde se trata especificamente da “identificação de *Stakeholders*”, “planejamento e gestão de *Stakeholders*”, “planejamento da relação/interação com os *Stakeholders*” e “controle da relação/interação de *Stakeholders*”. A Figura A.11 mostra como estão distribuídas as áreas de conhecimento nessa nova edição.

Figura A.11 – Áreas de conhecimento sugeridas pela PMBOK®.



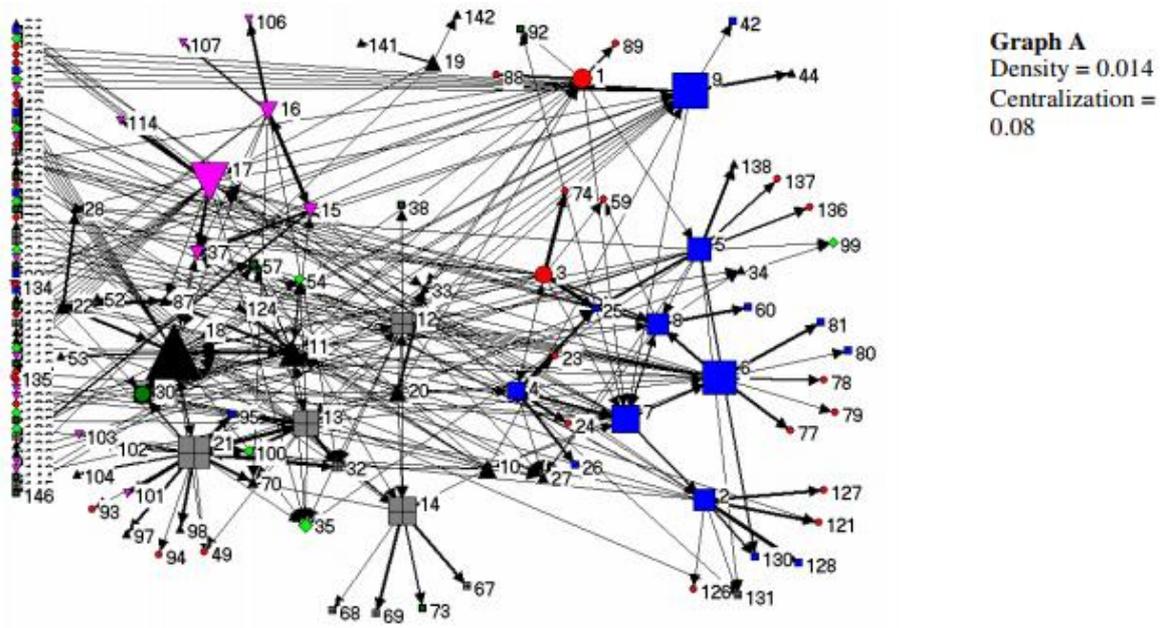
Fonte: Adaptado do Guia PMBOK®. 5ª edição (2013).

O PMBOK é um guia de gestão utilizado por grandes corporações, como por exemplo, Ericsson Telecom., Johnson & Johnson, Embraer, GM, etc. com o objetivo de melhorar a performance de seus projetos. Os gestores dessas corporações são incentivados a obter certificações em organismos, com reconhecimento internacional, como por exemplo o PMI (*Project Management Institute*), para equalizar os procedimentos de gestão de projetos. Este esforço global de padronização de conhecimentos e a criação da nova área de

conhecimento (relativa à gestão de *Stakeholders*) vem reforçar o que já havia sido sinalizado por Freeman (1984) sobre a convergência das formas de gerir os *Stakeholders* para adaptar-se às mudanças globais.

Considerando os exemplos expostos neste item, pode-se dizer que, atualmente, existe uma grande variedade de formas de explicitar e estruturar os sistema e as interações entre *Stakeholders*, como por exemplo, as estruturas usada para análise de redes de *Stakeholder* (Stakeholders Network Social Analysis), ver Figura A.12, ou ainda outras estruturas de STHs, como por exemplo aquelas citados nos trabalhos de Prell et al.(2009); Porter et al (2009), Grossi (2003); Mazza et al (2017). Todavia, é possível constatar, neste ponto da pesquisa bibliográfica, que há um esforço na academia e nas corporações para modelar sistemas constituídos por Stakeholders com o objetivo de analisar e prever possíveis cenários futuros e principalmente estimular a co-criação de valor. As estruturas mostradas neste item são uma amostra das tentativas de se aplicar a T. STH e são também um alerta sobre a habilidade e o conhecimento que se exigirá do analista ou projetista do modelo (estrutura) de *Stakeholders*, pois a ele caberá o papel de capturar os elementos (pessoas, equipes, interesses, interfaces, insumos, etc.) mais relevantes do sistema, discernir sobre o que é e o que não é relevante e apresentá-los da forma mais representativa, compreensível e útil possível. Esses aspectos da análise, mapeamento e predição dos sistemas compostos por STHs são os elementos seminais da Metodologia STH/SD, que dão o estímulo e a fundamentação teórica para se envidar esforços neste trabalho de tese.

Figura A.12 – Exemplo de uma Rede Social de *Stakeholders*.



Fonte: Prell et al. (2009).

ANEXO B – REVISÃO: TEORIA GERAL DE SISTEMAS

O objetivo deste anexo é fazer uma breve revisão sobre os principais termos utilizados no estudo da “teoria geral de sistemas” de tal forma a posicionar a Metodologia *System Dynamics* (M. SD), conforme proposta por FORRESTER (1961), dentro daquele contexto mais amplo.

Histórico sobre a teoria de Sistemas:

Conforme, mencionado por Baianu (2011) o termo sistema tem uma longa historia e remonta à linguagem grega. Mais recentemente porém, já no século 19, foram produzidos trabalhos como o do físico francês Nicolas Leonard Sadi Carnot, sobre termodinâmica, que empregou pela primeira vez o conceito de sistemas relacionando-o às ciências naturais.

Existe uma grande quantidade de obras dedicadas a descrever e classificar o termo sistema e suas derivações (sistemas sociais, sistema dinâmicos, pensamento sistêmico, etc.). Dentre os pioneiros no estudo e fundamentação da teoria de sistema destacam-se autores, como por exemplo, Wiener, Luhmann e Bertalanffy;

Norbert Wiener (1894 – 1964) norte americano, matemático e filósofo, cunhou o termo **cibernética** que posteriormente deu fundamentação ao conceito de realimentação (feedback) em sistemas. Seus trabalhos influenciaram as áreas de engenharia, controle de sistemas, ciência da computação, neurociência, filosofia e organização da sociedade (WIENER, 1961; KRIPPENDORFF, 1986; *WEB DICTIONARY OF CYBERNETICS AND SYSTEMS*, 2016).

Inicialmente Wiener definiu cibernética como sendo “o estudo científico do controle e da comunicação que ocorre entre os animais e entre as máquinas”. O termo vem se transformando ao longo do tempo, mas pode-se dizer que os conceitos sobre governança, sistemas realimentados circulares (*feedbacks*), sistemas de controle, redes inteligentes foram influenciados pelos estudos da cibernética. A cibernética tem sido usada inclusive nas ciências que envolvem o

homem, por exemplo, nos estudos referentes aos processos cognitivos, na terapia familiar, no desenvolvimento de sistemas de informação, de tomada de decisão, de gestão, de governo, nas redes complexas de comunicação, etc. (WEB DICTIONARY OF CYBERNETICS AND SYSTEMS, 2016).

Niklas Luhmann (1927 – 1998)⁶² alemão, cientista social que se dedicou a estudar a “teoria da sociedade” elaborando alguns postulados sobre o comportamento sistêmico da estrutura social. Em sua opinião, o elemento mais importante do sistema social é a “comunicação (informação)”. Segundo o autor o sistema social só existe se existir a comunicação; “ela transforma e é transformada pelo supercomplexo sistema (tecido ou rede) social constituído por indivíduos que reagem de forma cognitiva aos seus estímulos”. Luhmann considerava ainda que um sistema poderia ser definido por uma fronteira entre si e o ambiente. O interior do sistema seria uma zona de reduzida complexidade. A comunicação intrínseca do sistema fluiria considerando apenas uma quantidade limitada de todas as informações disponíveis no seu exterior. O sistema agiria filtrando e processando as informações do ambiente. O autor considerava que este processo de filtragem atuava como uma redução de complexidade.

Karl Ludwig von Bertalanffy (1901 – 1972), austríaco, biólogo e cientista social, idealizador da teoria geral dos sistemas (*General Systems Theory* - GST) e autor do livro *General System Theory* (1968) é um dos autores frequentemente citado nos textos relativos a sistema. Segundo Albert et al., (2002, citado por BAIANU, 2011), em 1945 Bertalanffy propôs os moldes, os princípios e as leis gerais, sobre sistemas e suas subclasses. O autor chama a atenção para a independência comportamental dos sistemas, independente do seu tipo

⁶² Niklas Luhmann (pesquisador): Referência 1: Theory of Society, Niklas Luhmann. Translated by Rhodes Barret, 2012. <http://www.sup.org/books/title/?id=1234> Acesso em: Jan. 2018.
Referência 2: LEE, Daniel. The society of society: The grand finale of Niklas Luhmann. **Sociological Theory**, v. 18, n. 2, p. 320-330, 2000.

específico, da natureza de seus elementos e da relação de forças entre estes.

“Utilizar uma abordagem sistêmica, na solução de problemas, tem se tornado cada vez mais relevante e necessário visto que os esquemas mecanicistas das séries causais isoláveis e o tratamento por partes estão se tornando abordagens insuficientes para atender aos problemas teóricos das ciências sociais e aos problemas práticos propostos pelas novas tecnologias”. (BERTALANFFY, 1968 citado por REINALDE et al., 2005)

“A história da ciência mostra que algumas concepções muito similares foram desenvolvidas em vários ramos do conhecimento. Atualmente a interpretação holística é predominante em todos os campos do conhecimento em situações onde, no passado, era comum se utilizar explicações atomistas. Essas considerações conduziram à postulação da “Teoria Geral dos Sistemas” que é uma disciplina lógica-matemática aplicada a todas as ciências preocupadas com sistemas. O fato de que alguns princípios têm aplicação geral aos sistemas, explica a ocorrência de leis isomórficas em diferentes campos científicos. Assim como a lógica aristotélica era um *organon* fundamental para ciência classificatória da antiguidade, da mesma forma, a Teoria Geral dos Sistemas define os princípios gerais da “dinâmica da interação” que aparece como problema central da ciência moderna” (BERTALANFFY, 1950).

Segundo Baianu (2011), sistema pode ser definido como um conjunto de entidades interdependentes, reais ou abstratas, que interagem formando um todo integrado. O termo sistema também pode se referir a um conjunto de regras que governam o comportamento de um sistema

Ainda segundo Baianu (2011), atualmente, as pesquisas científicas que se destinam ao estudo das propriedades gerais dos sistemas atuam nos campos da teoria de sistemas, ciência de sistemas, engenharia de sistemas e sistemas.

Entretanto, independente do campo de atuação, a maioria dos sistemas compartilham características comuns, como por exemplo;

- Sistemas são abstrações da realidade;
- Sistemas tem uma estrutura composta por partes;
- Sistemas tem um comportamento que envolve; a entrada, o processamento e a saída de material (ou informação ou energia).
- Sistemas possuem interconexões e relações funcionais e estruturais entre várias de suas partes;

Bertalanffy (1968) define sistemas como sendo “um conjunto de elementos inter-relacionados com objetivo comum”. O autor mencionava que a revolução das novas experiências, que a sociedade estava vivenciando, no campo da engenharia, da química, da mecânica, da comunicação, devido aos avanços tecnológicos do pós-guerra, estava exigindo que:

“Os homens desenvolvessem uma nova forma de se relacionar, com as máquinas, com as finanças, com a economia, com a sociedade e com a política. Fazendo surgir uma série de novos problemas, complexos e interconectados (BERTALANFFY, 1968)”.

Ainda segundo Bertalanffy (1968) essa nova visão de mundo fazia com que a abordagem “*System Thinking*” se tornasse o tema dominante dos debates científicos e corporativos da época. A teoria geral de sistema propõe que, ao se analisar um problema, deve-se considerar todas as variáveis envolvidas nele e principalmente suas inter-relações. O autor chama a atenção para o fato de que se as inter-relações forem negligenciadas os administradores podem ser levados a tomar decisões equivocadas.

Bertalanffy (1968) menciona ainda que tal complexidade torna a “*system approach*” necessária e que ela requer um especialista (ou time de especialistas) em sistemas que seja capaz de examinar a complexa rede de informações que o compõe e encontrar o ponto ótimo (de menor custo e/ou de maior eficiência) em que o sistema possa “operar”.

Accioly (2001) acrescenta ainda que no campo empresarial o termo sistema define um conjunto de funções interdependentes, cuja interação, de acordo com o pensamento sistêmico, forma um todo unitário, de tal forma que a sua subdivisão em partes não necessariamente produz valores parciais que, somados, sejam equivalentes ao total (princípio da não linearidade, ver detalhes no Anexo C).

Meadows (2008) faz as seguintes considerações sobre sistemas:

- Sistemas são um conjunto de coisas, ou pessoas, ou células ou moléculas, etc., que estão interconectadas de tal forma que elas produzem um padrão particular de comportamento ao longo do tempo. Quando estimulado por forças externas o sistema responde a elas de acordo com suas características internas.
- Pode-se dizer que, no mundo real, quando os sistemas representam indivíduos, empresas, cidades, econômicas, em geral as respostas sistêmicas, aos estímulos externos, são geralmente complexas. Os cenários listados a seguir são exemplo da complexidade que a visão sistêmica impõe;
 - Os líderes políticos não causam recessão ou instabilidade econômica. Esses comportamentos são inerentes à estrutura do mercado econômico.
 - A concorrência raramente é a causa de perda de *Market share* pelas companhias. As companhias são, em geral, as criadoras de suas próprias perdas que estão, em parte, associadas às suas políticas de negócio.
 - Os países exportadores de petróleo não são os únicos responsáveis pela subida de preço desta *commoditie*. As ações isoladas, desses países, não poderiam desencadear a subida dos preços globais e o caos econômico se o consumo de óleo, o preço e a política de investimento, das nações importadoras, não

tivessem construído suas economias vulneráveis à interrupção daquele fornecimento.

- O vírus da gripe não ataca você; você é quem cria as condições para que ele floresça dentro de você.
- A dependência das drogas não é falha de um indivíduo; ninguém pode curar um viciado por mais duro ou amoroso que seja, nem mesmo o próprio viciado. É somente por meio do entendimento do vício, como parte de um sistema de influências e questões sociais que se poderá começar a resolver/mapear o problema.
- Um sistema é mais do que a soma de suas partes. Ele pode exibir comportamentos adaptativos, dinâmicos, de auto preservação, evolutivos, etc.
- Muitas das interconexões dos sistemas operam por meio de “fluxos de informações”. As informações mantem o sistema conectado e desempenham um papel importante na determinação de sua operação.
- O funcionamento e proposito do sistema são suas partes menos obvias porém, são as mais cruciais para se determinar seu comportamento.

Reinalde (2005) menciona que os sistemas podem ser classificados como estáticos ou dinâmicos. As características de um sistema estático são:

- A saída do sistema, em um determinado instante, depende somente da entrada “naquele instante”;
- A saída não muda com o tempo se a entrada for mantida constante (invariante com o tempo).

As características de um sistema Dinâmico são:

- A saída do sistema, em um determinado instante, depende da entrada “naquele instante e em instantes anteriores”.
- A saída muda com o tempo, mesmo se a entrada se mantiver constante (variante com o tempo).

Modelagem SD (modelagem dinâmica de sistemas)⁶³ é uma abordagem (auxiliada por computador) utilizada para analisar e projetar políticas. Ela se aplica à captura e mapeamento de problemas dinâmicos decorrentes dos sistemas complexos encontrados na sociedade, na engenharia, na economia, na administração na ecologia, etc. Em suma ela se aplica a todo sistema dinâmico caracterizado por interdependências, interações mutuas e loops realimentados (causais) de informação.

Um sistema complexo é caracterizado como dinâmico quando: (1) há uma forte interação entre os vários atores do sistema, (2) há uma forte dependência do tempo, (3) há uma estrutura causal complexa devida aos *feedbacks* e (4) há atrasos (comportamentais ou reacionais) contra intuitivos e difíceis de serem previstos(STERMAN 2000, citado por BERARD 2010, p. 35).

Um sistema é uma coleção de partes organizadas, que trocam informações, para alcançar um objetivo (proposito). *System Dynamics* é a investigação das características dos loops, realimentados de informação, existentes naqueles sistemas.

Segundo Reinalde (2005) a M. SD tem sido utilizada para analisar o comportamento de sistemas complexos em diferentes áreas do conhecimento. Ela utiliza conceitos de simulação computacional e uma linguagem orientada a objetos, que possibilita a modelagem dos sistemas, a verificação das interações entre suas variáveis e entre eles e outros sistemas. Fenômenos sistêmicos com não linearidades, com atrasos ou ainda mascarados por modelos mentais míopes, também podem ser melhor visualizados com o auxílio da metodologia SD.

- Na análise SD, estoques são a memória que contém o histórico das mudanças dos fluxos ocorridas dentro dos sistemas.

⁶³ “System Dynamics” Apresentação: Simon Shepherd, A system Dynamics Approach to Transport Modelling Institute for Transport Studies University of Leed UK. Disponível em: http://pt.slideshare.net/ITSLeeds/a-system-dynamics-approach-to-transport-modelling?next_slideshow=3; Acesso em: jan. 2018.

- Estoques podem ser aumentados, diminuindo-se seu fluxo de saída ou aumentando-se seu fluxo de entrada. “Há mais de uma maneira de encher uma banheira”.
- Estoques geralmente mudam lentamente, mesmo quando os fluxos de entrada ou saída mudam rapidamente. Assim estoques agem como um atrasador ou buffer ou amortecedor no sistema.

Outras definições:

Sistemas naturais e sistemas artificiais (projetados):

Segundo Baianu (2011) sistemas naturais podem não ter um objetivo “aparente”, porém, suas saídas podem ser interpretados como finalidade (ou propósito). Por outro lado, sistemas artificiais (projetados) são feitos para se atingir um determinado objetivo, que será disponibilizado em sua saída. Suas partes estão relacionadas e a união delas pode dar origem a subsistemas distintos, porém, um sistema é projetado para trabalhar como um organismo coerente (lógico).

Sistema aberto e Sistema fechado:

Um sistema aberto usualmente interage com algumas entidades no seu ambiente. Um sistema fechado está isolado do seu ambiente.

Controlar sistemas realimentados de informação é fundamental para a vida e para toda atividade humana. Isto inclui desde a lenta evolução biológica até os mais recentes lançamentos espaciais de satélites. Tudo que fazemos como indivíduos, como indústria ou como sociedade é feito no contexto de um sistema realimentado de informação (FORRESTER 1961, citado por MEADOWS 2008, p. 25).

Processo e transformação de processos.

Um sistema pode ser visto como um processo de transformação, agindo dentro de uma fronteira. Ou seja, é um processo ou coleção de processos que transforma entradas em saídas.

Subsistemas:

Subsistema é um conjunto de elementos, que em si representam um sistema, porém, faz parte de um sistema maior.

Sistema de Sistemas:

Conforme descrito por INCOSE (2010, p. 6), sistema de sistemas é o nome que se dá quando os elementos de um sistema são também sistemas. Essa configuração geralmente se aplica quando se trabalha com múltiplos problemas, interdisciplinares, de larga escala, heterógenos e distribuídos entre sistemas.

Engenharia de sistemas:

Conforme descrito por INCOSE (2010, p. 7) é uma perspectiva, um processo e uma profissão cuja definição pode ser sintetizada em três definições.

- 1) É uma disciplina dedicada ao projeto e à aplicação do sistema e de suas partes. Ela envolve a observação do problema, como um todo, levando-se em conta todas suas facetas, variáveis e aspectos, tanto técnicos quanto sociais.
- 2) É um processo iterativo de síntese (feito de forma *top-down*), de desenvolvimento e de operação de um sistema, que se aplica a representar o mundo real. Ele se aplica a satisfazer todos os requisitos do sistema e a otimizar seu funcionamento.
- 3) É uma abordagem interdisciplinar cujo objetivo é viabilizar o funcionamento ou a realização, com sucesso, do sistema. Ela se concentra na definição das necessidades dos clientes e nos requisitos funcionais do sistema, e em sua documentação. A partir destes, usando uma visão holística, o projeta (de maneira otimizada) e valida. Ela deve considerar a operação, o custo, o planejamento, o desempenho, a necessidade de treinamento, de suporte, de testes, de fabricação e a disponibilidade de recursos, como variáveis de projeto. Ela deve considerar como meta, atender, com qualidade, as

necessidades técnicas e de negócios de todos os clientes (*Stakeholders*).

Tipo de abordagem para se estudar um Sistema.

Segundo Seymour; Luman (2011), existem três perspectivas para se abordar um problema sistêmico.

No primeiro tipo de perspectiva, faz-se uma abordagem para se entender o ambiente, os processos e as políticas que circunscrevem o problema sistêmico. Isto requer que se pense sistemicamente “*System Thinking*” ou que se faça uma análise sistêmica (*System Analysis*) da situação. Essa abordagem deve considerar o domínio e o escopo do problema definindo-o em termos qualitativos. Nessa abordagem os conceitos são mais importantes do que o produto.

No segundo tipo de perspectiva faz-se uma abordagem de engenharia de sistemas “*Systems Engineering Approach*” e se produz uma solução para o problema construindo e desenvolvendo o sistema. Essa é uma abordagem técnica, baseada em requisitos de alto nível, capturados de usuários e desenvolvedores do sistema. Nela se cria um projeto físico e funcional do sistema e se desenvolve especificações detalhadas do projeto e dos procedimentos de teste. Nessa perspectiva deve-se dar especial atenção às interfaces de subsistemas e às necessidades de resultados viáveis e tangíveis.

Na terceira perspectiva; sistemas de engenharia “*Engineering Systems Approach*” faz-se uma abordagem mais ampla, geralmente endereçada à solução e estudo de complexos problemas sociais. Por exemplo, essa perspectiva aplica-se a propor soluções e estudar problemas relativos à infraestrutura, medicina, economia, cuidados com a saúde, energia, meio ambiente, segurança, e outras questões globais. Usando os benefícios da modelagem, ela investiga como os sistemas complexos se comportam e interagem entre si considerando os fatores sociais, econômicos e ambientais. Essa abordagem integra as disciplinas de engenharia, de ciências sociais e de gestão sem a rigidez implícita nos processos de engenharia de sistemas (perspectiva anteriormente descrita). A Tabela B.1 mostra a diferença de

abordagens contidas nos três tipos de perspectivas. Esta tese de doutorado se enquadra na abordagem “*Engineering System*”.

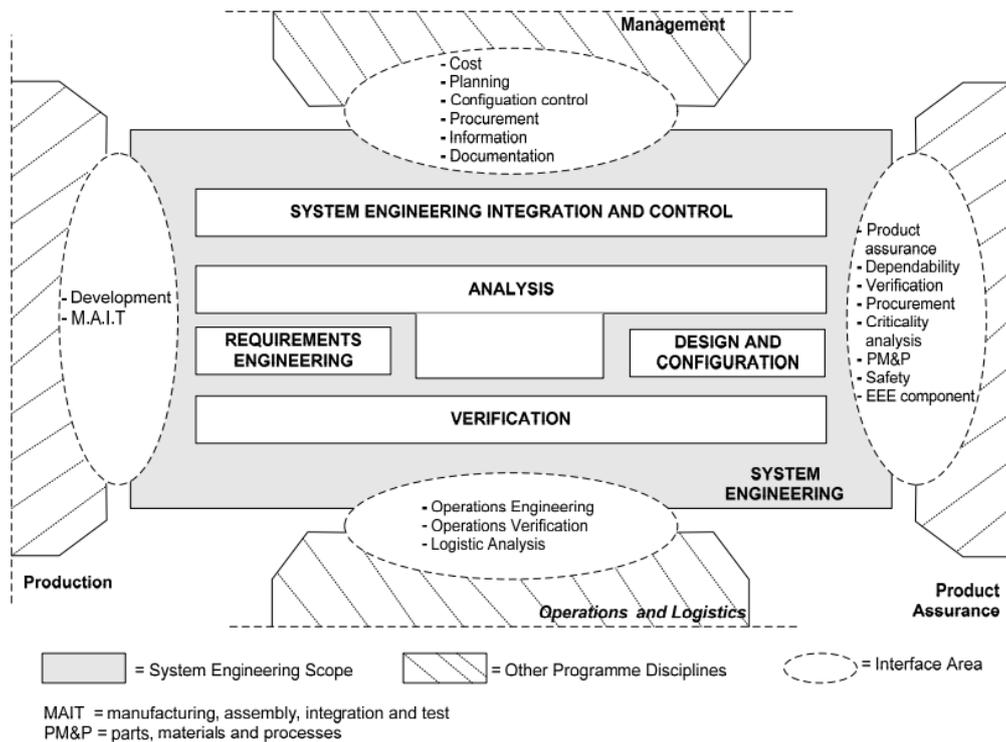
Tabela B.1 - Comparação entre as perspectivas e abordagens utilizadas para analisar um sistema.

<u>Comparação entre as abordagens Sistêmicas.</u>		
<u>System Thinking</u>	<u>System Engineering</u>	<u>Engineering System</u>
Foco nos processos	Foco no produto	Foco em ambos os processo e produto.
Leva em consideração os problemas.	Resolve problemas técnicos complexos.	Resolver problemas interdisciplinares técnicos, sociais e de gestão, complexos.
Avalia múltiplos fatores e influencias.	Desenvolve e testa soluções sistêmicas reais.	Usa a engenharia de sistemas para desenvolver soluções sistêmicas e exerce influência nas políticas e nos processos.
Segue padrões de relacionamento e de entendimento comuns.	Atende a requisitos, mede resultados e resolve problemas.	Integra dinamicamente as abordagens técnicas e sociais.

Fonte: Adaptado de Seymour; Luman, (2011).

Segundo a norma ECSS (ECSS-E-ST-10C, 2009), a Engenharia de Sistemas possui interfaces com as disciplinas de produção, garantia do produto, operação e logística e gestão, conforme apresentado na Figura B.1.

Figura B.1 - Interfaces da Engenharia de Sistemas com outras disciplinas.



Fonte: ECSS-E-ST-10C, (2009).

Complexidade de um sistema:

A perspectiva ou a forma escolhida para se abordar um sistema ou uma situação problemática pode diferir quanto à área de estudo, à dimensão do sistema, à complexidade do sistema, ao número de interconexões, à quantidade ou fluxo de informações, ao nível de agregação, etc. Conforme explicado por Seymour; Luman (2011), em qualquer disciplina madura, existe uma variedade de processos que se destinam a organizar e aumentar a eficácia dos mapeamentos, conferindo-lhes padrão e profissionalismo. A Figura B.2 traz uma visão pictórica das possíveis classificações e dimensões, envolvidas na análise e projeto de sistemas, em função de sua complexidade, escala e número de envolvidos (*Stakeholders*).

Sistemas complexos:

Conforme definido por Baianu (2011) sistemas complexos são sistemas altamente estruturados, com múltiplos números e regimes de interações, entre seus componentes. Suas atividades de agregação ocorrem de forma não

linear, eles têm a capacidade de se alto organizar quando são submetidos a pressões (estímulos) externos. São exemplos de sistemas complexos as colônias de formigas, as estruturas sociais humanas, a economia, o sistema climático, o sistema nervoso, a infraestrutura do sistema de distribuição e geração de energia e de telecomunicação, etc.

Figura B.2 - Classificação de um sistema em função da escala e da complexidade.

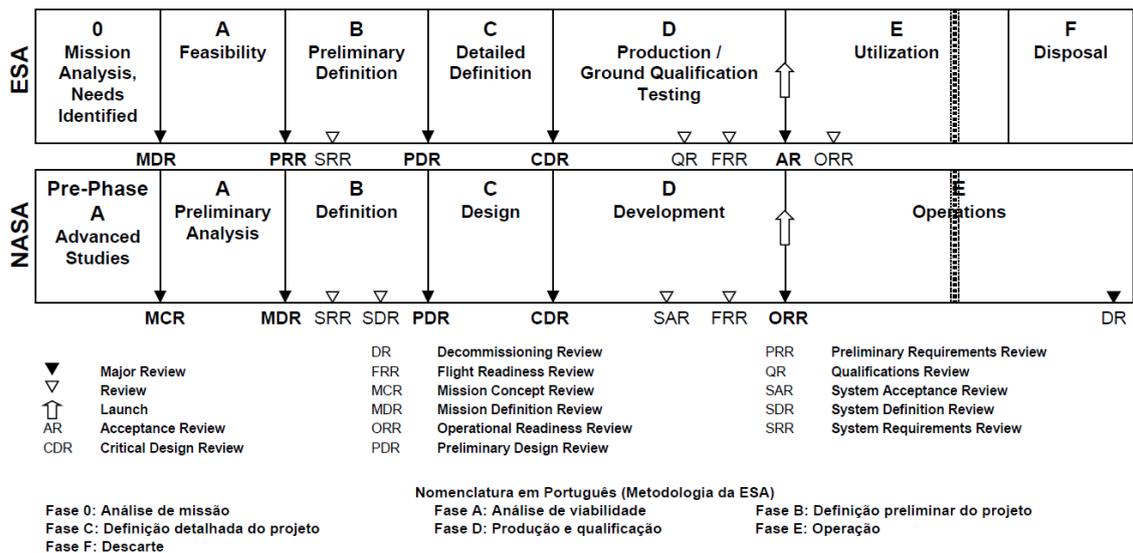


Fonte: Adaptado de Seymour; Luman (2011).

O estudo científico sobre sistemas complexos é uma atividade relativamente nova, quando comparada com outras áreas da ciência como física e química. Sua história segue várias vertentes diferentes, a Figura 3.20 (no texto principal) mostra como o estudo da complexidade dos sistemas vem evoluído ao longo do tempo.

Como exemplo de um sistema complexo pode-se mencionar as missões espaciais que produzem artefatos complexos (p. exe. satélites, sistemas de solo, sistemas de controle, etc.) e para tal utilizam processos complexos (com suas etapas de desenvolvimento, fabricação, lançamento, operação e descarte). Os programas espaciais podem ser constituídos por várias missões espaciais que tem em comum o fato de serem desenvolvidas seguindo processos complexos durante o ciclo de vida das missões. Agências espaciais, como por exemplo, NASA e ESA, utilizam ciclos de vida semelhantes para o desenvolvimento de suas missões, como pode ser visto na Figura B.3.

Figura B.3 - Fases do ciclo de vida de uma missão espacial



Fontes: NASA Systems Engineering Handbook e Norma ECSS-M30 e M40 (ESA).

A Figura B.3 apresenta o ciclo de vida tradicional de um satélite desde a fase inicial. As etapas de desenvolvimento de um satélite são constituídas, em síntese, pelas seguintes fases.

- Fase de especificação: Estabelece como o satélite deve ser e o que deve fazer.
- Fase de Projeto preliminar: Cria-se uma concepção inicial do satélite que atenda o que foi especificado na fase anterior.
- Projeto detalhado: Cria uma solução detalhada de projeto baseado na fase anterior.
- Fase de fabricação dos equipamentos: fase em que os modelos (de teste de qualificação e de voo) são fabricados.
- Montagem: fase em que os subsistemas e equipamentos são integrados ao satélite.
- Testes: fase em que se verifica se o satélite funciona conforme o previsto e se resiste ao ambiente espacial.
- Lançamento: fase em que o satélite é colocado em órbita por um foguete lançador.
- Utilização: fase de prestação de serviço, operação do satélite.
- Descarte: fase em que o satélite é removido de sua órbita e substituído.

ANEXO C – REVISÃO: TEORIA DE CONTROLE

O objetivo deste anexo é fazer uma revisão “sucinta” dos termos básicos utilizadas no processo de modelagem de sistemas de controle cujos conceitos inspiraram Jay W. Forrester a idealizar a metodologia ou a abordagem *System Dynamics* - SD. Uma das principais referências, utilizada neste anexo, é o livro “Engenharia de Controle Moderno de Katsuhiko Ogata” (edições de 1982 e 2000, traduzidas, respectivamente, pelos prof. Andre Fabio e Severo), por ser frequentemente adotado, como livro texto, nos cursos de engenharia de controle e modelagem de servos mecanismos.

O que se pretende relembrar/abordar são os processos de criação e representação gráfica dos sistemas físicos e os vínculos destes com as leis físicas que os governam (p. ex. Leis de Newton, leis de Kirchoof, etc.). Relembrar também a vantagem e a possibilidade de transcrever os modelos físicos em modelos matemáticos, utilizando equações diferenciais, e posteriormente utilizar métodos de simplificação (como por exemplo, a transformada de Laplace) para reduzir os arranjos matemáticos daquelas equações (a transformada de Laplace não é utilizada na modelagem da dinâmica de sistemas. Ela é mencionada neste anexo para evidenciar que há processos efetivos de simplificação de modelos). Faz-se também considerações sobre como modelar e simular sistemas, com o objetivo de estabelecer um vínculo com a modelagem *System Dynamics* (SD).

Sistemas de controle:

Conforme explicado por Ogata (2000) controle automático de sistemas é uma atividade da engenharia cada vez mais aplicada às tarefas que envolvem, por exemplo, controle de processos industriais e de manufatura, guiagem de mísseis, controle e atitude de aeronaves, controle de sistemas robóticos, etc. Os conceitos e ferramentas utilizados para modelar e controlar os sistemas complexos modernos não estão restritos somente à área de engenharia, mas podem ser aplicados a outras áreas do conhecimento, como por exemplo, a economia, a sociologia, a saúde, ao meio ambiente, etc.

Os primeiros trabalhos sobre o controle automático de máquinas a valor datam do século XVIII, porém, foi em 1922 que Minorsky idealizou um controlador automático para pilotar navios, que utilizava equações diferenciais para representá-lo. Desde então, a teoria de controle vem evoluindo e atualmente se aplica ao controle ótimo de sistemas determinísticos e estocásticos, ao controle adaptativo, ao controle de aprendizado, ao controle robusto ao controle H_∞ ⁶⁴ e outras técnicas de controle não linear.

Ainda segundo Ogata (2000), a teoria de controle moderna foi concebida na década de 60 como uma nova forma de analisar e projetar sistemas de controle mais complexos. O cenário de desenvolvimento e proposta da nova teoria de controle considerou o aumento de complexidade dos sistemas de engenharia, o aumento de exigência de precisão no cumprimento de requisitos de projeto e a facilidade de acesso a recursos computacionais, para propor uma nova forma de analisar e projetar sistemas complexos. Essa nova abordagem utilizava os conceitos de “estado” e “variável estado” para representar tais sistemas.

As técnicas aplicadas na teoria de controle se dividem basicamente em dois grupos: (1) Controle Clássico e (2) Controle Moderno.

Segundo Ogata (2000, p. 1 e 58), o controle clássico se aplica a sistemas lineares, invariantes no tempo e monovariáveis (apenas uma entrada e uma saída). Existem duas técnicas utilizadas para analisar sistemas usando o controle clássico, o método de resposta em frequência, e o método de lugar das raízes, ver detalhes, respectivamente, nos capítulos 9 e 6 de Ogata (2000).

O Controle moderno se aplica a sistemas mais complexos que consideram entradas e saídas múltiplas, lineares ou não lineares, variantes ou invariantes com o tempo. A teoria de controle moderno baseia-se em representações em

⁶⁴ H_∞ : (Formulação por espaço de estado infinitas dimensões). Método utilizado pela teoria de controle para otimizar e estabilizar sistemas, considerando forças exógenas e endógenas. (ref: BARBU, V.; SRITHARAN, S. S. H_∞ -control theory of fluid dynamics. In: **Proceedings of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences**. The Royal Society, 1998. p. 3009-3033.)

“espaços de estado” e “variáveis de estado” para descrever os sistemas (CHEN, 1984, citado por BITENCOURT JÚNIOR 2003).

As variáveis de estado, de um sistema dinâmico, constituem o menor conjunto de variáveis que, quando conhecidas em um determinado instante, determinam completamente o comportamento do sistema nos instantes futuros, desde que as entradas sejam conhecidas em todos esses instantes (OGATA, 2000 p. 1 e 58).

Conforme mencionado por Bitencourt Júnior (2003) para se modelar um sistema, não é necessário que as variáveis de estado sejam fisicamente mensuráveis. Na prática existem casos onde não se podem medir diretamente todas essas variáveis. Porém, existem modelos onde os processos de controle requerem o conhecimento completo de todos os espaços de estado do sistema que se está estudando. Nesses casos surge a necessidade de se estimar as variáveis que não puderam ser medidas. O trabalho de controle se resume a identificar e estimar estas variáveis e controlar sua ação no sistema que se deseja controlar.

Detalhes sobre estimadores de estado, como por exemplo, “estimadores recursivos” e “filtros de Kalman” estão além do propósito de revisão deste anexo e pode ser encontrados em referências como Bitencourt Júnior (2003), Aguirre (2004) e Ogata (2000).

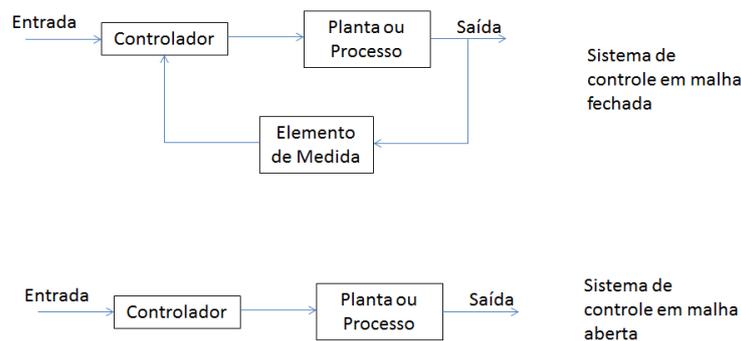
Sistema de controle em malha aberta e em malha fechada (recursivo).

Sistemas dinâmicos são sistemas cujo comportamento se altera em função do tempo, em decorrência de um estímulo interno ou externo (ASTROM; MURRAY, 2010).

A Figura C.1 mostra um sistema simples de controle em malha fechada (realimentado/recursivo) e outro sistema em malha aberta. No sistema em malha fechada, a saída (ou um valor de referência da saída) é realimentada na entrada para controlar a planta (ou o processo). No caso dos sistemas em malha aberta não há essa realimentação e a planta é controlada com valores de referência previamente estabelecidos. Supondo que os dois sistemas, da

Figura C.1, estejam funcionando de forma estável e distúrbios ocorram na entrada destes sistemas, o sistema em malha fechada seria capaz de detectar estas variações e corrigi-las, mantendo a estabilidade do sistema, ao passo que o sistema em malha aberta só poderia contar com a robustez de sua planta (ou processo) para absorver tais distúrbios e manter a estabilidade da planta (OGATA, 2000).

Figura C.1 - Sist. de controle: em malha fechada (recursivo/realimentado) e em malha aberta.



Fonte: Adaptado de Ogata (1982, p. 4).

Sistema de controle em malha fechada (sistema causal):

Um sistema em malha fechada é aquele no qual o sinal de saída possui um efeito direto na ação de controle, ou seja, são sistemas de controle realimentados.

Existem vantagens e desvantagens ao se modelar um sistema usando controles em malhas abertas ou fechadas. Segundo Ogata (2000), do ponto de vista de estabilidade, é mais fácil construir o sistema de controle em malha aberta. Ainda segundo o autor, é aconselhável usar controles em malha aberta em sistemas onde as entradas são conhecidas antecipadamente no tempo e nos quais não há distúrbios.

Sistema de controle em malha aberta.

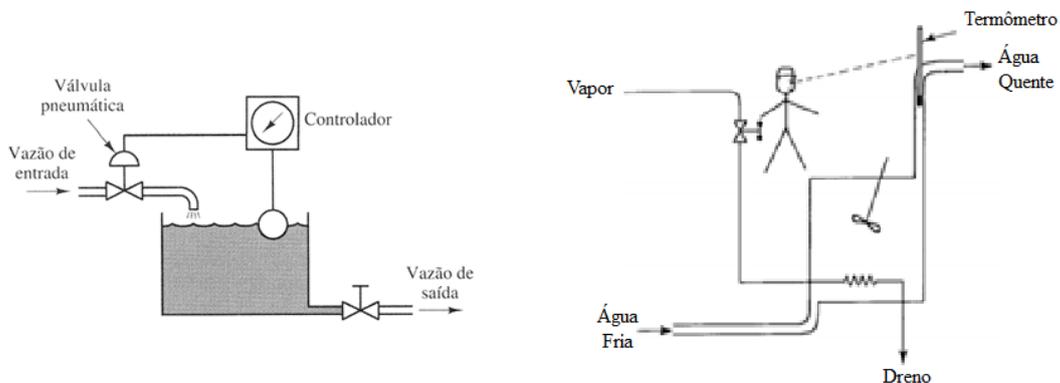
São sistemas de controle nos quais a saída não tem efeito na ação de controle. Neste tipo de sistema a saída não é medida nem é realimentada, para comparação com a entrada. Consequentemente a cada entrada de referência

diferente o sistema deverá ser “calibrado” para funcionar corretamente (manter-se estável).

A título de exemplo pode-se dizer que, qualquer sistema de controle que opere em uma base de tempo é de malha aberta. Por exemplo, um controle de tráfego por meio de sinais, operados em base de tempo. Se, entretanto, o número de carros parados em cada sinal de trânsito, de uma área congestionada, for medido continuamente e informado ao elemento controlador dos sinais de trânsito (influenciando na sua ação), então o sistema passará a atuar como uma malha fechada (OGATA, 2000).

A Figura C.2 mostra dois tipos de sistema de controle em malha fechada. À esquerda, observa-se um controlador automático de nível e à direita um controlador manual de um sistema térmico. A Figura C.3 mostra o “diagrama de blocos” dos dois sistemas de controle vistos na Figura C.2. À esquerda um controle automático e à direita, um dispositivo, semelhante, porém, operado por um controlador manual.

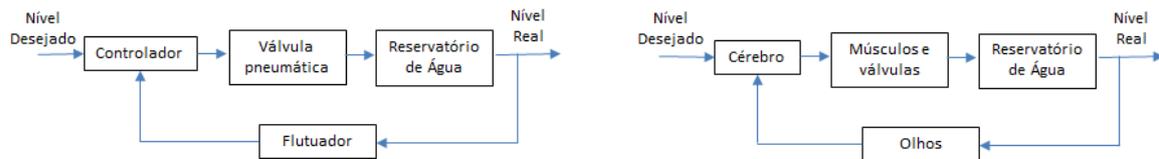
Figura C.2 - Exemplos de sistemas de controle em malha fechada.



Obs.: À esquerda o controle é automático e à direita o controle é manual.

Fonte: Ogata (2000, p. 8) e Ogata (1982, p. 5).

Figura C.3 - Diagrama de blocos dos sistemas de controle vistos na Figura C.2.



Obs.: À esquerda o controle é automático e à direita o controle é manual.

Fonte: Ogata (2000, p. 8) e Ogata (1982, p. 5).

Planta ou processo:

É a parte do sistema que deve ser controlada. Essa parte do sistema de controle pode ser; um equipamento, um conjunto de itens de um determinado processo, um subsistema (de um sistema maior), um processo de crescimento urbano, um processo de contágio e disseminação de doenças, um processo biológico, um processo químico, um processo econômico, etc. Outra observação importante é que antes de ser controlada, a planta precisa ser modelada, ou seja, a planta precisa passar por uma modelagem física e matemática para facilitar sua análise e simulação (OGATA, 2000).

O processo de modelagem da planta (ou da situação que se deseja estudar) é o que de fato se exercita quando se emprega a metodologia *System Dynamics* (SD).

Sistema:

É uma combinação de componentes que atuam em conjunto e realizam alguma tarefa. O sistema não está limitado a algo físico. O conceito de sistema pode ser aplicado a fenômenos abstratos, dinâmicos, como por exemplo, aqueles encontrados na economia, na sociologia, na biologia, etc. (OGATA, 2000).

Como teoria geral de sistemas faz parte dos fundamentos da metodologia *System Dynamics* (SD) faz-se no Anexo B uma sucinta revisão deste tema.

Distúrbio:

É uma perturbação que afeta o valor de saída do sistema. Os distúrbios podem ser gerados internamente ou externamente ao sistema. Quando a planta é excitada por distúrbios, esses distúrbios devem ser moldados como sinais de entrada no sistema.

Existem distúrbios previsíveis e imprevisíveis em sistemas de controle. Perturbações conhecidas ou previsíveis podem ser sempre compensadas no sistema, ao passo que, distúrbios imprevisíveis exigem a utilização de dispositivos de controle, como por exemplo, preditores para se corrigir possíveis oscilações na planta.

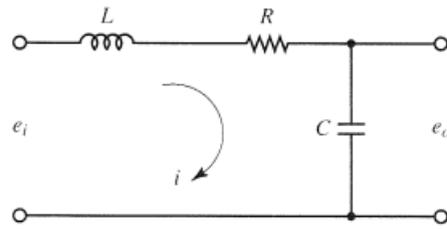
Modelos Matemáticos de sistemas físicos e equações diferenciais.

Conforme explicado por Ogata (2000) a maioria dos sistemas dinâmicos, independente de serem, mecânicos elétricos, térmicos, hidráulicos, econômicos, biológicos, etc., podem ser caracterizados por “equações diferenciais”. A resposta de um sistema dinâmico, a uma determinada entrada (ou função de excitação), pode ser obtida se essas equações diferenciais são resolvidas. As equações diferenciais são obtidas utilizando as leis físicas, que governam o sistema em análise, por exemplo, as leis de Newton, para sistemas mecânicos, as leis de Kirchhoff para sistemas elétricos, etc.

A descrição matemática das características dinâmicas de um sistema é denominada “modelo matemático” sendo que sua obtenção é o primeiro e mais importante passo no processo de análise de um sistema dinâmico.

A Figura C.4 mostra um exemplo de descrição matemática de um circuito físico (um circuito elétrico). Neste exemplo, o circuito é constituído por uma indutância “L” uma resistência “R” e uma capacitância “C”. Aplicando-se a lei de Kirchoof ao sistema têm-se as equações diferencial e integral A-1 e A-2 que representam o “modelo matemático” do sistema.

Figura C.4 - Circuito elétrico Resistivo (R) Indutivo (L) e Capacitivo (C).



Fonte: Ogata (2000, p. 73).

$$L \frac{di}{dt} + Ri + \frac{1}{C} \int i dt = e_i \quad \text{Eq (A-1)}$$

$$\frac{1}{C} \int i dt = e_o \quad \text{Eq (A-2)}$$

Procedimento para a construção de um diagrama de blocos de um circuito elétrico (RC).

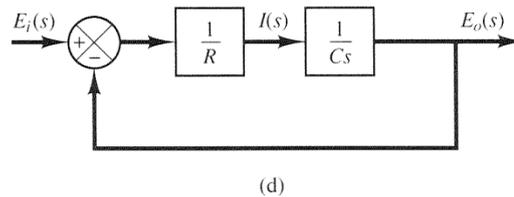
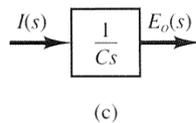
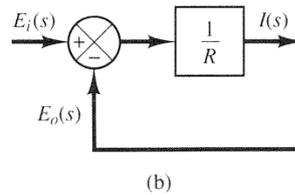
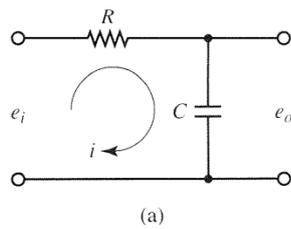
Ogata (2000) descreve como se deve proceder para construir o diagrama em blocos de um circuito elétrico (resistivo e capacitivo) conforme aquele mostrado na Figura C.5 a seguir. Em primeiro lugar devem-se escrever as equações que descrevem o comportamento dinâmico de cada componente do sistema (Eq: A-3 e A-4). Em seguida faz-se a Transformada de Laplace (que tem o objetivo de simplificar a representação deste sistema) dessas equações, produzindo as equações (Eq: A-5 e A-6), supondo condições iniciais nulas. Em seguida representa-se individualmente, em forma de blocos, cada equação da transformada de Laplace. Finalmente reúnem-se os elementos em um diagrama de blocos completo.

Figura C.5 - Modelagem de um circuito RC.

(a) Circuito RC; (b) diagrama em blocos, representado pela equação (Eq:A-5); (c) diagrama em blocos representado pela equação (Eq:A-6); (d) diagrama em blocos completo do circuito RC.

$$(Eq: A-3) \quad i = \frac{e_i - e_o}{R} \xrightarrow{\text{T. Laplace}} I(s) = \frac{E_i(s) - E_o(s)}{R} \quad (Eq: A-5)$$

$$(Eq: A-4) \quad e_o = \frac{\int i dt}{C} \xrightarrow{\text{T. Laplace}} E_o(s) = \frac{I(s)}{Cs} \quad (Eq: A-6)$$



Fonte: Ogata (2000, p. 56).

A equação Eq:A-5 representa uma operação de soma e o diagrama de blocos correspondente é mostrado na Figura C.5(b). A equação Eq:A-6 representa uma divisão e correspondente ao diagrama de blocos da Figura C.5(c). Reunindo-se esses dois elementos obtêm-se o diagrama em blocos global do sistema, mostrado na Figura C.5(d).

Para ver um exemplo de simulação de um circuito RC olhar o item “Modelo de um circuito elétrico” no texto principal (item 4.7.1).

Simplicidade e precisão:

Durante o processo de obtenção de um modelo matemático de um sistema, deve-se estabelecer um compromisso entre a simplicidade do modelo e a precisão dos resultados que se pretende estudar. Ogata (2000) esclarece que a rapidez com a qual os computadores atuais podem desempenhar funções aritméticas, permite que se desenvolva modelos matemáticos com centenas de

equações matemáticas, capazes de representar o sistema físico “quase que completamente”. Porém, em sistemas onde não se exige uma precisão extrema é aconselhável que se inicie o processo de modelagem, utilizando modelos mais simplificados. Ogata alerta ainda que; ao se optar por modelos simplificados, certas propriedades físicas do sistema em análise são ignoradas, por exemplo, quando se deseja trabalhar com sistemas lineares e se despreza certas não linearidades inerentes ao sistema. O autor enfatiza que; se os efeitos que as propriedades ignoradas apresentarem, na resposta do sistema, forem pequenos (desprezíveis) haverá uma forte correlação entre “os resultados de análise do modelo matemático” e “os resultados observados no sistema físico” o que conferirá validade⁶⁵ ao modelo.

Ogata (2000) também salienta que na solução de um novo problema é sempre desejável construir, inicialmente, um modelo simplificado, de modo a se adquirir um conhecimento, básico e geral, sobre a modelagem e sobre a solução do problema. Um modelo matemático mais completo poderá ser elaborado posteriormente para se fazer uma análise mais detalhada.

Sistemas lineares:

Sistemas lineares são aqueles nos quais as equações diferenciais do modelo matemático são lineares. A resposta desses sistemas a várias entradas diferentes pode ser obtida excitando-se o sistema com uma entrada de cada vez e posteriormente, somando-se as respostas individuais obtidas (princípio da superposição). Este princípio permite que se representem sistemas complexos por meio de equações diferenciais lineares, cujas soluções são mais simples (OGATA, 2000).

65 Teste de Verificação e Validação (V&V):

Verificação: tem objetivo de assegurar a consistência, completude e corretude do produto que se está desenvolvendo, em cada fase e entre fases consecutivas do ciclo de vida do produto (na verificação se procura responder a seguinte pergunta: Estamos construindo corretamente o produto?); **Validação:** tem o objetivo de assegurar que o produto final corresponda aos requisitos do usuário (na validação se procura responder a seguinte pergunta: Estamos construindo o produto certo?). Na validação se compara o resultado da simulação com o resultado real do sistema. **Teste:** Examina o comportamento do produto por meio de sua execução. (Ref.: Introdução a Verificação, Validação e Teste de Software, Ricardo A. Ramos, Engenharia de Software I, 2012.LABS –ICMC-USP).

Sistemas não lineares:

São sistemas nos quais o princípio da superposição não se aplica, eles são representados por equações não lineares como, por exemplo, as equações Eq. A-7, A-8 e A-9 ou por equações diferenciais não lineares como, por exemplo, Eq. A-10, A-11 e A-12.

$$y = \text{sen } x \quad \text{Eq. (A-7)}$$

$$y = x^2 \quad \text{Eq. (A-8)}$$

$$z = x^2 + y^2 \quad \text{Eq. (A-9)}$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + x = A \text{ sen } wt \quad \text{Eq. (A-10)}$$

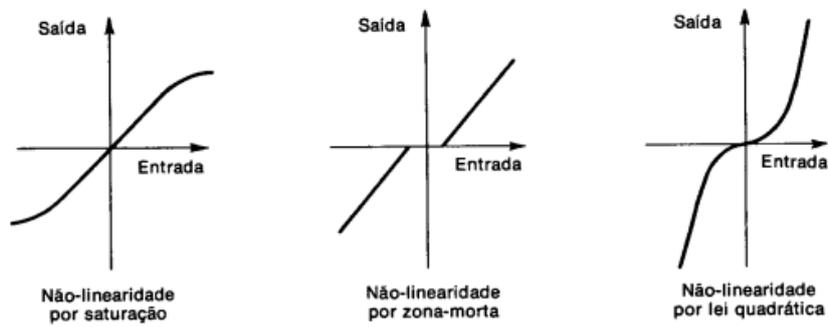
$$\frac{d^2x}{dt^2} + (x^2 - 1)\frac{dx}{dt} + x = 0 \quad \text{Eq. (A-11)}$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{dx}{dt} + x + x^3 = 0 \quad \text{Eq. (A-12)}$$

Ainda segundo Ogata (2000), embora muitas relações físicas sejam representadas por equações lineares, as “relações reais” que estas equações tentam representar não são exatamente lineares. O autor esclarece que na prática muitos sistemas envolvem relações não lineares entre as variáveis que os representam. Nessas circunstâncias, um dos artifícios utilizados, para representar sistemas não lineares, usando equações lineares, é considerar que essas equações são de fato representativas do sistema, apenas em determinadas faixas de operação. Para alguns casos específicos este tipo de abordagem pode ser útil e às vezes suficiente.

Os sistemas de controle reais são sempre não lineares. A Figura C.6 mostra exemplos de respostas não lineares (com intervalos de linearidade) produzidas por alguns sistemas.

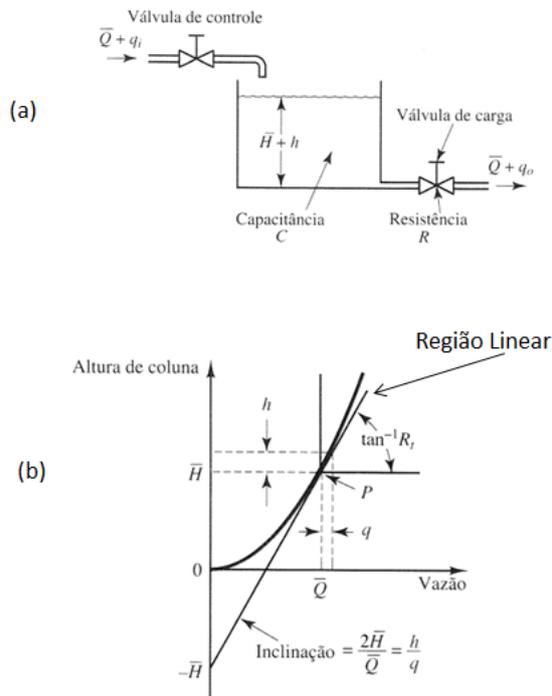
Figura C.6 - Exemplos de respostas não lineares de alguns sistemas.



Fonte: Ogata (2000, p. 49).

Como exemplo de simplificação de modelagem ou ainda como exemplo de como iniciar um processo de modelagem de um sistema, pode-se utilizar o sistema da Figura C.7. A Figura C.7(a) mostra a modelagem física do sistema de enchimento e dreno de uma caixa de água e a Figura C.7(b) mostra sua curva característica, relacionando a altura do nível de água (estoque de água) com o fluxo de água. Na Figura C.7(b), a região de comportamento linear do sistema cuja representação matemática é mais simples de ser feita (OGATA 2000, p. 77). Pode-se utilizar essa região de comportamento linear para iniciar o processo de modelagem do sistema.

Figura C.7 - (a) Sistema de nível de líquido; (b) Curva de altura do nível do reservatório pela vazão.



\bar{Q} = Valor de vazão
 q_i = Desvio da vazão de entrada
 q_o = Desvio da vazão de saída
 \bar{H} = Altura do nível do reservatório
 h = desvio da altura do nível do reservatório
 C = Capacitância do reservatório
 R = Resistência ao fluxo de líquido

Fonte: Ogata (2000 p. 77).

Função de Transferência:

A função de transferência é uma expressão matemática que relaciona a saída e a entrada de um sistema linear em termos dos parâmetros que o descreve (OGATA, 2000). Ela independe da entrada, ou seja, da excitação que se imprime ao sistema. O conceito “função de transferência” aplica-se somente a sistemas lineares invariantes no tempo, embora possa ser estendido a certos sistemas não lineares (ver detalhes nos capítulos 3 e 11 de OGATA, 2000,). A função de transferência inclui as unidades necessárias para relacionar a saída à entrada de um sistema, porém, não fornece qualquer informação relativa à estrutura física do sistema.

Semelhança na modelagem de sistemas (sistemas análogos).

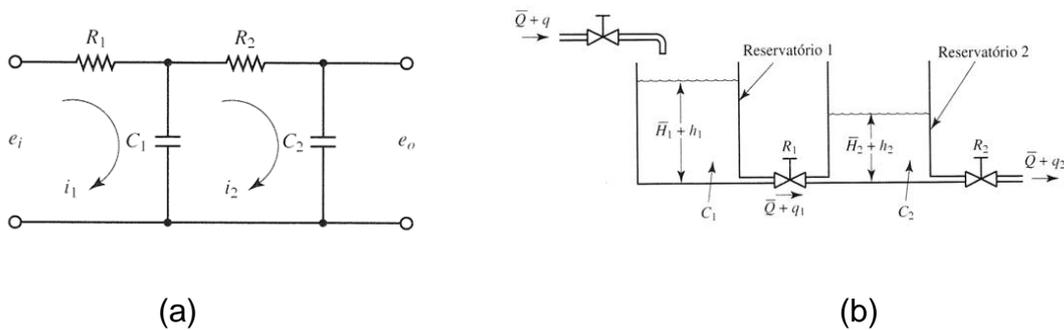
Sistemas físicos diferentes (elétricos, mecânicos, econômicos, etc.) podem empregar formas de modelagem semelhantes ou até podem ser representados pela mesma função de transferência (OGATA, 1982 p. 88). O autor explica que o conceito de sistemas análogos é muito útil na prática, pois, permite que

determinados tipos de sistemas sejam representados por seus equivalentes, mais fáceis de serem manuseados experimentalmente. Por exemplo, as Figuras C-8 (a) e (b) mostram, respectivamente, um sistema elétrico (Resistivo e Capacitivo em cascata) e um sistema de fluxo e nível de líquidos (com interação) cujas funções de transferência (transcritas utilizando a transformada de Laplace) são idênticas, equação A-13 [OGATA 2000, eq. 3.66 (p. 75) e eq. 3.74 (p. 80)]. No caso dos sistemas de nível de líquido com interação a variável capacitância “C” e resistência “R” descrevem as características dinâmicas do sistema e referem-se respectivamente a capacidade de armazenamento do reservatório e a resistência à vazão do líquido. No caso do circuito elétrico “RC” em cascata, a variável capacitância “C” e resistência “R” descrevem os elementos físicos do sistema. A semelhança física dos dois sistemas está no fato de que, em ambos, a primeira parte do sistema (R_1C_1) recebe uma “carga” que posteriormente é “descarregada” na segunda parte do sistema (R_2C_2).

Essa identidade, observada no processo de modelagem, pode transcender a área de engenharia e ser aplicada a outras áreas do conhecimento, como por exemplo, a economia, a administração, a saúde, etc.

Figura C.8 - Exemplo de sistema com mesma função de transferência.

(a) Sistema elétrico (Resistivo e Capacitivo) e (b) Sistema de nível de líquidos.



Fonte: Ogata (2000 p. 80 e 75).

$$\frac{Q_2(s)}{Q(s)} = \frac{E_0(s)}{E_i(s)} = \frac{1}{R_1 C_1 R_2 C_2 s^2 + (R_1 C_1 + R_2 C_2 + R_2 C_1) s + 1} \quad \text{Eq. (A-13)}$$

A transformada de Laplace.

A Transformada de Laplace é um método utilizado para solucionar equações diferenciais lineares. Ele converte funções comuns tais como, funções senoidais e exponenciais em funções algébricas que utilizam a variável “s”. Operações como derivação e integração também podem ser “simplificadas” e substituídas por operações algébricas no plano complexo. Operações de translação no tempo (p. ex. atrasos) podem ser simplificadas usando um produto exponencial. Uma das principais vantagens da utilização do método de transformada de Laplace é que ele permite o uso de técnicas gráficas para prever o desempenho de um sistema sem a necessidade de resolver as equações diferenciais que o descrevem (OGATA, 2000 p. 10).

A transformada de Laplace não é utilizada na metodologia SD, ela é citada aqui para evidenciar as possibilidades de simplificação na fase de modelagem e conseqüentemente na fase de simulação dos sistemas.

Outra observação importante é que os recursos computacionais atuais oferecem softwares dedicados, como por exemplo, o MATLAB, o VENSIM, etc. (que em última análise são integradores diferenciais) que ajudam o projetista no processo de simulação (e solução das equações diferenciais) dos sistemas projetados.

Estado:

O estado de um sistema dinâmico é definido como o menor conjunto de valores de variáveis (chamadas de variáveis de estado) de tal modo que o conhecimento destes valores em $t = t_0$, junto com o conhecimento dos valores dos sinais de entrada para $t \geq t_0$, determina completamente o comportamento do sistema em qualquer instante $t \geq t_0$. O conceito de estado não está limitado aos sistemas físicos, ele se aplica igualmente aos sistemas biológicos, econômicos, sociais e outros (OGATA, 2000).

Variáveis de estado.

Variáveis de estado de um sistema dinâmico são grandezas cujos “conjunto de valores” determina o estado do sistema. As variáveis de estado não precisam

ser grandezas físicas mensuráveis ou observáveis. Essa liberdade na escolha de variáveis de estado é uma vantagem dos métodos de modelamento que utilizam espaços de estado para representar sistemas (OGATA, 2000).

Quando se modela um sistema usando variáveis de estado estas variáveis devem traduzir os quantitativos que representam o sistema. Por exemplo, ao se modelar um corpo em movimento as variáveis de estado devem ser a “velocidade” e a “posição” em função do tempo. Ao se modelar a dinâmica de uma população as variáveis de estado podem ser, por exemplo, representadas pelo número de pessoas existentes, as que nascem, as que morrem e as que migram.

Os modelos de espaço de estado são utilizados para prever a evolução do estado do sistema diante de uma determinada condição (ASTROM; MURRAY, 2010).

Espaço de estado:

É o espaço n -dimensional cujos eixos coordenados consistem dos eixos x_1, x_2, \dots, x_n . Qualquer estado pode ser representado por um ponto no espaço de estado (OGATA, 2000).

Equações no espaço de estado.

O estado de um sistema dinâmico é escrito como um conjunto de variáveis que caracteriza completamente o movimento deste sistema, com a finalidade de prever movimentos futuros. No caso de um sistema planetário os estados são as posições e as velocidades dos planetas cujo conjunto de todos os espaços possíveis é chamado de espaço de estado (ASTROM; MURRAY, 2010). De forma análoga, um sistema econômico, financeiro, de saúde, de manejo de recursos, etc. poderão ser mapeados utilizando o mesmo princípio.

A modelagem da dinâmica de sistemas utilizando os conceitos de espaço de estado envolve três tipos de variáveis: variáveis de entrada, variáveis de saída e variáveis de estado. A representação da dinâmica de sistemas envolve elementos que “memorizem” os valores de excitação do sistema.

Uma vez que os “integradores” atuam nos sistemas de controle, contínuo no tempo, como “dispositivos de memória”, os sinais de saída destes integradores podem ser considerados como os valores das variáveis que definem o estado interno do sistema dinâmico. Assim, as variáveis de saída dos integradores servem como variáveis de estado. O número de variáveis de estado necessárias para a definição completa, da dinâmica de um sistema, é igual ao número de integradores envolvidos no sistema (OGATA, 2000).

Modelos determinísticos e modelos estocásticos:

Conforme explicado por Aguirre (2000, citado por BITENCOURT JÚNIOR, 2003) modelos determinísticos são aqueles nos quais não são modeladas incertezas de nenhuma natureza ao passo que nos modelos estocásticos as incertezas são modeladas na forma de variáveis aleatórias.

Segundo Bitencourt Júnior (2003), quando se deseja investigar o comportamento de um sistema real, observando como ele responde a determinados tipos de entrada, é importante que se desenvolva um modelo matemático que represente adequadamente alguns aspectos deste sistema. Essa modelagem pode ser feita utilizando-se técnicas de análise e processos determinísticos ou estocásticos produzindo respectivamente modelos determinísticos ou estocásticos.

Nos modelos determinísticos não há termos referentes a fontes de incerteza tornando-os mais simples, porém, menos representativos dos sistemas reais (MAYBECK, 1979 citado por BITENCOURT JÚNIOR, 2003).

Aspectos da Identificação de Sistemas

Conforme explicado por CORRÊA (1997) os modelos matemáticos gerados por meio da identificação de sistemas podem ser divididos em:

- modelos entrada-saída;
- modelos em espaço de estados.

Os modelos de entrada-saída descrevem a saída $y(t)$ do sistema em função da entrada $x(t)$. Esses modelos não possuem nenhuma informação das variáveis internas do sistema.

Outra observação importante feita por Corrêa (1997) é a de que, na modelagem por entrada e saída, os dados de identificação do sistema são obtidos medindo-se simultaneamente a resposta do sistema a uma determinada excitação, predeterminada, de entrada. A qualidade do modelo obtida com essa técnica está intimamente ligada à característica do sinal de excitação de tal forma que o modelo obtido retratará somente as características do sistema que tiverem sido excitadas pelo sinal de entrada. Apesar de útil essa técnica pode produzir modelos específicos (dedicados) ou menos fieis às características reais do sistema.

Já os modelos em espaço de estados permitem analisar o comportamento das variáveis internas do sistema para uma dada região de operação.

Exemplos de sistemas de controle:

Ogata (2000) contém uma série de exemplos ricamente detalhada de sistemas elétricos, hidráulicos, térmicos, etc. Faz-se a seguir um breve relato de alguns sistemas igualmente modeláveis e controláveis, porém, aplicados a outras áreas do conhecimento que permitem fazer um vínculo mais direto com a metodologia *System Dynamics* (SD) idealizada por Forrester.

Sistemas econômicos:

Conforme explicado por Astrom; Murray (2010), a economia é um sistema grande, dinâmico com muitos atores, por exemplo, governos, organizações, empresas e indivíduos. Neste sistema, os governos controlam a economia através de leis e impostos, controlam os bancos centrais através da fixação das taxas de juro e controlam as empresas fazendo investimentos e fixando preços. Os indivíduos também interferem neste modelo econômico, através das compras, das poupanças e dos investimentos que realizam.

Ainda segundo Astrom; Murray (2010), existe um considerável esforço para se modelar sistemas econômicos, tanto no nível macro quanto no nível micro,

porém, esta modelagem não é trivial visto que o sistema é fortemente influenciado pelos comportamentos de seus diferentes atores.

Como exemplo desses esforços de modelagem, Astrom; Murray (2010) citam os trabalhos de Keynes (1936) que desenvolveu um modelo simples para entender as relações entre o produto interno bruto (PIB), o investimento, o consumo e os gastos governamentais de um país. Um das conclusões de Keynes foi que, sob certas condições, por exemplo, durante a depressão de 1930, um aumento de investimento nos gastos governamentais poderia refletir positivamente no PIB. Essa ideia tem sido usada por vários governos para tentar aliviar cenários econômicos de depressão.

Astrom; Murray (2010) citam ainda outros exemplos de modelagem, aplicados a sistemas econômicos, idealizados por economistas que receberam prêmios internacionais, como por exemplo; “Paul A. Samuelson” que recebeu o prêmio Nobel de economia em 1970 pelo o trabalho científico sobre a “teoria econômica estática e dinâmica” que tem contribuído para melhorar o nível de análise nas ciências econômicas. Outro exemplo é o de “Lawrence Klein” que recebeu o mesmo prêmio, em 1980, pelo desenvolvimento de grandes modelos dinâmicos com múltiplos parâmetros que utilizam dados históricos (KLEIN; GOLDBERGER, 1955). Esses modelos foram utilizados para modelar a economia norte americana no período 1929-1952.

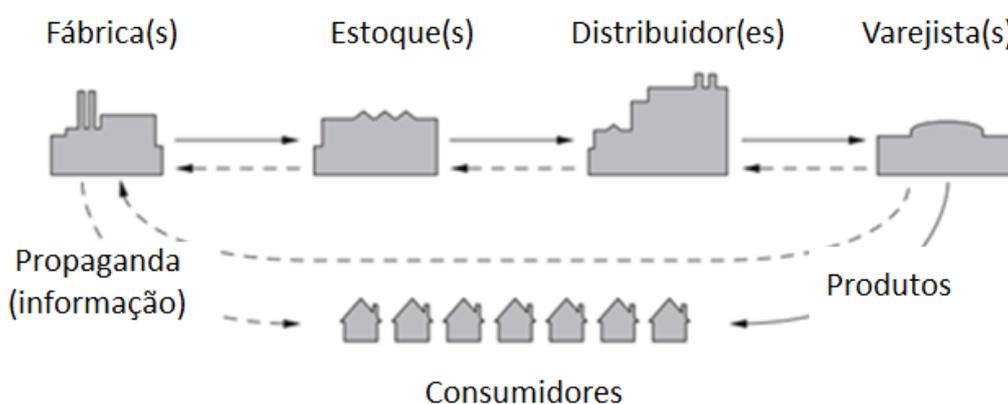
Ainda segundo Astrom; Murray (2010), outros pesquisadores modelaram outros países e outros períodos econômicos. Em 1997, “Myron Scholes” dividiu o prêmio Nobel com “Robert Merton” pelo proposta de um novo método para determinar o valor dos derivativos nas transações financeiras. Este é um ingrediente chave no modelamento dinâmico da variação dos preços das ações, sendo amplamente utilizado por bancos e investidores.

Em 2004 e “Finn Kydland e Edward C. Prescott” também compartilharam o prêmio de economia por suas contribuições à macroeconomia dinâmica, demonstrando a consistência temporal existente entre a política econômica e os drives de força contidos nos ciclos de negócios, um tópico que, segundo

Astrom; Murray (2010), está claramente relacionado com os conceitos da dinâmica e controle.

Astrom; Murray (2010) salientam também que, uma das razões pelas quais é difícil modelar sistemas econômicos é o fato de que não existem leis de conservação para aqueles sistemas. Um exemplo típico é o caso da atribuição de valor a uma empresa, utilizando como referência suas ações. Neste processo de valoração, o valor das empresas pode mudar rapidamente e de forma irregular. Conforme explicado Astrom; Murray (2010) existe, no entanto, algumas áreas dentro da economia com leis de conservação que permitem a modelagem de alguns segmentos da economia. Um desses exemplos é o “controle de estoque” utilizando o fluxo de informações e o fluxo de produtos a partir de um fabricante até o varejista, tal como ilustrado na Figura C.9 (linhas pontilhadas e contínuas). Nessa forma de modelagem, os produtos são grandezas físicas que obedecem a uma lei de conservação, e o sistema pode ser modelado pelo número de produtos nos diferentes estoques. Os autores salientam que existem benefícios econômicos consideráveis no controle da cadeia de suprimentos de uma organização, de tal forma que é possível garantir que os produtos sejam devidamente disponibilizados aos clientes e simultaneamente se consiga minimizar os custos de manutenção dos estoques.

Figura C.9 - Cadeia de Suprimento Dinâmica (Controle de Estoques).



Fonte: Astrom; Murray (2010).

Astrom; Murray (2010) mencionam que os verdadeiros problemas, deste tipo de sistema (cadeia de suprimento dinâmica), são mais complexos do que o indicado na Figura C.9, visto que, um dos cenários possíveis é o de que pode

haver muitos produtos diferentes, diferentes fabricantes, que estão distribuídos em regiões geográficas diferentes e que por sua vez podem utilizar outras cadeias de suprimentos. Um cenário com múltiplos feedback-loops onde cada agente tenta controlar seu nível de estoque.

Controlar as cadeias de suprimento foi proposto inicialmente por Forrester (FORRESTER, 1961) que alertava para os benefícios econômicos que poderiam ser obtidos empregando-se os modelos de minimização de estoques. O uso desses modelos foi acelerado consideravelmente quando a tecnologia da informação foi aplicado para prever as vendas, manter o controle de produtos e permitir a produção *just-in-time*. Neste contexto, a atividade de “*Supply Chain Management*” tem contribuído de maneira significativa para o sucesso crescente dos distribuidores globais.

Sistema de controle de estoques:

Na produção industrial, a taxa de produção e o nível de estoques é um exemplo de sistema de controle em malha fechada. Nesses casos o nível de estoque real (que é a saída do sistema) é comparada com o nível de estoque desejado (que pode variar em função do mercado). Se houver diferenças entre os níveis de estoque “real” e “desejado” a taxa de produção é ajustada de modo a minimizar o erro (tornando o estoque real próximo do ideal) e maximizar os lucros. Existem trabalhos clássicos sobre o comportamento do mercado, como por exemplo, “*Market Growth as Influence by Capital Investment by Forrester, 1958*”, onde o autor faz uma análise detalhada sobre o crescimento do mercado. No texto principal, desta monografia, reproduz-se o modelo de crescimento de mercado conforme foi proposto por Forrester em 1958 (ver item 4.7.2).

Sistema de controle empresarial / comercial:

Ogata (2000) menciona que um sistema de controle comercial geralmente envolve muitos grupos, onde cada tarefa, designada a um grupo, representa um elemento “dinâmico” do sistema. Métodos de realimentação (*feedbacks*), com relatos sobre as tarefas de cada grupo, devem ser estabelecidos a fim de se obter uma operação eficiente do sistema. O inter-relacionamento entre

grupos funcionais deve ser conhecido e minimizado de modo a diminuir os “atrasos” indesejados no sistema.

Um sistema comercial é um sistema de malha fechada e um bom projeto de controle, para este tipo de sistema, deve diminuir as tarefas de controle administrativo. Os distúrbios neste tipo de sistemas estão geralmente relacionados à carência de mão de obra e de matéria prima, à interrupção nas comunicações e aos erros humanos. O estabelecimento de um sistema de estimação bem fundamentado, baseado em dados estatísticos é imperativo para uma administração otimizada destes sistemas. É um fato bem conhecido que o desempenho desses sistemas pode ser melhorado pelo uso de estratégias de “*lead time*” ou “antecipação”. Ogata (2000) salienta que para aplicar a teoria de controle, a fim de melhorar o desempenho deste tipo de sistema, deve-se representar as características dinâmicas dos grupos que compõem o sistema, utilizando um conjunto de equações matemáticas simples.

Modelagem de sistemas dinâmicos.

Conforme explicado por Astrom; Murray (2010) um modelo é uma representação matemática de um sistema físico, biológico, econômico ou de informações. Modelos nos permitem raciocinar sobre um sistema e fazer previsões sobre seu comportamento sobre a dinâmica de seu funcionamento.

Ainda segundo Astrom; Murray (2010), um sistema dinâmico é aquele em que os efeitos devido a determinadas ações (estímulos) não ocorrem imediatamente. Por exemplo, a velocidade de um carro não muda imediatamente quando o pedal do acelerador é acionado nem a temperatura ambiente se eleva instantaneamente quando um aquecedor é ligado.

Da mesma forma, uma dor de cabeça não desaparece logo após uma aspirina ser tomada, o que requer tempo para que ela faça efeito. Analogamente, em sistemas de negócios, o aumento de *budget* para um determinado projeto de desenvolvimento não aumenta as receitas, no curto prazo, embora possa fazê-lo, no longo prazo. Todos esses são exemplos de sistemas dinâmicos, nos quais o comportamento do sistema muda/evolui com o passar do tempo.

**ANEXO D - TUTORIAL: MODELANDO A DINÂMICA DOS SISTEMAS.
Como Iniciar os Estudos de Modelagem e Simulação da Dinâmica dos
Sistemas (Modelagem Dinâmica de Sistemas).**

O objetivo deste anexo é dar uma diretriz e um suporte inicial ao estudo sobre a abordagem/modelagem SD, diante do extenso universo de publicações existentes.

Para se ambientar com a Metodologia SD (M. SD) sugere-se a seguinte abordagem:

Primeiro; executar a simulação de um sistema simples para 1) ganhar intimidade com a potencialidade da metodologia e das ferramentas dedicadas que já existem no mercado e 2) entender que a modelagem de SD é intuitiva, tanto que, já existem iniciativas de ensiná-la à alunos do ensino fundamental e médio. Alguns estudiosos do tema acreditam que a complexidade dos sistemas contemporâneos exigirá dos especialistas em modelagem SD habilidades e modelos mentais multidisciplinares, assim, eles defendem a introdução do tema SD logo nos primórdios da educação infantil.

Segundo; consultar alguns sítios dedicados à simulação e à modelagem SD para conhecer algumas iniciativas já existentes sobre sua aplicação (p. ex. o MIT e a Univ. de Albany).

Todos os sítios da internet, mencionados neste anexo, foram acessados com sucesso em Janeiro de 2018.

Como iniciar a simulação de modelos.

Descreve-se a seguir 10 passos que podem auxiliar nos estudos iniciais sobre modelagem SD.

1º passo: Fazer o *download*, gratuito, do software Vensim⁶⁶ (ou outro software, de simulação de sistemas SD, disponível no mercado) e instalá-lo.

1.1– Assistir a dois exemplos de utilização do software Vensim e dos conceitos da metodologia SD.

Disponíveis em:

<https://www.youtube.com/watch?v=wzhORoE918I>.

<https://www.youtube.com/watch?v=AnTwZVviXyY&noredirect=1>

1.2 Ler o tutorial sobre a modelagem de um sistema de enchimento e dreno de uma banheira.

- SWEENEY, Linda Booth; STERMAN, John D. **Bathtub dynamics: initial results of a systems thinking inventory**. System Dynamics Review, v. 16, n. 4, p. 249-286, 2000.

Disponível em: <http://web.mit.edu/jsterman/www/Bathtub.pdf>

2º passo: ler um tutorial que mostre as funções iniciais do software de simulação. Por exemplo, o tutorial “Formulating Models of Simple Systems using Vensim PLE version 3.0B”. Disponível em <http://ocw.mit.edu/courses/sloan-school-of-management/15-988-system-dynamics-self-study-fall-1998-spring-1999/readings/formulating.pdf>.

3º passo: ler artigo “Vensim® PLE Quick Reference and Tutorial”

Este artigo traz uma rápida introdução sobre as principais funções usadas em simulação de SD. Disponível em

<http://www.public.asu.edu/~kirkwood/sysdyn/VenPLE.pdf>

4º passo: Fazer o *download* de um modelo pronto, carregá-lo no software Vensim e fazer uso das ferramentas de simulação e visualização.

Pode-se utilizar como exemplo o modelo de um sistema que simula o crescimento de uma população de coelhos. Com isto será possível adquirir

⁶⁶ Software de simulação Vensim: disponível no sitio <http://vensim.com/download/> (Acesso em: jan. 2018)

conhecimento sobre a potencialidade da metodologia e também ganhar motivação para se aprofundar em seu estudo. O modelo “pop.mdl” está disponível no site <https://www.vensim.com/documentation/index.html?21070.htm>, no item User Guide - Vensim Introduction & Tutorials / 6 Building a Simulation Model / A Population Model.

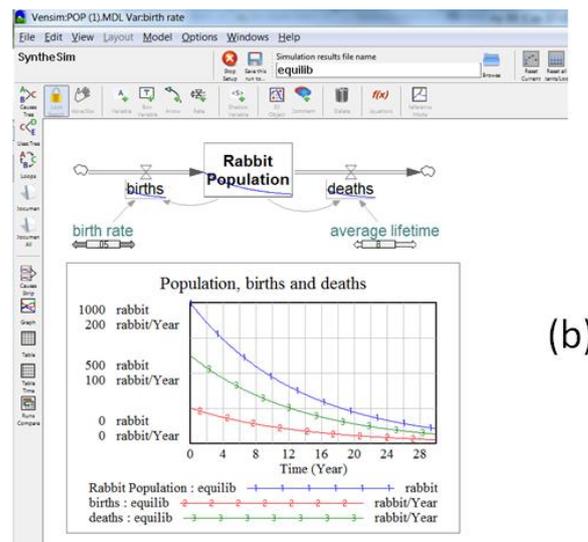
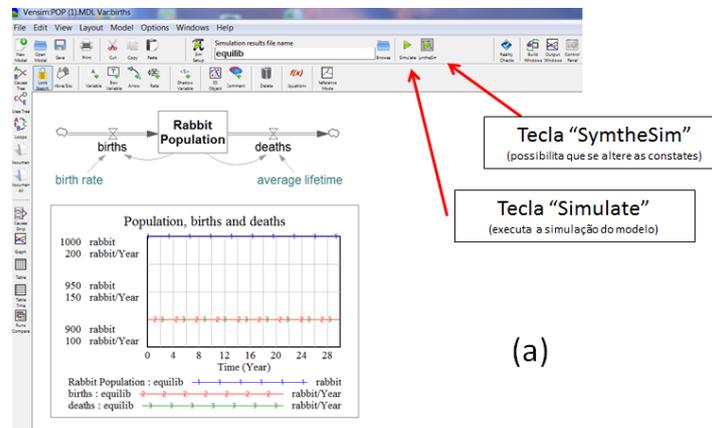
Após o *download*, usar a função “File/Open a Model” para carregar o modelo no Vensim. A Figura D.1 abaixo mostra o diagrama de estoque e fluxos (*stock and flow diagram - SFD*) daquele sistema e suas curvas características. Para executar a simulação basta pressionar a tecla “Simulation”, mostrada na Figura D.1(a)

Neste exemplo as constantes “*birth rate*” e “*average lifetime*” foram ajustadas respectivamente para 0.125 e 8 para que a população se mantivesse em equilíbrio. Nessas condições, a população de coelhos mante-se constante, igual a 1.000 coelhos, quando os fluxos de nascimento e morte ficam constantes por volta de 125 coelhos/ano.

O simulador também permite que se alterem as taxas “*birth rate*” e “*average lifetime*” e se visualize novamente o comportamento do sistema. A tecla “SymtheSim” (mostrada na Figura D.1(a) permite que se tenha acesso às barras de excursão que alteram os valores daquelas taxas. Ao se alterá-las os gráficos mostram a perda de estabilidade do sistema. No caso da Figura D.1(b) a população entra em declínio tendendo à extinção. Outra ocorrência possível seria a população crescer exponencialmente devido ao aumento daquelas taxas.

Figura D.1 - Modelagem do crescimento de uma população de coelhos⁶⁷.

(a) Curvas características de uma população em equilíbrio. (b) População em desequilíbrio: alteração das constantes “*birth rate*” e “*average lifetime*” e seu reflexo nas curvas características.



Uma apresentação em *PowerPoint* deste modelo (Vensim Chapter 6: Building a Simulation Model / Presented by Diana Lim / December 2010) também está disponível no sitio; <http://pt.slideshare.net/dianatanlim/vensim-chapter-6-v1>

⁶⁷ Modelo de uma população de coelhos: (ref.: adaptado do manual do software Vensim; disponível em: <https://www.vensim.com/documentation/index.html?21070.htm>, Acesso em: jan. de 2018)

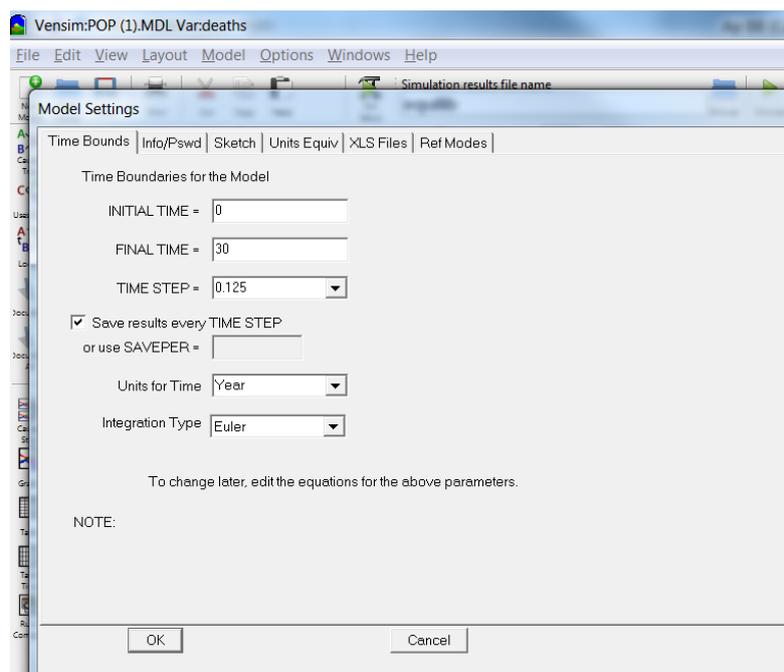
5º passo: Fazer um modelo NOVO no Vensim.

Ao se iniciar a construção de um novo modelo no Vensim, o software solicita que sejam definidos os parâmetros de simulação, como por exemplo, tempo inicial e tempo final, a unidade de tempo de simulação, etc. A Figura D.2, a seguir, mostra como esses parâmetros podem ser definidos.

Por exemplo, para se reproduzir, desde o início, o modelo mostrado na Figura D.1, pode-se seguir as seguintes etapas:

- Criar um novo “file”;
- Salvá-lo usando a função “save as” (dar nome ao novo arquivo)
- Utilizar as teclas “Box variable” para criar o estoque “Rabbit Population”.
- Utilizar as teclas “Rate” para criar os fluxos “births” e “deaths”.
- Utilizar as teclas “Arrow” para criar o vínculo entre estoque e fluxos.
- Utilizar as teclas “Variable” para criar as constantes “birth rate” e “average lifetime”.
- Utilizar a tecla “Equations” e clicar sobre o elemento para o qual se deseja editar a equação (estoques, fluxos, variáveis e constantes) do modelo.

Figura D.2 – Definição dos parâmetros de simulação para o software Vensim.



As Figuras D-3(a) e D-3(b) abaixo mostram respectivamente as equações do estoque “Rabbit Population” e do fluxo “death” para este modelo. As equações de cada elemento do modelo podem ser definidas como segue;

- Rabbit Population = Integ (births-deaths)
 - Valor inicial = 1.000; unidade= rabbit
- births = Rabbit Population * birth rate
 - unidade= rabbit/Year
- deaths = Rabbit Population / average lifetime
 - unidade= rabbit/Year
- birth rate = 0.125
- average lifetime = 8

Figura D.3(a) - Definição do estoque “Rabbit Population”.

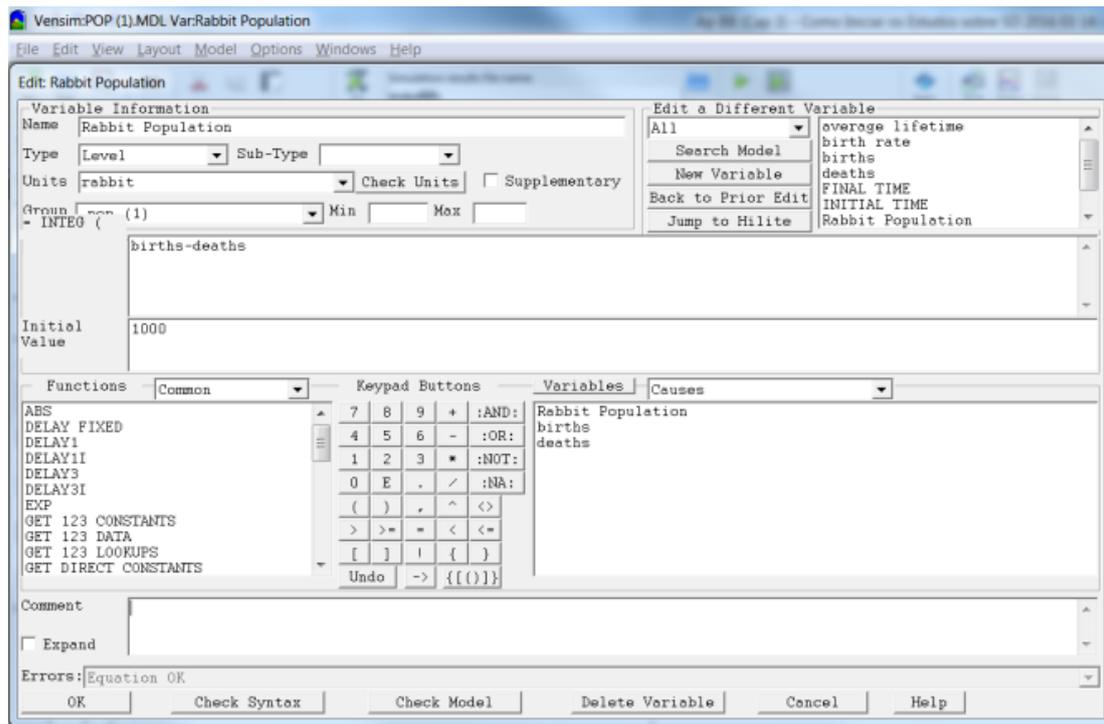
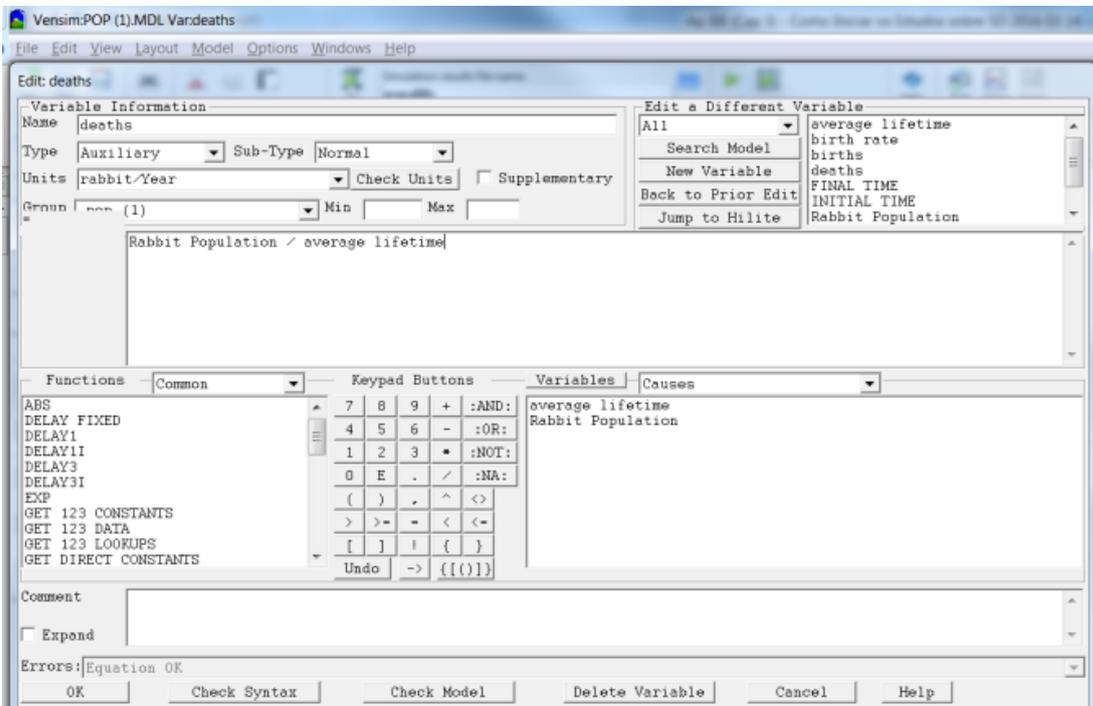


Figura D.3(b) - Definição do Fluxo “death”.



Após a construção do modelo executa-se a simulação, conforme foi feito no passo anterior.

Obs: Existe na internet, inúmeros sítios com tutoriais sobre simulação utilizando o software Vensim, como por exemplo;

- <https://www.vensim.com/documentation/index.html?21070.htm>
 - Exemplo de crescimento populacional.
- <http://pt.slideshare.net/VezgaA/programa-vensim-4426039>
 - Apresentação, em espanhol, com comandos iniciais no software Vensim.
- <https://www.vensim.com/documentation/index.html?21070.htm>
 - Estudo inicial sobre crescimento de mercado.

6º passo: reproduzir o sistema que modela a “propagação e contenção de uma epidemia de gripe”. Disponível no sitio do MIT: <http://mirror.mit-ocw.sbu.ac.ir/courses/sloan-school-of-management/15-872-system-dynamics-ii-fall-2010/assignments/>. Este exemplo é sugerido como exercício básico em diversos cursos sobre SD.

- Exemplo resolvido no site (arquivos “.mdl” e “.vdf”):
 - <https://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/90864/15-872-fall-2010/contents/assignments/index.htm>

7º passo: ler o manual do Vensim:

Fazer o *download* do arquivo em .pdf “Vensim 5 Modeling Guide”, ler e reproduzir seus exemplos. Disponível no sitio do fabricante e também no sitio; http://www.simposio.palmira.unal.edu.co/documentos/Vensim_guide.pdf .

8º passo: Acessar o sitio do fabricante do Vensim e procurar por exemplos de aplicações. Disponível em <http://vensim.com/resources/>.

9º passo: ler o livro Thinking in System (Meadows, 2008). Este livro é didático e de leitura muito agradável. Ele faz um *link* entre a metodologia SD e casos reais do nosso cotidiano, passíveis de serem analisados por meio da abordagem *System Thinking* e *System Dynamics*.

10º passo: Navegar no sitio do MIT, no guia de aprendizado sobre SD.

- <http://web.mit.edu/sysdyn/road-maps/toc.html>
- <http://web.mit.edu/sysdyn/>
- <http://web.mit.edu/sysdyn/sd-intro/>

Outras referências para auxílio nos estudos sobre simulação.

- Tutorias sobre simulação de SD.
 - <https://www.shodor.org/tutorials/vensim/VensimTut.pdf>
 - Systems Dynamics Using. Vensim Personal Learning Edition (PLE)
 - <http://ocw.mit.edu/courses/sloan-school-of-management/15-988-system-dynamics-self-study-fall-1998-spring-1999/readings/building.pdf>
 - Building a System Dynamics Model Part 1: Conceptualization
 - <http://www.docfoc.com/molecule-pdf>

HINES, Jim et al. Molecules of Structure: Building Blocks for System Dynamics Models. **Unpublished Manuscript, MIT Sloan School of Management, Cambridge, MA**, v. 2139, p. E53-305, 1996.
 - http://ocw.mit.edu/courses/sloan-school-of-management/15-875-applications-of-system-dynamics-spring-2004/projects/stnd_method.pdf

The “Standard Method” / Prof Jim Hines. MIT, 1996.
 - [Artigo](#)

EBERLEIN, Robert L.; PETERSON, David W. Understanding models with vensim™. **European journal of operational research**, v. 59, n. 1, p. 216-219, 1992.
- Universidades e institutos com cursos dedicados à Dinâmica dos Sistemas:
 - Universidade de *Albany*.

- <http://www.albany.edu/faculty/gpr/PAD624/624Resources.html>
- <http://www.albany.edu/faculty/gpr/PAD624/624Syllabus.html>
- <http://www.albany.edu/faculty/gpr/PAD624/>
- <http://www.albany.edu/cpr/sdgroup/pad824/schedule.html>
- <http://www.albany.edu/faculty/gpr/PAD724/724Description.html>
- Professor *Emeritus* “George P. Richardson”
 - <http://www.albany.edu/~gpr/>
 - <http://www.albany.edu/~gpr/Presentations.html>
 - http://www.albany.edu/rockefeller/faculty_pad_richardson.shtml
 - Cursos oferecidos:
 - <http://www.albany.edu/~gpr/Courses.html>
- Instituto “Massachusetts Institute of Technology – MIT”.
 - Road Maps: A Guide to Learning System Dynamics
 - <http://web.mit.edu/sysdyn/road-maps/toc.html>
 - Curso SD no MIT – Alto estudo.
 - <http://ocw.mit.edu/courses/sloan-school-of-management/15-988-system-dynamics-self-study-fall-1998-spring-1999/>
 - Outros cursos e artigos:
 - <http://ocw.mit.edu/courses/sloan-school-of-management/> Póde-se fazer *download* do material do curso.
 - 15.871 - Introduction to System Dynamics / Graduate
 - 15.872 - System Dynamics II / Graduate
 - 15.875 - Applications of System Dynamics / Graduate
 - 15.879 - Research Seminar in System Dynamics /Graduate

- 15.988 - System Dynamics Self Study / Graduate
 - <http://mitsloan.mit.edu/students/academiclife/syllabi/Sloanbid/15871.pdf>
 - <http://www.systemdynamics.org/MITCollectionDemos4000-4999.htm>
 - *VirginiaTech Institute*
 - <http://www.sdl.ise.vt.edu/tutorials.html>
 - Laboratório de Dinâmica de Sistemas.
 - <http://www.sdl.ise.vt.edu/Tutorial/coflow-tutorial.pdf>
 - SYSTEM DYNAMICS TUTORIAL.
 - *University of Southern California*
 - <http://web-app.usc.edu/soc/syllabus/20133/29735.pdf>
 - CE 515 - Sustainable Infrastructure Systems.
 - Ensino de Simulação de Dinâmica de Sistemas para alunos do ensino médio.
 - *Systems Thinking & Dynamic Modeling Conference for K-12 Education.*
 - <http://www.clexchange.org/curriculum/roadmaps/>
 - http://static.clexchange.org/ftp/documents/x-curricular/CC2014_VisualToolsforCriticalThinking.pdf
 - <http://www.clexchange.org/cleproducts/>
 - <http://static.clexchange.org/ftp/CLE%20Resource%20List%202015.pdf>
- Outros sítios com tutoriais sobre SD.
 - <http://people.revoledu.com/kardi/tutorial/SystemDynamic/#Definicion>
- Laboratórios de simulação (tutoriais e apresentações).
 - <http://simulation.tbm.tudelft.nl/>
- Livros sobre simulação:
 - MEADOWS, Donella H.; WRIGHT, Diana. **Thinking in systems: A primer.** chelsea green publishing, 2008.

- Visual Tools for Student Projects Communicating Critical Thinking, 2014. Printed in USA by InstantPublisher.com. This booklet is a collaborative project of the Creative Learning Exchange and The Gelfand Family Charitable Trust.
- System Zoo 1 Simulation Models - Elementary Systems, Physics, Engineering. Jul 20, 2007, by Hartmut Bossel
 - http://www.amazon.com/Hartmut-Bossel/e/B00457QQ48/ref=dp_byline_cont_book_1
- PRUYT, Erik. **Small System dynamics models for big issues: Triple jump towards real-world complexity**. TU Delft Library, 2013.
- Dynamic Systems on Various Platforms. An Excursion from Environment & Tourism to Strange Attractors, 2012. Josef Böhm.
- <http://www.systemdynamics.org/>
 - Forum internacional para pesquisadores, educadores, consultores e praticantes dedicados ao desenvolvimento e uso das metodologias aplicadas ao “*System Thinking*” e ao “*System Dynamics*”. Essa organização é responsável pela edição do jornal *System Dynamics Review*.
- Coletâneas.
 - <http://www.systemdynamics.org/SDRListOfAllTitles2015-1231.htm>
Coletânea de artigos sobre SD em ordem cronológica.
 - <http://www.systemdynamics.org/MITCollectionDmemos4000-4999.htm>
Coletânea de artigos tutoriais sobre SD produzidos por Forrester.
- Roadmaps to learning System Dynamics.
 - <http://www.worldcat.org/search?qt=hotseries&q=se%3A%22Road+maps+-+a+guide+to+Learning+System+Dynamics%22>
- Artigos importantes sobre simulação de SD.
 - Forrester JW. 1968. **Market growth as influenced by capital investment**. *Industrial Management Review*9 (2): 83–105 (now *Sloan Management Review*). Reprinted in *Collected Papers of Jay W. Forrester*. Pegasus Communications: Waltham, MA.

- MEMBRILLO, Annabel; RITCHIE-DUNHAM, James; MADRID, Conrado García. **Applying System-Wide Discovery Analysis to the Market Growth Model**. In: System Dynamics Society 17th International Conference, New Zealand, Summer. 1999.

Obs: Este artigo é uma sequência do paper Market Growth.

- Vencedores do premio Forrester por trabalhos publicados na área de SD
 - <http://www.systemdynamics.org/award-recipient/>.
- Programas de PhD em “System Dynamics”
 - <http://mitsloan.mit.edu/phd/program-overview/system-dynamics/>

Conclui-se este anexo mencionado o professor Dr Zhiming Cai, membro do grupo de pesquisa “Intelligent Modelling & Analysis” da universidade de *Nottingham* que disponibiliza⁶⁸ uma listagem (conforme mostrado a seguir), em ordem cronológica, contendo, em sua opinião, algumas das obras mais relevantes para o estudo de dinâmica de sistemas e o professor Mikhail Prokopenko que disponibilizou uma apresentação⁶⁹ intitulada “System Dynamics Modelling using Vensim, 3 December 2015”.

Collection of System Dynamic References by Dr Zhiming Cai (AMEC, Knutsford, Cheshire)

- Forrester, J.W., 1961, Industrial dynamics: MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Forrester, J.W., 1969, Urban Dynamics: MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Forrester, J.W., 1971, World dynamics: Wright-Allen Press. Cambridge. Massachusetts.
- Meadow, D.H., 1972, Limit to Growth: Earth Island Press.
- Forrester, J.W., 1958, Industrial Dynamics - A Major Breakthrough for Decision Makers. Harvard Business Review. 36(4): p. 37-66.

⁶⁸ Collection of System Dynamic References by Dr Zhiming Cai (AMEC, Knutsford, Cheshire).

⁶⁹ Apresentação do prof. Mikhail Prokopenko; Disponível em <http://docplayer.net/19901725-System-dynamics-modelling-using-vensim.html> Acesso em jan. 2018.

- Forrester, J.W., 1959, Advertising: a Problem in Industrial Dynamics. Harvard Business Review. 37(2): p. 100-110.
- David, C.L., 2007, The power of the bond between cause and effect: Jay Wright Forrester and the field of system dynamics. System Dynamics Review. 23(2-3): p. 95-118.
- Sterman, J., 2000, Business dynamics: systems thinking and modelling for a complex world. Boston, Mass.; London: Irwin/McGraw-Hill.
- Bell, J.A. and P.M. Senge, 1980, Methods for Enhancing Refutability In System Dynamics Modeling. TIMS studies in the management sciences. 14: p. 61-73.
- Forrester, J.W., 1968, Market Growth as Influenced by Capital Investment. Industrial Management Review. 9(2): p. 83-105.
- Forrester, J.W., 1965, A new Corporate Design Industrial Management Review. 7(1): p. 5-17.
- Forrester, J.W., 1964, Common Foundations Underlying Engineering and Management IEEE Spectrum. 1(9): p. 66-77.
- Forrester, J.W., 1968, Industrial Dynamics - After the First Decade. Management Science. 14(7): p. 398-415.
- Forrester, J.W., 1968, Industrial Dynamics - A Response to Ansoff and Slevin. Management Science. 14(9): p. 601-618.
- Forrester, J.W., 1974. Systems Analysis as a Tool for Urban Planning. Reading in Urban Dynamics: Volume 1, ed. N.J. Mass. Wright-Allen Press: Cambridge, Massachusetts.
- Legasto, A. A., J.W. Forrester, and J.M. Lyneis, 1980, System dynamics. TIMS studies in the management sciences ; v.14. Amsterdam ; Oxford: North-Holland.
- Legasto, A.A. and J. Maciariello, 1980, System Dynamics - A Critical Review. TIMS studies in the management sciences. 14: p. 23-43.
- Schrank, W.E. and C.C. Holt, 1967, Critique of: "Verification of Computer Simulation Models". Management Science. 14(2): p. B-104-B-106.
- Forrester, J.W., 1976. Educational Implications of responses to system dynamics models. World Modeling: A Dialogue ed. C. Churchman and R. Mason. North-Holland Elsevier: New York

- Rothenberg, J., 1974, Problems in the modelling of urban development : A review article on urban dynamics. *Journal of Urban Economics*. 1(1): p. 1-20.
- OERLEMANS, T.W., M.M.J. TELLINGS, and H.D. VRIES, 1972, World Dynamics: Social Feedback may give Hope for the Future Nature. 238: p. 251 - 255.
- Ansoff, H.I. and D.P. Slevin, 1968, Comments on Professor Forrester's "Industrial Dynamics--After the First Decade". *Management Science*. 14(9):p. 600-600.
- Forrester, J.W., 1980, System Dynamics - Future Opportunities. *TIMS studies in the management sciences*. 14: p. 7-21.
- Boyce, S.G., 1981, Multiple Use of Renewable Resources is Enhanced with System Dynamics Methods. in *Proceedings of the International System Dynamics Conference*. Rensselaerville, NY: International System Dynamics Society.
- Morecroft, J.D.W. and K.A.J.M. van der Heijden, 1992, Modelling the oil producers--Capturing oil industry knowledge in a behavioural simulation model. *European Journal of Operational Research*. 59(1): p. 102-122.
- Sterman, J.D. and G.P. Richardson, 1985, An Experiment to Evaluate Methods for Estimating Fossil Fuel Resources. *Journal of Forecasting*. 4(2): p. 197-226.
- Sterman, J.D., G.P. Richardson, and P. Davidsen, 1988, Modelling the estimation of petroleum resources in the United States. *Technological Forecasting and Social Change*. 33(3): p. 219-249.
- Naill, R.G., 1973, The discovery cycle of a finite resource: a case study of US Natural gas, in *Toward Global Equilibrium B2 - Toward Global Equilibrium*, D.H. Meadows and D.L. Meadows, Editors., Wright-Allen Press: Cambridge, MA.
- Naill, R.F., 1972, Managing the discovery life cycle of a finite resource: a case study of the US natural gas industry. Master`s thesis. p. Pages: 146.
- Naill, R.F., 1977, Managing the energy transition : a system dynamics search for alternatives to oil and gas. Cambridge, Mass.: Ballinger.
- Naill, R.F., et al., 1991, An analysis of the cost effectiveness of US energy policies to mitigate global warming, in *System Dynamics Review*. p. 111-128.
- Sterman, J.D., 1983, Economic Vulnerability and the Energy Transition. *Energy Systems and Policy*. 7(4): p. 259-301.

- Ross, D.S. and B. Pollins, 1981, International energy futures: petroleum prices, power and payments. Cambridge, Mass. ; London: M.I.T.

ANEXO E – REVISÃO: PROCESSOS DE MODELAGEM

O objetivo deste anexo é complementar o que foi apresentado resumidamente, no texto principal sobre “A Modelagem *System Dynamics* (SD)” e também fazer outras considerações sobre o contexto em que se dá o processo de modelagem, alertando sobre possíveis estratégias de captura de informação que permitem construir “bons modelos SD”. Outros detalhes sobre o processo de modelagem SD podem ser encontrados nos capítulos de 11 até 13 de Sterman (2000).

Considerações sobre Variáveis Endógenas e Exógenas.

Conforme explicado por Richardson (2011), inicialmente Forrester (1958, 1961) estabeleceu os fundamentos da metodologia SD enfatizando 4 áreas do conhecimento que estavam em evidencia naquela época:

- o desenvolvimento e entendimento sobre as regras de “feedback loop” dos sistemas complexos;
- o aumento do entendimento sobre os processos de tomada de decisão;
- o avanço da tecnologia computacional;
- a utilização do computador digital como um meio para simular modelos matemáticos realistas.

Dez anos mais tarde Forrester publicou novos trabalhos (FORRESTER, 1968a, 1968b, 1969) sugerindo que a “estrutura hierárquica” que deveria ser usada para fazer uma abordagem SD sobre um sistema complexo deveria considerar:

- 1) Os limites do sistema em estudo (ver conceitos no Anexo B);
 - Constituído de *feedback loops* que são os *elementos estruturais básicos dentro do limite do sistema*.
- 2) Os níveis ou estados (*stocks*) do sistema, representados por meio das variáveis de “acumulação” dentro dos loops de realimentação do sistema (*feedback loops*).

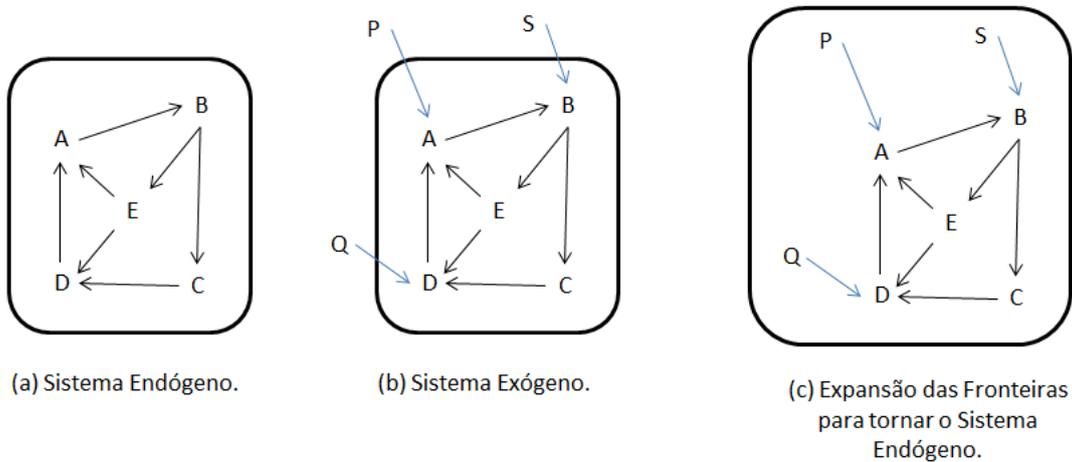
3) As taxas (*flows*) que alteravam o sistema, representados por meio das variáveis de “atividade / ação” dentro dos loops de realimentação do sistema (*feedback loops*).

- Essas variáveis devem representar os:
 - i. Objetivos;
 - ii. Condições observadas;
 - iii. Discrepâncias detectadas;
 - iv. Ações baseadas nas discrepâncias.

Richardson (2011) utiliza a evolução histórica dos trabalhos de Forrester para enfatizar que a atividade de estabelecer os limites sobre os quais o modelo SD será construído é prioridade sobre os demais itens. Richardson (2011) sugere a Figura E.1 para ilustrar os loops causais (realimentados) que o sistema endógeno contém. Na Figura E.1(a) (à esquerda), tem-se uma visão endógena da estrutura de um sistema; a causalidade ocorre dentro dos limites do sistema, devido as variáveis internas (A – E), que geram os loops causais (*feedback loops*). Na Figura E.1(b) (no centro), tem-se uma visão exógena da estrutura do sistema; a causalidade ocorre, também, devido a influências das variáveis externas (P, Q e S) ao sistema. Na Figura E.1(c) (à direita), faz-se uma expansão das “fronteiras do sistema” para que seja possível “incluir” as variáveis exógenas ao sistema.

Richardson (2011) salienta que a “habilidade e visão” do projetista de SD deve ser tal que ao identificar que existem elementos “importantes”, classificados inicialmente como exógenos, deve-se promover uma expansão “equilibrada” das fronteiras do sistema para acomodá-los como endógenos.

Figura E.1 - Sistema exógeno e endógeno.



Fonte: Adaptado de Richardson (2011).

Outras considerações sobre a Política de modelagem

Sterman (2000, p. 851) descreve sobre o processo e a políticas de modelagem, em síntese vale ressaltar quatro questões básicas a serem respondidas durante todo o processo de modelagem:

- 1) Qual a finalidade do modelo?
- 2) A quem o modelo se destina?
- 3) O modelo é útil?
- 4) As deficiências ou limitações do modelo são importantes?

Sterman sugere ainda que os usuários devem, a luz de seus propósitos, julgar criticamente os modelos, avaliando;

- 1) O horizonte de tempo que eles são capazes de representar;
- 2) Os limites de suas fronteiras;
- 3) Sua capacidade de agregação.

As fronteiras determinarão quais variáveis serão tratadas como endógenas e exógenas ao sistema e quais serão excluídas. Os fatores importantes, para a finalidade do modelo, devem ser capturadas de forma endógena.

Ao se decidir por omitir um fato ou conceito ou representá-lo de forma exógena, deve-se “cortar” todos os loops de realimentação que os envolva.

Modelos com fronteiras muito limitadas não são capazes de capturar a resposta do sistema às políticas ou estímulos externos, deixando que os usuários às descubram através dos efeitos colaterais imprevistos do mundo real. Por outro lado fronteiras muito amplas, podem tornar, o sistema muito complexo para o proposito desejado.

O custo e o esforço necessário para simular um modelo também afetam a confiabilidade dos resultados. Modelos muito amplos colocam em dúvida a qualidade de todos os dados coletados enquanto modelos mais simples podem conter informações ou dados mais confiáveis ou passíveis de refinamento. Deve-se considerar que a simples tarefa de digitação é uma possível fonte de erros tornando os modelos mais simples menos susceptíveis à sua ocorrência.

Sterman (2000, p. 851) salienta ainda que, na prática, o processo de modelagem geralmente cai no campo do conflito organizacional. Sterman cita o trabalho de Meadows; Robinson (1985) que analisaram nove modelos projetados para atender a várias questões de políticas públicas, voltadas à área de desenvolvimento econômico, recursos e meio ambiente. Na produção daqueles modelos, foram utilizadas metodologias que incluíam econometria, programação linear, análise de respostas a estímulos e dinâmica de sistemas. Apesar da boa aceitação dos modelos, Meadows; Robinson (1985) detectaram as seguintes falhas cometidas no processo de modelagem:

- 1) Divergência entre os métodos e o proposito a que se destinava o modelo;
- 2) Deficiência na qualidade da documentação do modelo;
- 3) Suposições absurdas escondidas sob estruturas complexas;
- 4) Conclusões que não se baseavam na “saída do modelo”;
- 5) Estratégias de “gerenciamento de projetos” que destruíam a possibilidade de influenciar a política real (vigente na organização).

Com o intuito de preservar a integridade, sensibilidade, representatividade e conformidade dos processos de modelagem, Sterman (2000) sugere aos

projetistas e usuários, dos modelos dinâmicos, atenção especial para as seguintes questões referentes aos modelos projetados:

- 1) Quanto a sua Finalidade Adequabilidade e Limites (fronteiras);
 - a. Qual é o proposito do modelo?
 - b. Qual é a fronteira do modelo?
 - i. As questões levantadas são importantes para a finalidade endógena?
 - ii. Quais variáveis e quais questões “importantes” foram caracterizadas como exógenas ou foram excluídas?
 - iii. Existem variáveis classificadas como importantes e que foram excluídas porque não existem dados numéricos para quantificá-las?
 - c. Qual é o horizonte temporal relevante capaz de representar bem o sistema?
 - i. O modelo inclui os fatores que podem mudar significativamente, ao longo do horizonte de tempo, tornando-se um elemento endógeno?.
 - d. O nível de agregação é compatível com o proposito do modelo?

- 2) Quanto a sua Estrutura Física e Estrutura de Tomada de Decisão;
 - a. Os modelos respeitam as leis básicas da física tais como o princípio de conservação da matéria?
 - i. As dimensões de todas as equações são consistentes?
 - b. A estrutura contendo “estoques” e “fluxos” está explícita no modelo, ela é compatível com seu propósito?
 - c. O modelo representa a dinâmica do desequilíbrio do sistema ou o modelo assume que o sistema está em equilíbrio, ou próximo do equilíbrio, na maior parte do tempo?
 - d. Os atrasos, restrições e gargalos foram devidamente considerados no modelo?
 - e. As pessoas, envolvidas no processo de modelagem, agem racionalmente e tentam otimizar suas tarefas?

- i. O modelo considera as limitações cognitivas das pessoas, a realidade organizacional, as motivações não econômicas e os fatores políticos?
 - f. As decisões simuladas estão baseadas em informações reais obtidas dos atuais/reais tomadores de decisão?
 - i. O modelo considera os atrasos e distorções e ruídos presentes no fluxo de informações?
- 3) Quanto à sua Robustez e Sensibilidade às hipóteses assumidas;
- a. O modelo mantém-se robusto diante de fatores extremos, variações nas entradas (estímulos) e mudanças na política organizacional?
 - b. As políticas organizacionais são sensíveis às possíveis variações nas hipóteses assumidas, por exemplo, as hipóteses sobre os parâmetros, sobre as agregações e sobre os limites de fronteira do modelo?
- 4) Quanto ao seu Pragmatismo e a Política de uso do modelo;
- a. O modelo está documentado?
 - i. A documentação está disponível ao público?
 - ii. O modelo pode ser executado “no seu computador”?
 - b. Que tipos de dados foram utilizados para desenvolver e testar o modelo (por exemplo; dados estatísticos coletados por terceiros, fontes de dados primários, dados quantitativos baseados em observações e pesquisa de campo, dados de arquivos materiais, dados de entrevistas)?
 - c. Quais são os procedimentos, de teste e de construção, utilizados pelos projetistas, para garantir a confiabilidade do modelo?
 - i. Existe uma revisão crítica e independente, feita por terceiros, sobre o modelo?
 - d. É possível reproduzir os resultados/efeitos observados na simulação do modelo?

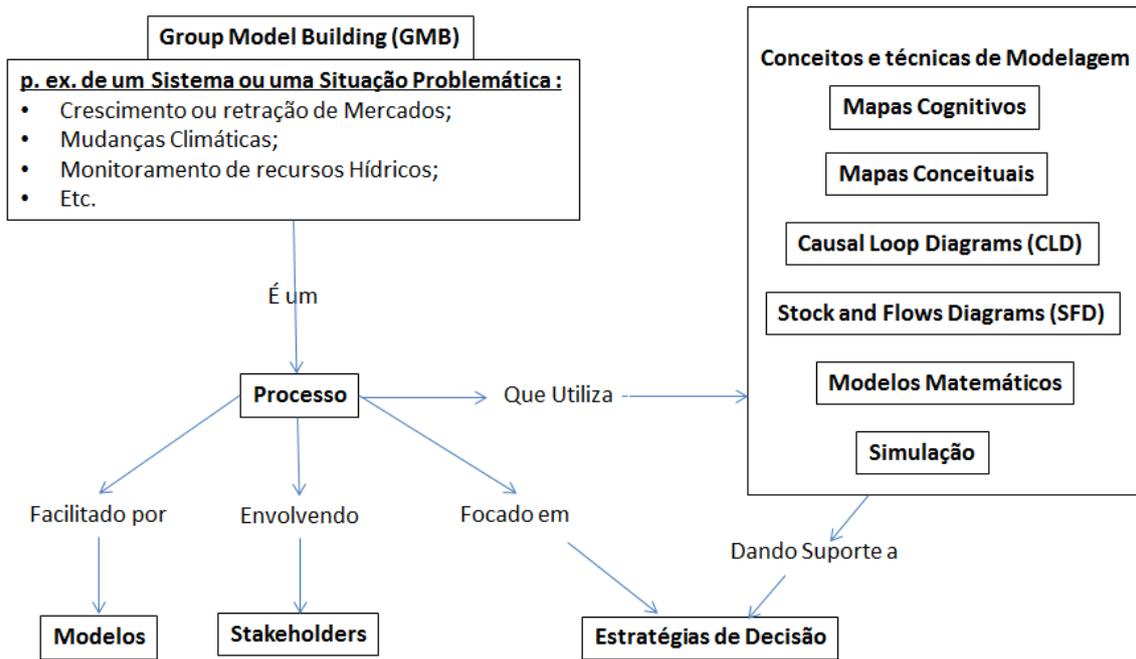
- i. O modelo reproduz ou esconde o comportamento do sistema?
- e. Qual é o custo para executar a simulação do modelo?
 - i. A disponibilidade orçamentaria permite que se realizem, adequadamente, os testes de sensibilidade?
- f. Qual é o tempo necessário para revisar e atualizar o modelo?
- g. O modelo será operado pelos projetistas, que o conceberam, ou por terceiro?
- h. Quais são as tendências (ideológicas e políticas) dos projetistas e dos usuários do modelo?
 - i. Como essas tendências podem afetar os modelos, tanto deliberadamente quanto inadvertidamente?

Group Model Building (GMB).

Existem grupos dedicados a prestar serviços de modelagem de sistemas usando a metodologia SD, os *Group Model Building* (GMB). Os GMBs agem como facilitadores no processo de modelagem colaborativa entre os grupos de *Stakeholders*. É seu papel produzir uma perspectiva partilhada da situação problemática e das possíveis soluções ou propostas de melhoria passíveis de serem implementadas (RICHARDSON; ANDERSEN 1995, citado por GOLNAM et al. 2011)

A Figura E.2 é uma representação gráfica dos processos envolvidos nos trabalhos de modelagem executados pelo *Group Model Building* (MAGNUSZEWSKI; SENDZIMIR, 2009). Observa-se que os *Stakeholders* são citados explicitamente e implicitamente nos processos de modelagem adotados pelos GMBs.

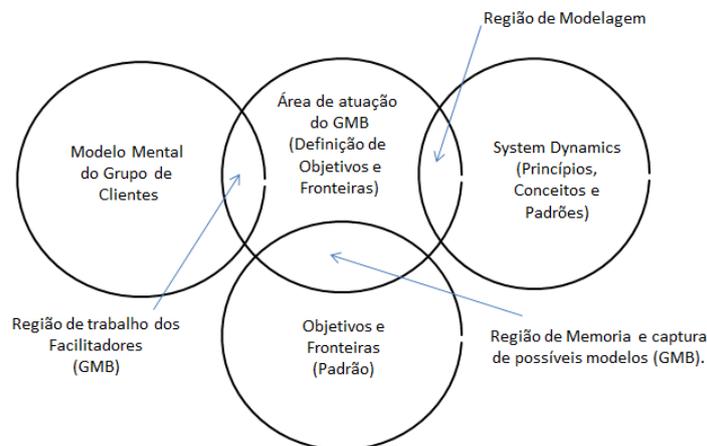
Figura E.2 - Processo de Modelagem utilizado pelo Group Model Building (GMB).



Fonte: Adaptado de Magnuszewski; Sendzimir (2009).

A Figura E.3, a seguir, mostra os limites e as regiões nas quais o GMB trabalha. Richardson; Andersen (2010) destacam ainda a importância das “atividade de Gerenciamento”, os “Limites e Objetivos do Modelo” e as “Tensões” entre o Modelo Mental e os Padrões (definidos pelas melhores práticas de modelagem) com os quais a equipe GMB deve trabalhar.

Figura E.3 – GMB e a atividade de Gerenciamento dos Limites e do Objetivo do Sistema.



Fonte: Adaptado de Richardson (2010).

O professor Georg P. Richardson propõe as Figuras E-4 para exemplificar, o ambiente de prospecção de informações ao qual os projetistas de SD (*Group Model Building – GMB*) estarão expostos.

Figura E.4 - Tensões sobre o *Group Model Building* (Projetista SD).

Captura de elementos para modelagem.	↔	Processo de modelagem.
Modelo Mental dos Clientes	↔ ↔	Princípios e Padrões da Modelagem SD.
Linguagem Natural	↔	Modelo Matemático (equações) .
Alta componente semântica	↔	Alta capacidade de síntese.
Coerência	↔	Coesão

Fonte: Adaptado da apresentação⁷⁰ sobre GMB do Prof. Richardson.

Sterman (2000) corrobora com a ideia de complexidade do contexto descrito acima e acrescenta que os projetistas de SD devem; (1) aprender a trabalhar eficazmente com grupos onde os tomadores de decisão estão sempre “extremamente ocupados”, (2) identificar mudanças sustentáveis e implementáveis nas organizações, (3) esboçar as mudanças por meio de modelos físicos representativos e inteligíveis aos usuários, (4) simular o efeito de tais mudanças na estrutura funcional da organização e (5) pensar sistemicamente.

Sterman menciona ainda que as habilidades necessárias para se modelar eficazmente um sistema complexo e dinâmico são raras, elas exigem, entre outras coisas, a capacidade de transpor obstáculos estruturais dentro das organizações, que podem frustrar o processo de captura dos *feedbacks* (loops corporativos de informação) e consequentemente impedir que o processo de modelagem ocorra eficazmente.

O autor acrescenta finalmente que processos bem sucedidos, de modelagem de sistemas complexos, exigem:

⁷⁰ Apresentação: “Improvising Around Roles and Scripts in Group Model Building” Group Decision and Negotiation INFORMS, Mt. Tremblant, Quebec, May 2007. David F. Andersen and George P. Richardson Rockefeller College of Public Affairs and Policy University at Albany, SUNY. (<http://www.albany.edu/faculty/gpr/PAD624/Scripts.ppt> Acesso em: jan. 2018).

- 1) Ferramentas que permitam elicitare representar o modelo mental, capturado pelos projetistas de SD, sobre a situação problemática;
- 2) Métodos formais de modelagem e simulação capazes de testar e melhorar os modelos mentais capturados e que permitam também conceber e praticar novas políticas;
- 3) Métodos capazes de aprimorar o raciocínio científico, melhorar o desempenho coletivo e contornar rotinas defensivas criadas por indivíduos ou equipes.

ANEXO F – O LEGADO DE FORRESTER: PARTICULARIDADES SOBRE A METODOLOGIA SD

Este anexo tem o objetivo de complementar o histórico da metodologia SD, apresentada no texto principal onde se abordou brevemente sobre “o legado de Forrester” e sobre o “contexto de aplicação da metodologia SD”. Faz-se aqui considerações sobre a possibilidade de combinar outras metodologias com a metodologia SD, o que tem inspirado a academia a aprimorar e conceber novas formas de análise e modelagem de sistemas.

O Legado de Forrester (Complemento).

Considerando a complexidade dos sistemas administrativos (públicos e privados) modernos, Jay W. Forrester idealizou, no início da década de 60, na escola de administração *Sloan School of Management* do MIT (*Massachusetts Institute of Technology*), a disciplina “*System Dynamics*” (SD). Forrester propôs que seria possível modelar fenômenos das ciências administrativas, econômicas e sociais, usando os mesmos conceitos da teoria de controle e servomecanismos empregados na engenharia. Em meados de 1950, um dos trabalhos pioneiros de Forrester, aplicando os conceitos da metodologia SD, foi prestado à empresa *General Electric (GE)*. Forrester foi chamado para determinar os fatores de instabilidade nos empregos, observados por alguns gestores da GE (FORRESTER 1995; VILLELA 2007). Forrester modelou o sistema (considerando os processos e os atores envolvidos nos negócios corporativos) e demonstrou que a instabilidade nos empregos era causada pela estrutura funcional da GE e não por forças externas como, por exemplo, o ciclo dos negócios. Em 1961, Forrester publicou o livro *Industrial Dynamics* (voltado a analisar o ciclo de negócios das empresas) que se tornou posteriormente o marco conceitual da disciplina SD. Em 1968, Forrester trabalhou junto com o ex-prefeito de Boston, John F. Collins, para produzir os “modelos para os estudos estratégicos do crescimento urbano” editados no livro “*Urban Dynamics*”. Em 1970, Forrester utilizou os conceitos da metodologia SD para modelar o problema relativo à crescente demanda por recursos naturais, renováveis e não renováveis, considerando o aumento exponencial da população mundial. Forrester produziu então, o modelo de dinâmica de

sistema, para o sistema socioeconômico mundial, editado no livro “*World Dynamics*”. Na década de 90, Peter Senge, orientado de Forrester, produziu a metodologia de administração de empresas e gestão sistêmica, conhecida atualmente como “*The Fifth Discipline: Learning Organizations*” e “*System Thinking*” (FORRESTER 1995; VILLELA 2007).

A lista de trabalhos atribuídos a Forrester, empregando a metodologia SD, é extensa, a Tabela F.1⁷¹ é uma síntese de algumas obras publicadas pelo autor. Essa listagem pode servir de auxílio aos iniciantes nos estudos sobre a Metodologia SD.

Tabela F.1 - Seleção de artigos e livros publicados por J. W. Forrester.

Seleção de Livros de J. W. Forrester.
<ul style="list-style-type: none"> • 1961. <i>Industrial dynamics</i>. Waltham, MA: Pegasus Communications.
<ul style="list-style-type: none"> • 1968. <i>Principles of Systems</i>, 2nd ed. Pegasus Communications.
<ul style="list-style-type: none"> • 1969. <i>Urban Dynamics</i>. Pegasus Communications.
<ul style="list-style-type: none"> • 1971. <i>World Dynamics</i>. Wright-Allen Press.
<ul style="list-style-type: none"> • 1975. <i>Collected Papers of Jay W. Forrester</i>. Pegasus Communications.
Seleção de artigos de J. W. Forrester:
<ul style="list-style-type: none"> • 1958. "<i>Industrial Dynamics - A Major Breakthrough for Decision Makers.</i>" In: <i>Harvard Business Review</i>, Vol. 36, No. 4, pp. 37–66.
<ul style="list-style-type: none"> • 1964. "<i>Common Foundations Underlying Engineering and Management</i>". <i>IEEE Spectrum</i>, Vol. 1, No. 9, pp. 66-77. Also appears as Chapter 4, pages 61-80, in the author's <i>Collected Papers</i>, 1975, Waltham, MA: Pegasus Communications.

⁷¹O professor Dr Zhiming Cai, membro do grupo de pesquisa “Intelligent Modelling & Analysis” da universidade de Nottingham, sugere uma listagem, em ordem cronológica, contendo algumas obras relevantes para se iniciar os estudos sobre modelagem SD. [Collection of System Dynamic References by Dr ZhimingCai (A MEC, Knutsford, Cheshire) / <http://ima.ac.uk/slides/zzc-08-03-2011-refs.pdf> , Acesso em: jan. 2018).

<ul style="list-style-type: none"> • 1968, Market Growth as Influenced by Capital Investment.
<ul style="list-style-type: none"> • 1971, Counterintuitive behavior of social systems. <i>Theory and Decision</i>, v. 2, n. 2, p. 109-140, 1971.
<ul style="list-style-type: none"> • 1976. "Moving into the 21st Century: Dilemmas and Strategies for American Higher Education". <i>Liberal Education</i>, Vol. LXII, No. 2, pp. 158-176.
<ul style="list-style-type: none"> • 1977. "Growth Cycles." <i>De Economist</i>, Vol. 125, No. 4, pp. 525-543. H. E. Stenfert Kroese B. V., Leiden, The Netherlands.
<ul style="list-style-type: none"> • 1979. "An Alternative Approach to Economic Policy: Macro behavior from Microstructure." In <i>Nake M. Kamrany and Richard H. Day (ed.), Economic Issues of the Eighties.</i> pp. 80-108. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
<ul style="list-style-type: none"> • 1980. "Information Sources for Modeling the National Economy." <i>Journal of the American Statistical Association</i>, Vol. 75, No. 371, pp. 555-574.
<ul style="list-style-type: none"> • 1991, System Dynamics and the Lessons of 35 Years.
<ul style="list-style-type: none"> • 1990. "System Dynamics as a Foundation for Pre-College Education." In <i>George P. Richardson David F. Anderson and John D. Sterman, ed., Volume 1: System Dynamics '90,</i> pp. 367-380, 49 Bedford Road, Lincoln MA, USA: System Dynamics Society. Also available as Memo D-4133, System Dynamics Group, Sloan School, Massachusetts Institute of Technology.
<ul style="list-style-type: none"> • 1992, System Dynamics and Learner-Centered-Learning in Kindergarten through 12th Grade Education.
<ul style="list-style-type: none"> • 1994, Learning through Systems Dynamics as preparation for the 21st Century.
<ul style="list-style-type: none"> • 1995, The Beginning of System Dynamics.
<ul style="list-style-type: none"> • 1996, System Dynamics and K–12 Teachers.
<ul style="list-style-type: none"> • 1998, Designing the Future.
<ul style="list-style-type: none"> • 1999, System Dynamics: the Foundation Under Systems Thinking.

Impactos causados pelo uso da Metodologia SD.

Para que se tenha uma ideia do impacto causado pelos trabalhos pioneiros, que empregaram a metodologia SD, pode-se mencionar o livro “*Word Dynamics*”, que fazia um alerta para que se encontrasse um ponto de equilíbrio entre o consumo, o estilo de vida da sociedade contemporânea, e os recursos naturais do planeta. Forrester escreveu o seguinte texto na introdução da 2ª edição daquele livro;

O livro *Word Dynamics* foi publicado pela primeira vez em Junho de 1971 e o livro *The Limits to Growth*⁷² (MEADOWS et al., 1972) foi publicado posteriormente, em março de 1972. Os conceitos contidos em ambos os trabalhos receberam uma inesperada atenção por parte da opinião pública, produzindo debates de extensão internacional, com publicações em jornais e revistas como, por exemplo; *The Observer* (Londres), *Fortune*, *The Wall Street Journal*, *The Christian Science Monitor*, etc. Os temas propostos têm encontrado críticos e afetos em todo o mundo. Dentre os afetos, encontram-se engenheiros e cientistas que estão mais familiarizados com as teorias e conceitos envolvidos na metodologia empregada nos livros. Dentre os críticos estão muitos gerentes corporativos, especialmente os executivos seniores, que declaram que “o aumento da industrialização e o crescimento populacional, tão polemizados pela mídia, devem produzir na sociedade apenas um aumento na pressão por insumos. Entretanto, as implicações deste aumento ainda não estão suficientemente claras a ponto de

⁷² Em 1972, o relatório do Clube de Roma “Os Limites do Crescimento” [*Meadows, D.H., Meadows, D.L., Randers, J., Behrens III, W. W. (1972). The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind. Universe Books, New York*] apresentou alguns cenários desafiadores para a sustentabilidade global, baseado em “modelos computacionais que capturavam a dinâmica dos sistemas” que simulavam a interação de cinco subsistemas econômicos globais (a população, a produção de alimentos, a produção industrial, a poluição e o consumo de recursos naturais não renováveis). Os cenários, referentes aos limites do crescimento, considerados pelo grupo de analistas do MIT (*Massachusetts Institute of Technology*), alertavam para a probabilidade de um colapso econômico e social no final do século 20. Em 2008 Graham Turner revisou os modelos propostos em 1972 e produziu o trabalho intitulado “*A comparison of The Limits to Growth with 30 years of reality*” confirmando as previsões anteriores e mencionando que algumas intervenções no sistema estavam adiando, momentaneamente, o colapso anteriormente previsto (TURNER, 2008).

justificar uma mudança nas ações e processos corporativos”. Existem também, fortes críticas, por parte de alguns economistas, que acreditam que, durante o processo de modelagem, esboçado nos livros, algumas estruturas essenciais sobre custo e viabilidade foram omitidas do “modelo de mundo”, comprometendo as conclusões referentes ao crescimento econômico.

Apesar do fundamento, de algumas dessas críticas, elas não possuem conteúdo suficiente para descartar a magnitude das questões centrais levantadas por ambos os livros. (FORRESTER, 1973, citado por prof. George P Richardson⁷³)

Falando ainda sobre a abrangência do tema SD, existem inúmeros relatos na literatura mostrando que a metodologia SD tem sido cada vez mais empregada para análise e estudo de sistemas complexos. Muitas universidades, como por exemplo, Universidade de Albany⁷⁴ e o MIT - Sloan School of Management⁷⁵, oferecem atualmente cursos e programas de mestrado e doutorado em SD.

FORRESTER (1996) menciona que os princípios de análise, de situações problemáticas, usando os conceitos da teoria SD têm sido utilizados, com sucesso, inclusive em escolas de ensino fundamental e médio.

“O ensino da modelagem da dinâmica dos sistemas tem sido utilizado com sucesso nas escolas primárias e secundárias (K-12 education) nas disciplinas de matemática, física, estudos sociais, história, economia, biologia e literatura, (FORRESTER, 1996)”.

Em seu livro texto “Thinking in System” Meadows (2008) propõe aos “cidadãos globais” que reflitam sobre o estado atual da sociedade e suas complexas conexões com o mundo. A autora sugere, de forma magistral, como os

⁷³ Explicação do Prof. Richardson sobre as motivações para se estudar o tema “World Dynamics” no curso de “System Dynamics” na Universidade de Albany (Disponível em: <http://www.albany.edu/faculty/gpr/PAD624/624Assign09.pdf> Acesso em: jan. 2018).

⁷⁴ Disponível em: <http://www.albany.edu/faculty/gpr/PAD624/624Resources.html> Acesso em: jan. 2018.

⁷⁵ Disponível em: <http://mitsloan.mit.edu/phd/program-overview/system-dynamics/> Acesso em: jan. 2018.

problemas dinâmicos do cotidiano podem ser vistos (modelados) através da lente do pensamento sistêmico.

Andrew Ford⁷⁶, professor Emeritus da Universidade *Washington State*, pesquisador sobre energias renováveis, utiliza largamente, em seu trabalho, a metodologia SD⁷⁷. Seu livro de 2000, intitulado “*Modeling the Environment: An Introduction to System Dynamics Modeling of Environmental Systems*”⁷⁸ é uma referência para os cursos introdutórios sobre a metodologia SD.

Sterman (2000) também afirma que a utilização da modelagem sistêmica, para representar situações problemáticas, tem sido uma ferramenta cada vez mais utilizada no ambiente corporativo. O autor reconhece que existe muita dificuldade em se identificar a verdadeira causa das situações problemáticas e considera que as ações propostas para solucionar tais problemas podem tanto saná-los, quanto intensificá-los, amenizá-los ou até “mascará-los”. Ainda segundo o autor, essa característica comportamental, dos sistemas complexos modernos, pode ser estudada, modelada e controlada utilizando-se os mesmos conceitos da teoria de controle moderno, conforme foi sugerido por Jay W Forrester.

Assim, como aludido por Freeman (1984), sobre a “teoria *Stakeholder*”, Sterman (2000) menciona, na introdução de seu livro clássico *Business Dynamics*, sobre as “mudanças aceleradas” que a sociedade e o planeta estão experimentando, devido às forças revolucionárias e radicais, provocadas pelo crescimento exponencial da tecnologia, da produção e da população. O autor alerta sobre, a necessidade de se repensar a forma com que a humanidade tem lidado com tais mudanças. Para contextualizar seu argumento, Sterman citou as previsões de Henry Adams (ADAMS, 1918) que considerava que a complexidade dos sistemas modernos estava alcançando horizontes tão extensos que; uma mente mediana em 1850 não seria capaz de entender os

⁷⁶ Professor Andrew Ford: Disponível em: <http://public.wsu.edu/~forda/> Acesso em: jan. 2018.

⁷⁷ System Dynamics na Universidade de *Washington State* Disponível em: <http://public.wsu.edu/~forda/sd.html> Acesso em: jan. 2018.

⁷⁸ Livro “Modeling the Environment” website com hipertextos sobre System Dynamics. Disponível em: <http://public.wsu.edu/~forda/AA2nd.html> . Acesso em: jan. 2018.

problemas da sociedade dos anos 1900. Adams mencionava ainda que, se fosse considerado que a ciência estava duplicando sua complexidade a cada 10 anos, até mesmo a matemática sucumbiria à sua complexidade. Adams acreditava que as mudanças radicais, induzidas por aquelas forças extremas, exigiriam da sociedade uma nova “mentalidade social”.

Pode se dizer que as considerações de Adams são na verdade um convite ao pensamento sistêmico “*System Thinking*”, tema recorrente nos trabalhos de Forrester e Sterman.

Sterman (2000, p. 3) salienta que as previsões de Henry Adams tem encontrado respaldo entre alguns filósofos, cientistas e administradores corporativos que admitem a complexidade dos sistemas modernos e defendem a ideia de que as pessoas devem ter uma visão de mundo holística, promovendo ações que devem; (1) estar em conformidade com os melhores interesses “de longo prazo” do sistema, (2) considerar todos os elementos envolvidos no sistema, (3) identificar os pontos mais importantes (pontos mais influentes ou de maior poder ou de maior energia) no sistema, (4) evitar os pontos de resistência política (pontos que podem levar o sistema à “estagnação”, ao colapso ou à ruptura) e (5) identificar o ponto ou regiões de equilíbrio dos sistemas.

Sterman (2000) usa o contexto descrito acima para enfatizar que é necessário ir além da generalização, já constatada, sobre a aceleração dos processos atuais de aprendizagem e da necessidade de se pensar sistemicamente. O autor sugere que se criem iniciativas para identificar e propor novas ferramentas e processos que permitam entender a complexidade dos sistemas contemporâneos, conceber melhores políticas operacionais e administrativas, e gerir, com mais eficiência, as “mudanças”, desde aquelas que ocorrem nos pequenos negócios corporativos até aquelas que envolvem os mercados, as nações e o planeta. O autor menciona também a dificuldade que este desafio impõe a todos os agentes (passivos e ativos deste sistema), fazendo uma alusão aos passageiros que estão em voo em uma aeronave, “eles precisam ir além de simplesmente voar, eles devem reprojeter a aeronave em pleno voo”.

System Dynamics (SD) e Pesquisa Operacional (OR)

Complementando o que foi apresentado no texto principal sobre as formas de combinar a metodologia SD e a Pesquisa Operacional (OR), listam-se na Tabela F.2 algumas referências bibliográficas que dão fundamentação teórica às disciplinas MCDA e PSM. Vale mencionar que os fundamentos dessas disciplinas inspiraram a construção deste trabalho de tese de doutorado.

Como o setor espacial também é um dos elementos motivador para este trabalho de tese de doutorado, acrescenta-se à lista um artigo que mostra possíveis aplicações da OR no setor espacial.

Tabela F.2 - Referências bibliográficas sobre MCDA e PSM.

1. ACKERMANN, Fran. Problem structuring methods 'in the Dock': Arguing the case for Soft OR. <i>European Journal of Operational Research</i> , v. 219, n. 3, p. 652-658, 2012.
2. MINGERS, John; ROSENHEAD, Jonathan. Problem structuring methods in action. <i>European Journal of Operational Research</i> , v. 152, n. 3, p. 530-554, 2004.
3. MINGERS, John. Soft OR comes of age—but not everywhere! <i>Omega</i> , v. 39, n. 6, p. 729-741, 2011.
4. L. Alberto Franco – Problem structuring methods as intervention tools: Reflections from their use with multi-organisational teams – <i>Omega</i> (The International Journal of Manement Science) 2006.
5. Colin Eden - Analyzing cognitive maps to help structure issues or problems - <i>European Journal of Operational Research</i> 159 (2004) 673–686
6. GEORGIU, Ion. Messing about in transformations: Structured systemic planning for systemic solutions to systemic problems. <i>European Journal of Operational Research</i> , v. 223, n. 2, p. 392-406, 2012.
7. EDEN, Colin. Cognitive mapping and problem structuring for system dynamics model building. <i>System dynamics review</i> , v. 10, n. 2-3, p. 257-276, 1994.
8. Peter Checkland - Soft Systems Methodology: A Thirty Year Retrospective - <i>Systems Research and Behavioral Science</i> Syst. Res.17, S11–S58 (2000)
9. Ion Georgiou - Making decisions in the absence of clear facts - <i>European Journal of Operational Research</i> 185 (2008) 299–321
10. Colin Eden, Fran Ackermann - Cognitive mapping expert views for policy analysis in the public sector - <i>European Journal of Operational Research</i> , Volume 152, Issue 3, 1 February 2004, Pages 615–630

continua

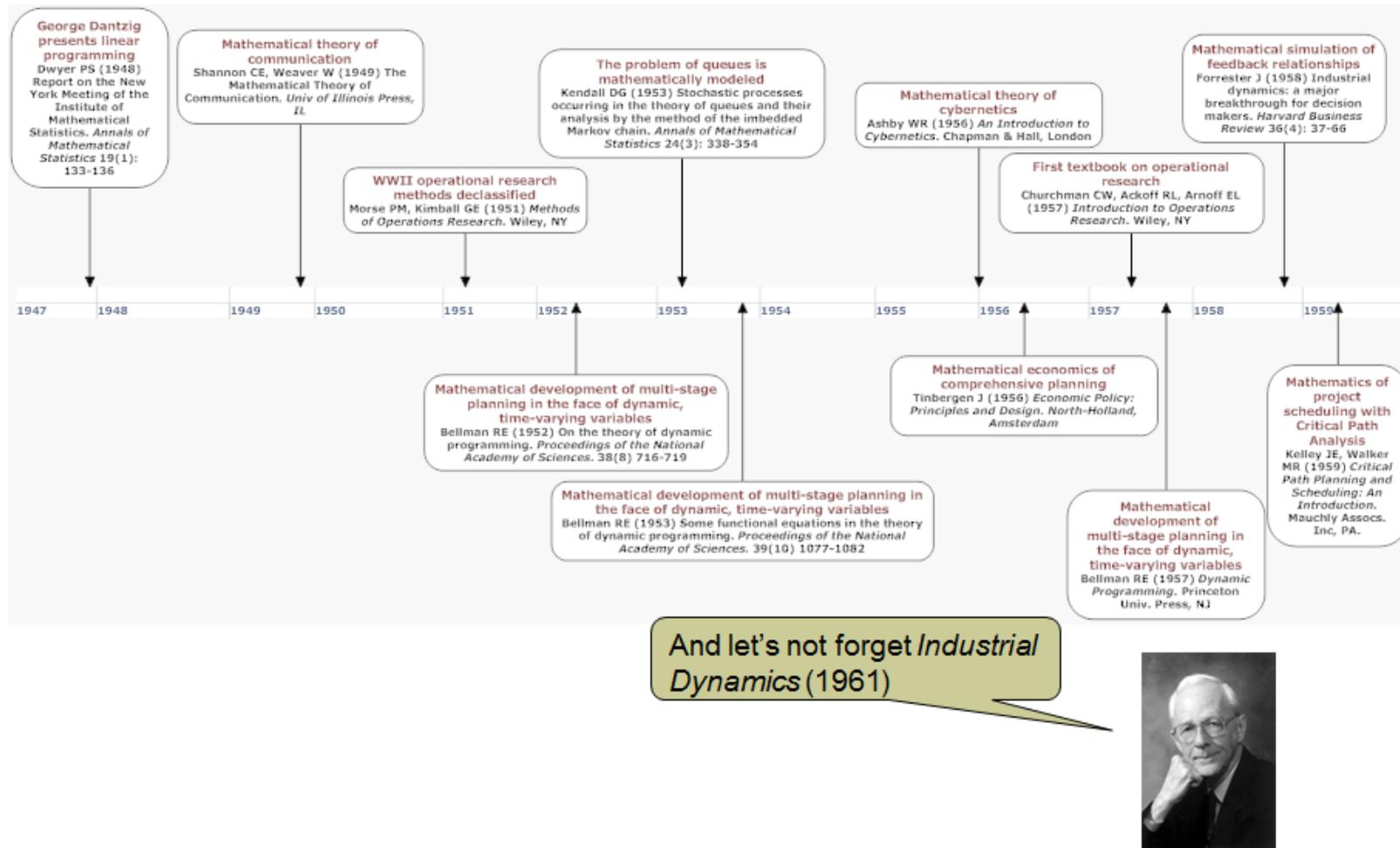
Tabela F.2 – Continuação.

11. Colin Eden, David Sims, Sue Jones - Policy analysis and organizational politics - European Journal of Operational Research, Volume 3, Issue 3, May 1979, Pages 207–215
12. Michael Pidd - Systems Modelling, Theory and Practice – John Wiley & Sons, Ltd (2004).
13. Paloma Ribeiro dos Santos, Rocio Soledad Gutierrez Curo, Mischel Carmen Neyra Belderrain - Aplicação do mapa cognitivo a um problema de decisão do setor aeroespacial de defesa do Brasil - doi: 10.5028/jatm.2011.03021211
14. Jorg Fliege, Konstantinos Kaparis, Banafsheh Khosravi - Operations research in the space industry - European Journal of Operational Research 217 (2012) 233–240
15. KEENEY, R. L. Value-Focused Thinking: a path to creative decision making . Cambridge, MA: Harvard University Press, 1992. http://www.fuqua.duke.edu/faculty_research/faculty_directory/keeney/
16. J. Heath Duncan. THE APPLICATION OF VALUE FOCUSED THINKING TO UTILITIES PRIVATIZATION SOURCE SELECTION , Department of the Air Force Air University, 2004
17. Exemplos de sítios na internet que tratam da teoria da decisão e gestão de recursos, trazendo uma visão geral sobre MCDA . a. The science of Multi-Criteria Decision analysis. Apresentação “Ullrika Sahlin, Lund University Centre of Environmental and Climate research”. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=5rytnpic1Ro Acesso em: jan. 2018. Obs: Mostra a característica descritiva e prescritiva da Teoria de Decisão. Essas características estão diretamente relacionadas com a Metodologia STH/SD desenvolvida neste trabalho de tese. b. MCDA Multi Criteria Decision Analysis Creation Part 1. Apresentação “28 MCDA Multi Criteria Decision Analysis Creation Part 1”. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=cmjEYuSLaqY Acesso em: jan. 2018.

A Figura F.1⁷⁹ do prof. Ion Georgiou mostra cronologicamente como a Metodologia SD está associada à OR. Pode-se observar ali as contribuições específicas, sobre a abordagem SD, feitas por Jay W. Forrester nos anos de 1958 e 1961.

⁷⁹ Apresentação em Conferencias do prof. Georgiou. Disponíveis em <https://sites.google.com/site/iongeorgiou/conferences> . Acesso em: jan. 2018.

Figura F.1 - Cronologia da idade de ouro da PESQUISA OPERACIONAL.



Fonte: Georgiou (2011) "Operational research: from golden age to realistic age". Seminário de Análise de Decisão, Instituto Tecnológico de Aeronáutica-Fundação Getúlio Vargas, São José dos Campos, Brasil, Abril 2012.

O professor Georgiou⁸⁰, pesquisador da área de OR, explora em seu trabalho as metodologias passíveis de serem empregadas no auxílio à tomada de decisão. Ele menciona as 5 definições feitas pelo prêmio Nobel de economia, Jan Tinbergen (1903-1994), listadas a seguir, como uma evidência da necessidade de se combinar metodologias para estruturar e suportar as atividades de tomada de decisão; (1) a tomada de decisão deve possuir um conjunto consistente e acordado de objetivos (fins), (2) os objetivos das decisões devem ser claramente formulados e previamente escolhidos entre as várias alternativas disponíveis, (3) as decisões devem ser tomadas por uma única unidade (tornando sinônimos os termos “*decision maker*” e “*decision making*”), (4) As decisões devem ser baseadas em uma compreensão profunda das variáveis (ou principais variáveis) envolvidas na situação problemática e (5) a coordenação deve ser a função explícita da unidade de tomada de decisão.

Tais definições, em especial as 1, 2 e 4, colocam definitivamente as metodologias de estruturação de problemas (PSM) e a SD entre as ferramentas possíveis para o apoio à gestão de problemas complexos.

Faz-se a seguir comentários pontuais sobre o vínculo da disciplina OR e da metodologia SD. A base conceitual para este vínculo se encontram principalmente nos artigos de Lane; Oliva (1998); Forrester (1994) e Kunc (2012).

Conforme explicado por Forrester (1994), *System Dynamics* (SD), *System Thinking* (ST) e *Soft Operations Research* (soft OR) são abordagens utilizadas para se compreender e melhorar o funcionamento dos sistemas em especial dos sistemas complexos.

⁸⁰ Professor Ion Georgiou: pesquisador de temas relacionados à Pesquisa Operacional e Estruturação de Problemas.

Ref: Ion Georgiou

Professor: Fundação Getúlio Vargas (AACSB-EQUIS-AMBA accredited)

Member of Editorial Board: Systems Research and Behavioral Science

Referee: European Journal of Operational Research & Journal of the Operational Research Society

Author: *Thinking Through Systems Thinking* (Routledge, 2007). Disponível em:

<http://sites.google.com/site/iongeorgiou/> Acesso em: jan. 2018)

Forrester explica também que nas abordagens ST e soft OR os modelos e estruturas produzidos diferem daqueles produzidos na abordagem SD. Aquelas trabalham com a subjetividade e com a intuição para capturar as informações que, segundo os indivíduos e os grupos envolvidos, descrevem o sistema real (ou situação problemática). ST e soft OR são capazes de auxiliar na organização e na condução de processos, utilizados pela abordagem SD, quando esta precisa interagir com pessoas (ou grupos de pessoas), para “descrever” o mundo real. Ainda segundo Forrester (1994), num primeiro momento as abordagens ST e soft OR podem produzir valiosos inputs para a abordagem SD. Com os processos de modelagem e simulação, da abordagem SD, pode-se então gerar novas informações que permitiriam refinar e esclarecer os elementos gerados nas abordagens ST e soft OR, feitas primariamente. Este ciclo pode ser repetido de acordo com a conveniência estabelecida pelo analista.

Mingers; White (2010) endossam os comentários de Forrester ao mencionarem que a abordagem ST sempre esteve intimamente conectada com a Pesquisa Operacional (OR) e com as ciências de gestão, inicialmente através dos trabalhos dos fundadores Churchman e Ackoff e mais recentemente através das inovações propostas pela abordagem “soft system”. A abordagem ST é uma disciplina que possui muitos desenvolvimentos teóricos e metodológicos, podendo ser aplicada a qualquer situação problemática. Os autores destacam ainda que, os recentes trabalhos sobre os desenvolvimentos e aplicações da disciplina mostram seu vínculo com os métodos de “*system approach*”, “*system dynamics*”, “*soft OR and PSM*”, “*critical systems and multimethodology*”, com aplicações em sistemas complexos como aqueles oriundos das áreas de sistemas de informação, estratégia, organização, produção e operação, ecologia, agricultura, medicina e saúde.

Kunc (2012 p. 42) menciona que existem ainda muitos aspectos a serem explorados sobre a metodologia SD haja vista que; ultimamente, ela tem sido cada vez mais proposta como “parte de um conjunto de ferramentas” destinadas a analisar problemas complexos. O autor explica que a prática de combinar ou misturar métodos, metodologicamente ou teoricamente, não é

nova, mas “está em desenvolvimento”, conforme explicado nos trabalhos de Adamides et al., (2009), Lane; Oliva (1998); Pollack (2009). Pollack (2009) escreve que há muitos modos de se combinar métodos, como por exemplo, por meio de incorporações ou inserções o que permite que sua execução ocorra em serie ou em paralelo ou por meio de uma combinação de ambas. Kunc (2012) afirma que essas considerações são ainda mais válidas quando se trabalha com questões complexas e não estruturadas, questões estratégicas ou que envolvam múltiplos *Stakeholders*. Adamides et al., (2009) e Lane; Oliva (1998) afirmam que diante de questões complexas (como aquelas que envolvem perspectivas sociais e cognitivas), os métodos de estruturação de problemas (PSM – Problem Structuring Methods)⁸¹, como por exemplo, a metodologia Soft System Methodology (SSM) podem ser combinadas com a metodologia SD e com a metodologia de otimização para se mapear, analisar e entender as situações problemáticas.

Kunc (2012) se utiliza da complexidade das situações problemáticas contemporâneas para mencionar sobre a *expertise*, que se exige do analista e/ou *design* dos modelos de sistemas complexos, e sobre a estratégia e benefícios de se adotar a disciplina SD em cursos acadêmicos. O autor destaca que o uso de SD dentro de cursos estratégicos no ambiente acadêmico, teria o intuito de ensinar, ao estudante (futuro analista), as teorias dinâmicas capazes de explicar o comportamento e a performance das firmas (sistemas), aprimorando neles a precisão de seus modelos mentais e melhorando a eficácia de suas tomadas de decisão. Segundo o autor é possível despertar no analista as “habilidades estratégicas do pensamento sistêmico” apresentando-lhe a metodologia SD em etapas; primeiramente, através de um curso de desenvolvimento estratégico de processos, a exemplo do que se faz durante a representação de SD simples como é o caso do

⁸¹ PSM – Problem Structuring Methods: São uma família de métodos, utilizadas por grupos distintos, para auxiliá-los na tomada de decisão. Em geral estes grupos estão imersos em um ambiente complexo e multiobjectivo e precisam chegar a um consenso, estabelecendo foco, assumindo compromissos e definindo ações (ref.: apresentação “Evaluating problems structuring methods, Leroy White, University of Bristol. Disponível em: https://www.theorsociety.com/Pages/ImagesAndDocuments/documents/SpecialInterest/ProblemStructuringMethods/white_present30June05.pdf Acesso em: jan. 2018.

experimento de enchimento e dreno de uma banheira ou crescimento e declínio de uma população. Kunc sugere os trabalhos de Sterman (2000), Morecroft (2007); O'Brien e Dyson (2007) como referências básicas para este estágio do aprendizado. Kunc (2012) conclui dizendo que, essa estratégia de ensino já tem sido exercitada e tem proporcionado aos estudantes, ganhos significativos nas seguintes habilidades; (1) capacidade de usar representações gráficas, (2) capacidade de identificar variáveis chaves, (3) capacidade de identificar processos de *feedbacks*, (4) capacidade de validar os resultados obtidos detectando estratégias fracas e inconsistentes, (5) ganho de capacidade na explanação verbal sobre estratégia e comportamento sistêmico.

ANEXO G – ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

Neste anexo apresenta-se uma amostra do trabalho de pesquisa bibliográfica e análise bibliométrica efetuados durante o trabalho de tese. Os relatórios de citações ou co-citações mostrados ao longo deste anexo foram construídos observando-se três referências (listadas na Tabela G.1): (1) os sítios contendo as bases bibliográficas (disponibilizados no portal CAPES⁸²) sobre as quais os títulos foram prospectados e exportados, 2) as apresentações (encontradas na internet) e artigos (p.ex. Zupic e Ater 2015 e MAZZA et al. 2017) que mostram formas de se fazer pesquisa bibliográfica e análise bibliométrica e 3) os softwares específicos e dedicados à análise bibliométrica.

Tabela G.1 - Referências para fazer análise Bibliográfica e Bibliométrica.

Obs.: Todos os sítios foram acessados com sucesso em jan. 2018

	Referência
1)	<p>Portal CAPES: Acesso aos periódicos:</p> <p>http://www-periodicos-capes-gov-br.ez61.periodicos.capes.gov.br/index.php?option%3Dcom_phome%26Itemid%3D68%26</p> <p>Web of Science (base de dados):</p> <p>http://apps-webofknowledge.ez61.periodicos.capes.gov.br/WOS_GeneralSearch_input.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&SID=3DoP4PkEK2UOOnQrepM&preferencesSaved=</p> <p>Scopus (base de dados)::</p> <p>https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic</p>

continua

⁸² Portal CAPES: Acesso às bases de dados. Disponível em: http://www-periodicos-capes-gov-br.ez61.periodicos.capes.gov.br/index.php?option%3Dcom_phome%26Itemid%3D68%26 Acesso em: jan. 2018.

Tabela G.1 – Continuação

2)	<p>Apresentação 1 “SCOPUS / VOSviewer”: (Como exportar os dados da base <i>Scopus</i> e carregá-los no software <i>VOSviewer</i>). Apresentação sem áudio.</p> <p>https://www.youtube.com/watch?v=li6SsJKW5Lw&t=10</p> <p>Apresentação 2 “Overlay Maps of Science - passo a passo”: (Como exportar os dados da base <i>Web of Science</i> e carregá-los no software <i>VOSviewer</i>)</p> <p>https://www.youtube.com/watch?v=O6w0xTVzGUo&t=4</p> <p>Apresentação 3: Apresentações sobre Bibliometria feita pelo Grupo de Pesquisa em Modelagem para Aprendizagem, da universidade UNISINOS.</p> <p>Parte 1 (Vídeo): “Bibliometria - Conceitos e Histórico [Parte 1/4]”</p> <p>https://www.youtube.com/watch?v=E4Ej746hrVM&t=62s</p> <p>Parte 2 (Vídeo): “Métodos Bibliométricos (Citation, Co-Citation, Bib. Coupling, Co-author e Co-word) [Parte 2/4]”</p> <p>https://www.youtube.com/watch?v=AyfZ46KI-Qk&t=2127s</p> <p>Parte 3 (Vídeo): “<i>Workflow</i> da Bibliometria - [Parte 3/4]”</p> <p>https://www.youtube.com/watch?v=TqykvFg6Auw</p> <p>Parte 4 (Vídeo): “VOSViewer e SciMAT - Softwares para Análise Bibliométrica [Parte 4/4]”</p> <p>https://www.youtube.com/watch?v=tgzuwSjaols</p> <p>Apresentação: “Análise Bibliométrica - Conceitos, Métodos e Softwares”</p> <p>https://www.researchgate.net/publication/315740884_Análise_Bibliométrica_-_Conceitos_Metodos_e_Softwares</p>
----	--

continua

Tabela G.1 – Conclusão.

	<p>Apresentação 4 “<i>Introduction to VOSviewer</i>”: Apresentação feita pelo desenvolvedor do software <i>VOSviewer</i> com os primeiros passos para se utilizar o software. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=9dTWkNRxUtw Acesso em: jan. 2018.</p> <p>Artigos:</p> <ul style="list-style-type: none">• Zupic, I., & Ater, T. (2014). Bibliometric Methods in Management and Organization. <i>Organizational Research Methods</i>, 18(3), 429–472. Disponível em: http://doi.org/10.1177/1094428114562629. Acesso em: jan. 2018. <p>MAZZA, VERA MARIA DE SOUZA et al. TEORIA DOS <i>STAKEHOLDERS</i>: ESTUDO DAS PUBLICAÇÕES SOBRE O TEMA NA BASE DE DADOS WEB OF SCIENCE. ENGEMA, 2017. Disponível em: http://engemausp.submissao.com.br/17/anais/arquivos/392.pdf Acesso em: Jan. de 2018.</p>
3)	<p>Software para análise bibliométrica:</p> <p>Artigo:</p> <ul style="list-style-type: none">• Cobo, M. J., López-Herrera, A. G., Herrera-Viedma, E., & Herrera, F. (2011). Science mapping software tools: Review, analysis, and cooperative study among tools. <i>Journal of the American Society for Information Science and Technology</i>, 62(7), 1382–1402.• Cobo, M. J., López-Herrera, A. G., Herrera-Viedma, E., & Herrera, F. (2012). SciMAT : A new science mapping analysis software tool. <i>Journal of the American Society for Information Science and Technology</i>, 63(8), 1609–1630. Disponível em http://doi.org/10.1002/asi.22688 Acesso em: jan. 2018. <p><i>Software VOSviewer</i>®:</p> <p>http://www.vosviewer.com/</p>

- **Pesquisa Bibliográfica e análise Bibliométrica sobre System Dynamics (SD)**

Este tópico apresenta uma amostra dos gráficos, das figuras e das tabelas capturadas durante a revisão bibliográfica e a análise bibliométrica, feitas para pesquisar sobre a área de conhecimento “*System Dynamics*”. As figuras apresentadas aqui foram feitas utilizando a base de dados “*Web of Science (WoS)*”, os dados de entrada foram ajustados conforme exemplo listado abaixo:

Tópico: *SYSTEM DYNAMICS OR SYSTEM DYNAMIC*

Como resultado de análise, obtêm-se 768.023 títulos válidos.

Filtrando o Nome da publicação: (*SYSTEM DYNAMICS REVIEW*)

Obtêm-se com resultado 594 títulos.

A referência Lima (2017) faz um estudo sobre bibliometria utilizando a área *System Dynamics* como tema. Utilizou-se neste anexo várias das orientações mostradas naquela referência.

Na Figura G.1, a seguir, mostra-se o relatório de citações quando se utiliza a base *Web of Science (WoS)* para pesquisar o tópico “*System Dynamics*”. O relatório apresenta 16.232 títulos válidos e dentre as fontes, as que mais se destacam são *SYSTEM DYNAMICS REVIEW*, seguida da fonte *PROCEEDINGS OF THE AMERICAN CONTROL CONFERENCE*.

Pode-se analisar ainda os autores, as organizações, as áreas de pesquisa, etc.. que mais se destacam dentre os 16.232 títulos selecionados.

Figura G.1 – Pesquisa na base de dados WoS utilizando “System Dynamics” como tópico.

Web of Science Clarivate Analytics

Análise de resultados
 <<Voltar para página anterior

16,232 registros Tópico: ("System Dynamics")

Classificar os registros por este campo:	Configurar opções de exibição:	Classificar por:
Organizações - Aprimorada Anos de publicação Áreas de pesquisa Títulos da fonte	Mostrar os primeiros 25 Resultados Contagem mínima de registros (limite) 0	<input checked="" type="radio"/> Contagem de registros <input type="radio"/> Campo selecionado

Use as caixas de seleção abaixo para visualizar os registros. É possível optar por visualizar os registros selecionados ou excluí-los (e visualizar os outros).

<input type="checkbox"/> Visualizar registros <input checked="" type="checkbox"/> Excluir registros	Campo: Títulos da fonte	Contagem do registro	% de 16232	Gráfico de barras	<input type="button" value="Salvar dados de análise no arquivo"/> <input checked="" type="radio"/> Colunas de dados exibidas em tabela <input type="radio"/> Todas as linhas de dados (até 200.000)
<input type="checkbox"/>	SYSTEM DYNAMICS REVIEW	390	2.403 %		
<input type="checkbox"/>	PROCEEDINGS OF THE AMERICAN CONTROL CONFERENCE	261	1.608 %		
<input type="checkbox"/>	IEEE CONFERENCE ON DECISION AND CONTROL	151	0.930 %		
<input type="checkbox"/>	PHYSICAL REVIEW A	138	0.850 %		
<input type="checkbox"/>	LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE	133	0.819 %		
<input type="checkbox"/>	IEEE TRANSACTIONS ON POWER SYSTEMS	122	0.752 %		
<input type="checkbox"/>	JOURNAL OF THE OPERATIONAL RESEARCH SOCIETY	121	0.745 %		
<input type="checkbox"/>	EUROPEAN JOURNAL OF OPERATIONAL RESEARCH	115	0.708 %		
<input type="checkbox"/>	APPLIED MECHANICS AND MATERIALS	113	0.696 %		
<input type="checkbox"/>	IEEE POWER AND ENERGY SOCIETY GENERAL MEETING PESGM	109	0.672 %		
<input type="checkbox"/>	SYSTEMS RESEARCH AND BEHAVIORAL SCIENCE	109	0.672 %		
<input type="checkbox"/>	ADVANCED MATERIALS RESEARCH	95	0.585 %		
<input type="checkbox"/>	WINTER SIMULATION CONFERENCE PROCEEDINGS	92	0.567 %		
<input type="checkbox"/>	PROCEEDINGS OF THE 2007 CONFERENCE ON SYSTEMS SCIENCE MANAGEMENT SCIENCE AND SYSTEM DYNAMICS SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND COMPLEX SYSTEMS VOLS 1 10	84	0.517 %		
<input type="checkbox"/>	ECOLOGICAL MODELLING	82	0.505 %		
<input type="checkbox"/>	NONLINEAR DYNAMICS	80	0.493 %		
<input type="checkbox"/>	PHYSICAL REVIEW E	77	0.474 %		
<input type="checkbox"/>	AIP CONFERENCE PROCEEDINGS	76	0.468 %		
<input type="checkbox"/>	JOURNAL OF SOUND AND VIBRATION	74	0.456 %		
<input type="checkbox"/>	IEEE TRANSACTIONS ON AUTOMATIC CONTROL	73	0.450 %		
<input type="checkbox"/>	AUTOMATICA	72	0.444 %		
<input type="checkbox"/>	JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION	72	0.444 %		
<input type="checkbox"/>	VEHICLE SYSTEM DYNAMICS	71	0.437 %		
<input type="checkbox"/>	JOURNAL OF DYNAMIC SYSTEMS MEASUREMENT AND CONTROL TRANSACTIONS OF THE ASME	68	0.419 %		
<input type="checkbox"/>	JOURNAL OF CHEMICAL PHYSICS	66	0.407 %		

Campo: Títulos da fonte Contagem do registro % de 16232 Gráfico de barras

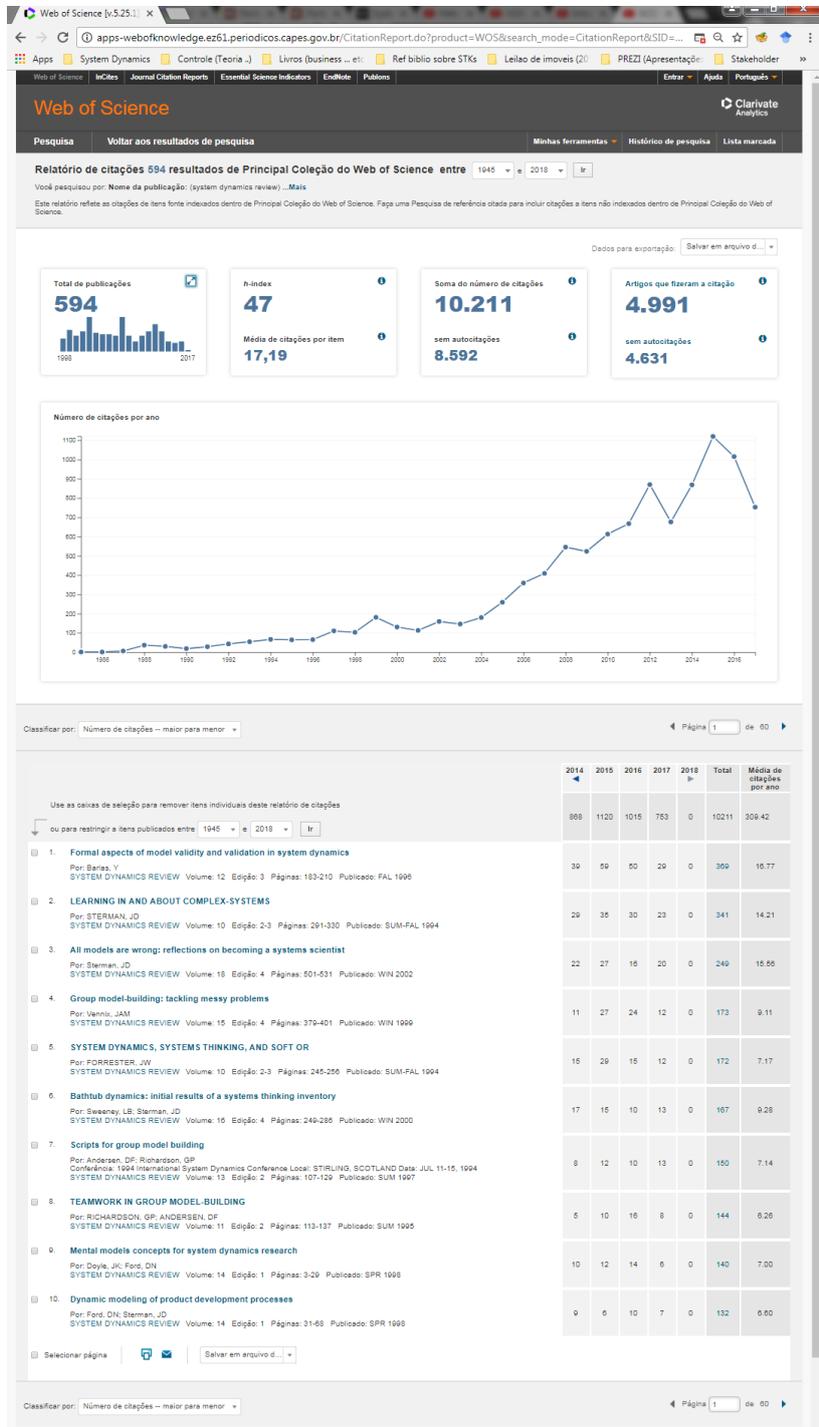
Colunas de dados exibidas em tabela
 Todas as linhas de dados (até 200.000)

(6.481 valor(es) de Títulos da fonte além das opções de exibição)

Restringindo-se a pesquisa e utilizando como tópico “System Dynamics” ou “System Dynamic” ao periódico “System Dynamics Review”, no período de

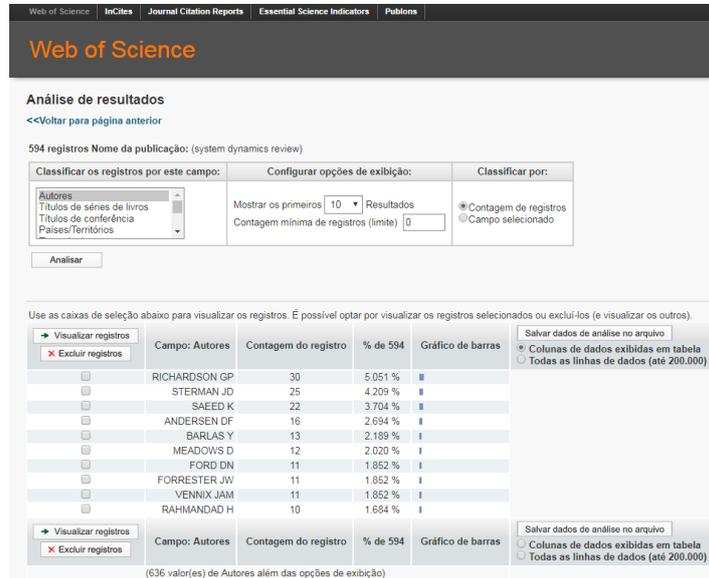
1945 até 2018, obtêm-se 594 títulos válidos conforme se observa na Figura G.2.

Figura G.2 – Resultado do Relatório de Citações para o periódico “*System Dynamics Review*”



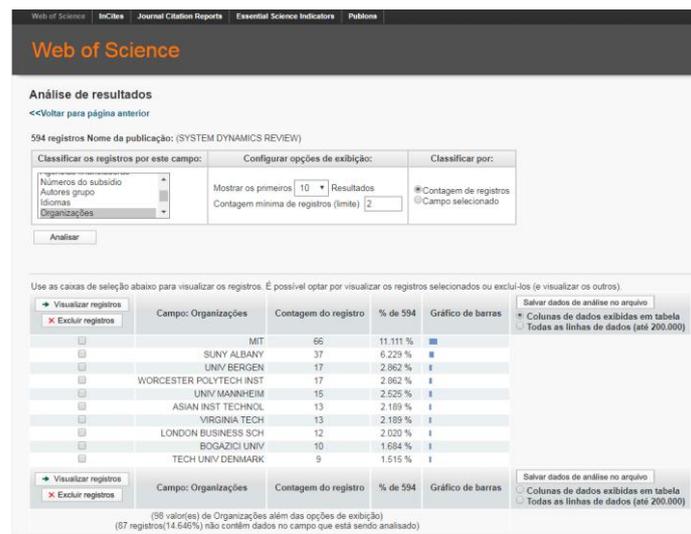
A Figura G.3, mostra outro tipo de relatório do WoS, onde os 594 títulos mencionados anteriormente foram filtrados para que se capturasse os 10 principais autores que publicam no periódico “*System Dynamics Review*”.

Figura G.3 – Principais autores do periódico “*System Dynamics Review*”



Na Figura G.4, os 594 títulos mencionados anteriormente foram filtrados para que se extraísse as 10 Instituições que mais se destacam.. Observar que o MIT e a Universidade de Albany estão entre as instituições mais influentes.

Figura G.4 – Organizações que submetem trabalhos ao “*System Dynamics Review*”.



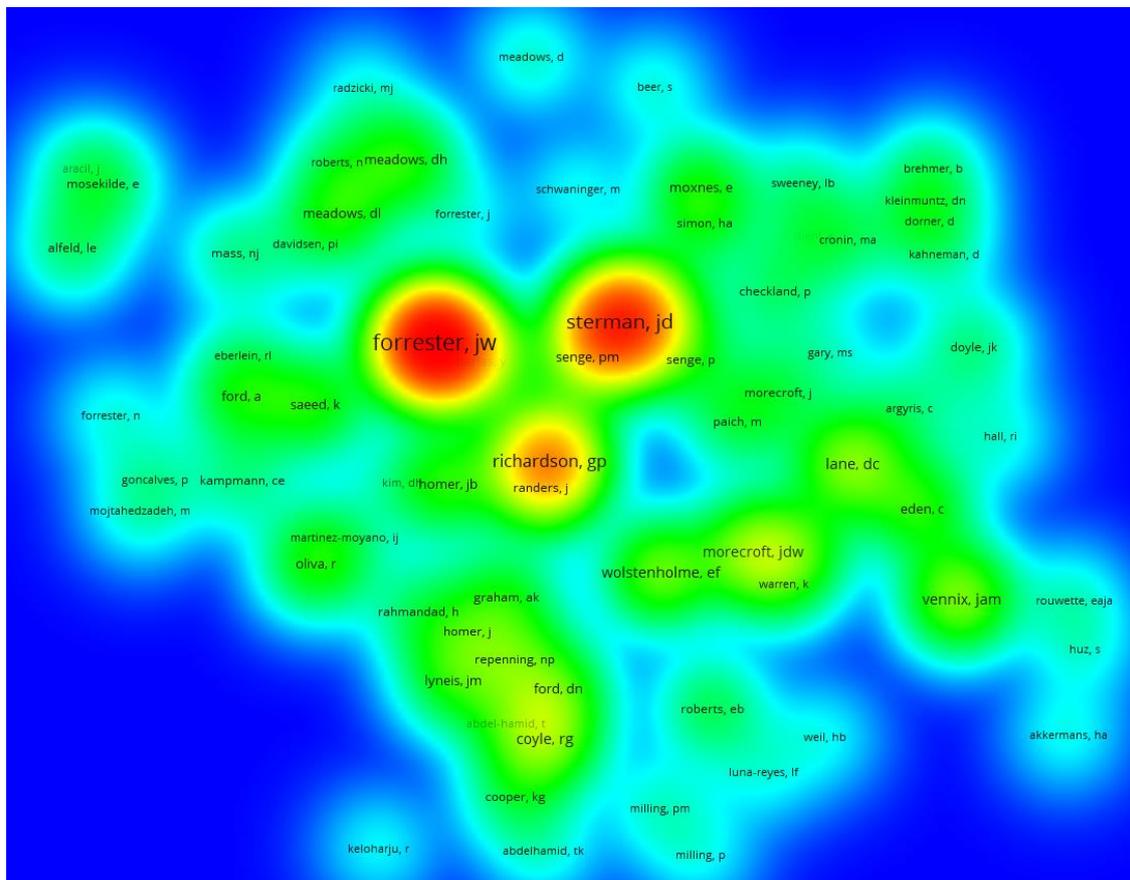
Os 594 títulos obtidos com a primeira pesquisa foram submetidos a outros filtros, disponíveis no próprio sitio WoS, para destacar, por exemplo, as principais áreas de pesquisa, as principais categorias das publicações, etc. Todavia, constatou-se a necessidade de utilizar filtros mais elaborados, que permitissem a visualização de características, como por exemplo, as citação, co-autoria ou acoplamento bibliográfico. Assim utilizou-se um softwares dedicado, o *VOSviewer* (que trabalha com a base WoS). Existem outras opções no mercado como, por exemplo, o software SciMAT (LIMA, 2017; ZUPIC; ATER, 2015)⁸³.

Para permitir a utilização do software *VOSviewer*, os dados do WoS foram exportados, utilizando-se a opção “Salvar em outros formatos de arquivos”. Na opção Gravar conteúdo utilizou-se “Registros completos e Referências citadas” e na opção Formato de arquivo utilizou-se “Separado por Tabulação (Win)”. Com isto gerou-se um arquivo “.txt” que poderá ser lido pelo software *VOSviewer*.

⁸³ Lima P. N. **Análise Bibliométrica - Conceitos, Métodos e Softwares**. Apresentação GMAP / UNISINOS, 2017. (Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/315740884_Analise_Bibliometrica_-_Conceitos_Metodos_e_Softwares Acesso em: jan. 2018).

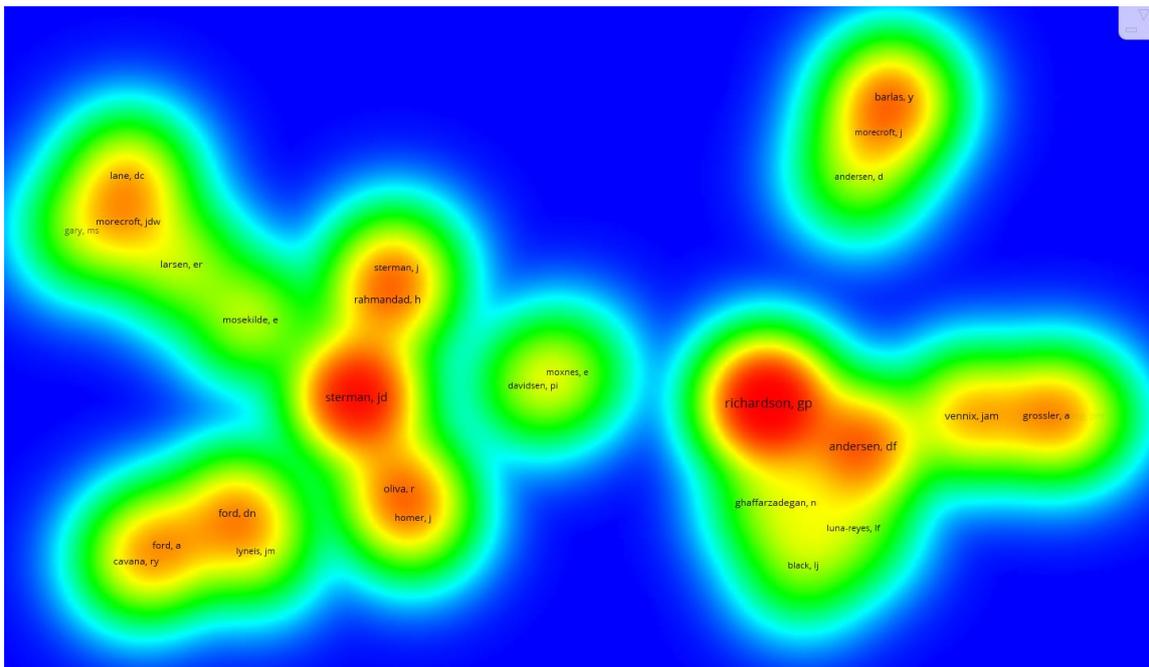
A Figura G.5 a seguir mostra um exemplo de pesquisa onde se utiliza o software “VOSviewer” com um filtro de co-citação para identificar dentre os 594 títulos mencionados anteriormente, “quais são os autores mais influentes e dentre eles **quais são citados juntos?**”. Os clusters coloridos dão uma ideia dos autores mais influentes e quais são citados juntos no periódico “*System Dynamics Review*”.

Figura G.5 – Bibliometria utilizando o software VOSviewer. Relação dos autores mais influentes (nos últimos 60 anos) e que são citados juntos no periódico “*System Dynamics Review*”



A Figura G.6 a seguir mostra um exemplo de pesquisa onde se utiliza o software “VOSviewer” com um filtro de co-Autor para identificar dentre as 594 títulos mencionados anteriormente, “quais são os autores mais influentes e dentre eles quais publicam juntos?”. Os clusters coloridos dão uma ideia do resultado dessa análise.

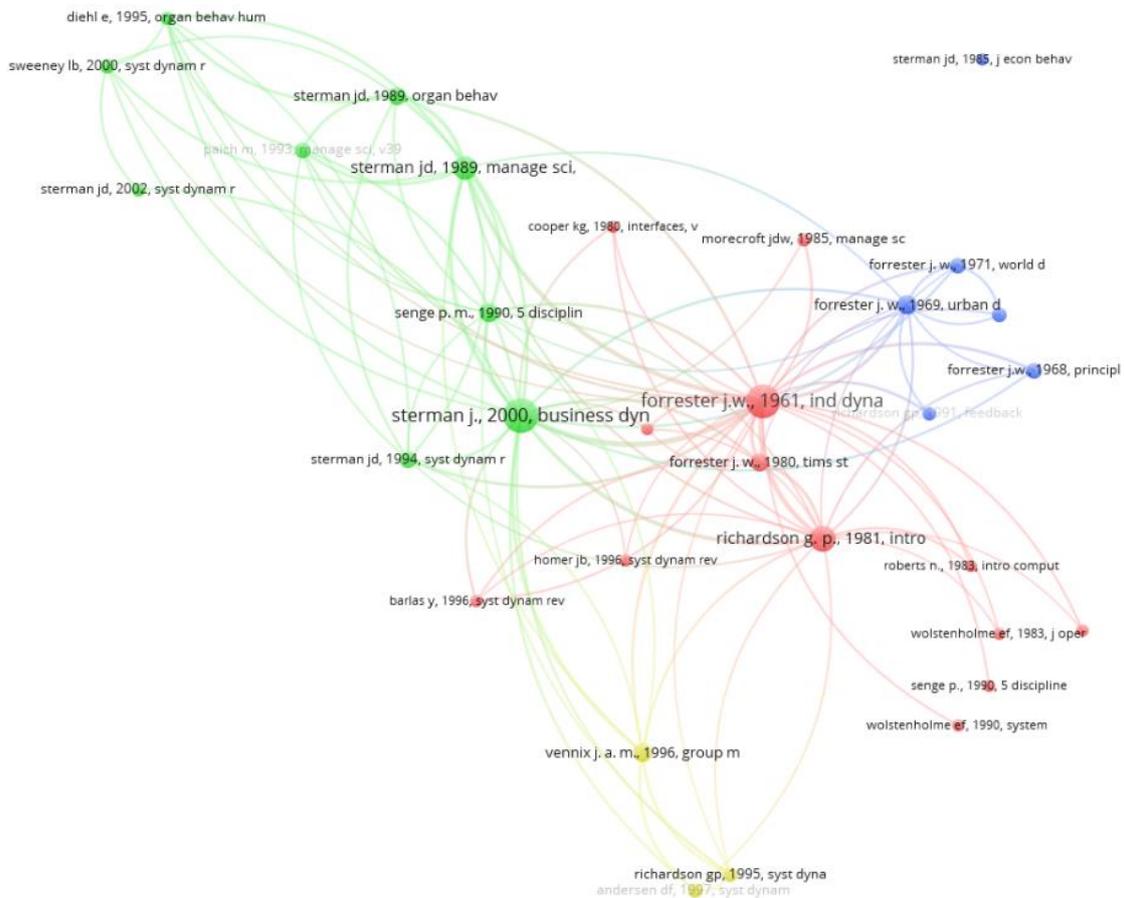
Figura G.6 – Bibliometria utilizando o software VOSviewer. Relação dos autores mais influentes (nos últimos 60 anos) e quais publicam juntos no periódico “System Dynamics Review”



A Figura G.7 a seguir mostra outro exemplo de pesquisa onde se utiliza o software “VOSviewer” com um filtro de co-citação para identificar dentre as 594 títulos mencionados anteriormente, “quais são os trabalhos mais influentes e dentre eles quais são citados juntos?”

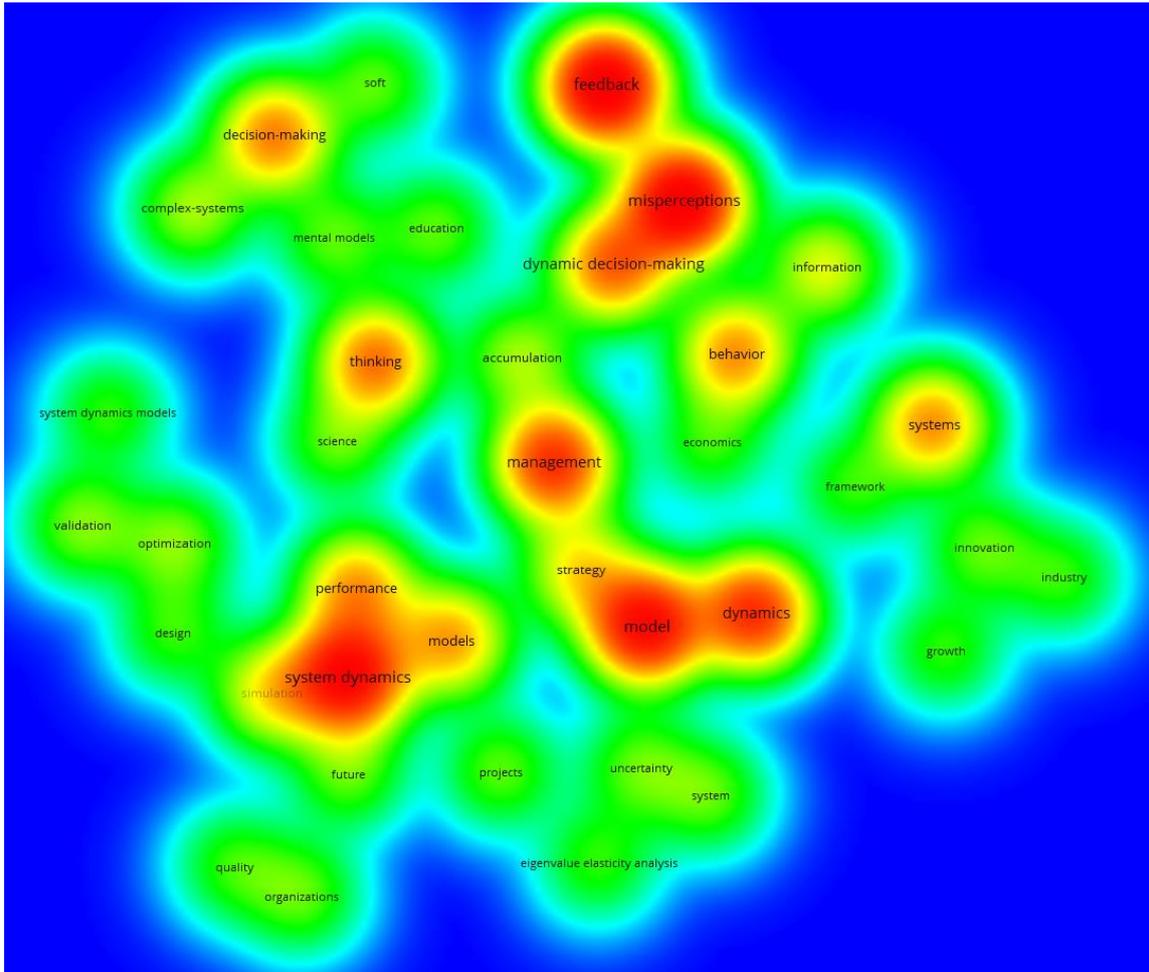
Na Figura G.7 são utilizadas linhas de interligação cuja densidade expressa o grau de correlação entre os trabalhos. Pode-se dizer olhando a Figura G.7 que os trabalhos de Forrester (1961) (*Industrial Dynamics*), Sterman (2000) (*Business Dynamics*), Forrester (1980) (*System Dynamics:TIMS studies in the management sciences*) e Richardson (1981) (*Introduction to System Dynamics Modeling with Dynamo*) dão a fundamentação teórica para a área System Dynamic.

Figura G.7 – Bibliometria utilizando o software VOSviewer. Relação dos trabalhos mais influentes (nos últimos 60 anos) e quais são citados juntos no periódico “*System Dynamics Review*”.



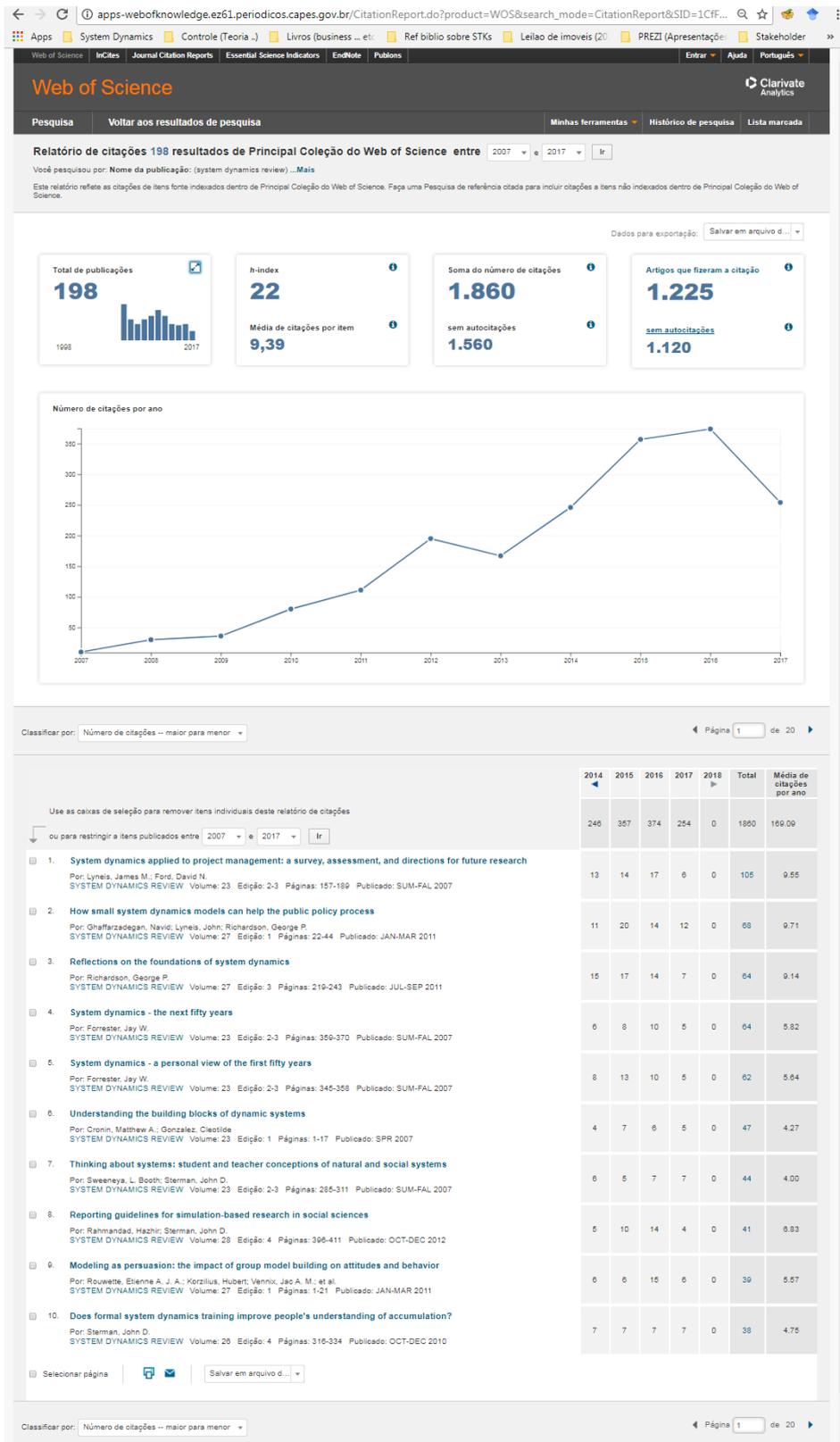
A Figura G.8 a seguir, mostra mais um exemplo de pesquisa onde se utiliza o software “VOSviewer” com um filtro de co-ocorrência nos 594 títulos mencionados anteriormente, “para determinar as áreas de ocorrência das publicações”. Observar a concentração na área de Gestão, Modelagem, Desempenho, Tomada de Decisão e Sistemas Complexos.

Figura G.8 – Bibliometria utilizando o software VOSviewer. Relação das áreas de ocorrência das publicações do periódico “*System Dynamics Review*”.



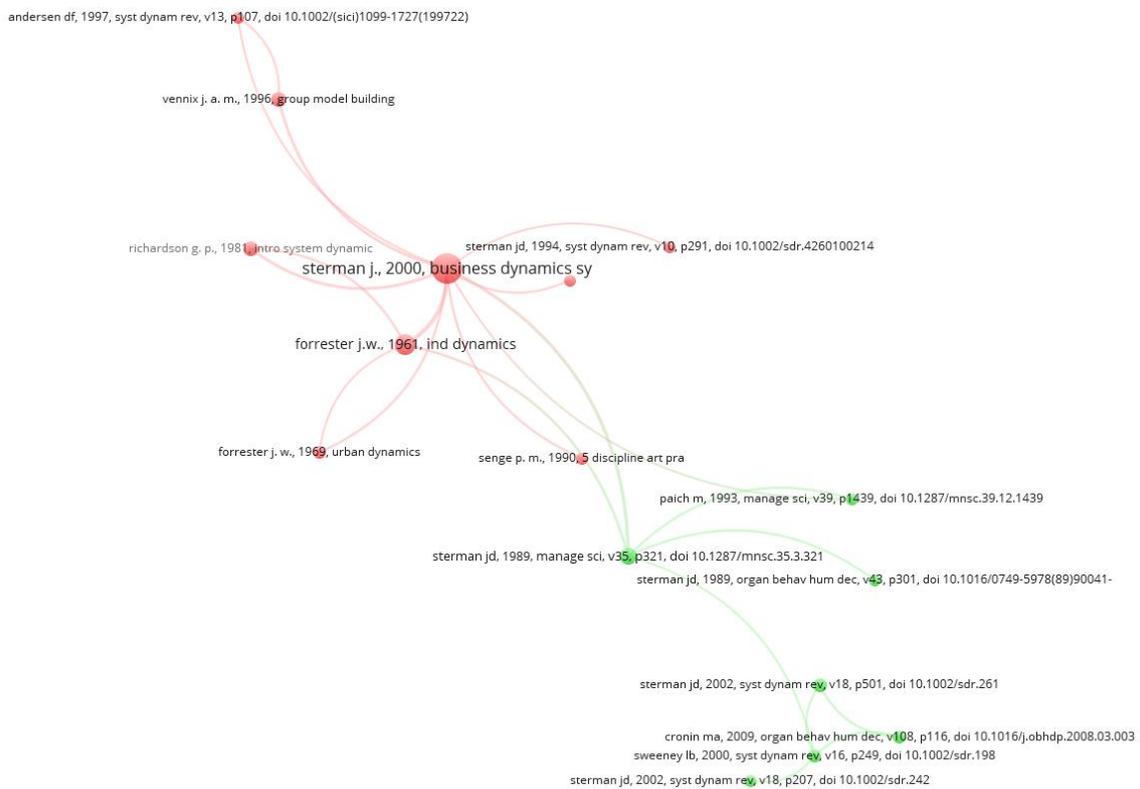
Para refinar a análise bibliográfica, decidiu-se por pesquisar no Web of Science, nos últimos 10 anos (de 2007 a 2017), dentro do periódico “*System Dynamic Review*”, quais seriam os trabalhos mais relevantes publicados. A Figura G.9 mostra o relatório de citações com 198 títulos válidos.

Figura G.9 – Análise da base de dados WoS utilizando o periódico “System Dynamic Review”. Pesquisa sobre os principais artigos publicados nos últimos 10 anos.



A Figura G.10 utiliza a amostra de 198 títulos válidos e o filtro de co-citação do software *VOSviewer* e mostra, nos últimos 10 anos, “quais são os autores mais influentes e dentre eles quais são citados juntos?”. Essa análise permite observar a mudança no eixo de referência das pesquisas. Observa-se que os trabalhos de Sterman (2000) e Forrester (1961) ainda são muito influentes e que os trabalhos de Sweeney (2000) e Cronin (2009) começam a se destacar como uma nova referência na área SD.

Figura G.10 – Bibliometria utilizando o software *VOSviewer*. Relação dos trabalhos mais influentes (nos últimos 10 anos) e quais são citados juntos no periódico “*System Dynamics Review*”.



Cronin⁸⁴ (2009) explora o tema *System Dynamics* relacionando-o ao comportamento humano e à dificuldade encontrada pelos tomadores de

⁸⁴ CRONIN, Matthew A.; GONZALEZ, Cleotilde; STERMAN, John D. Why don't well-educated adults understand accumulation? A challenge to researchers, educators, and citizens. **Organizational Behavior and Human Decision Processes**, v. 108, n. 1, p. 116-130, 2009.

decisão diante de situações que envolvem acúmulo e fluxo de elementos. Segundo o autor o uso incorreto do raciocínio correlacional, com ênfase no pensamento linear (encorajando na educação tradicional), impede o indivíduo de tomar decisões corretas em processos de acumulação.

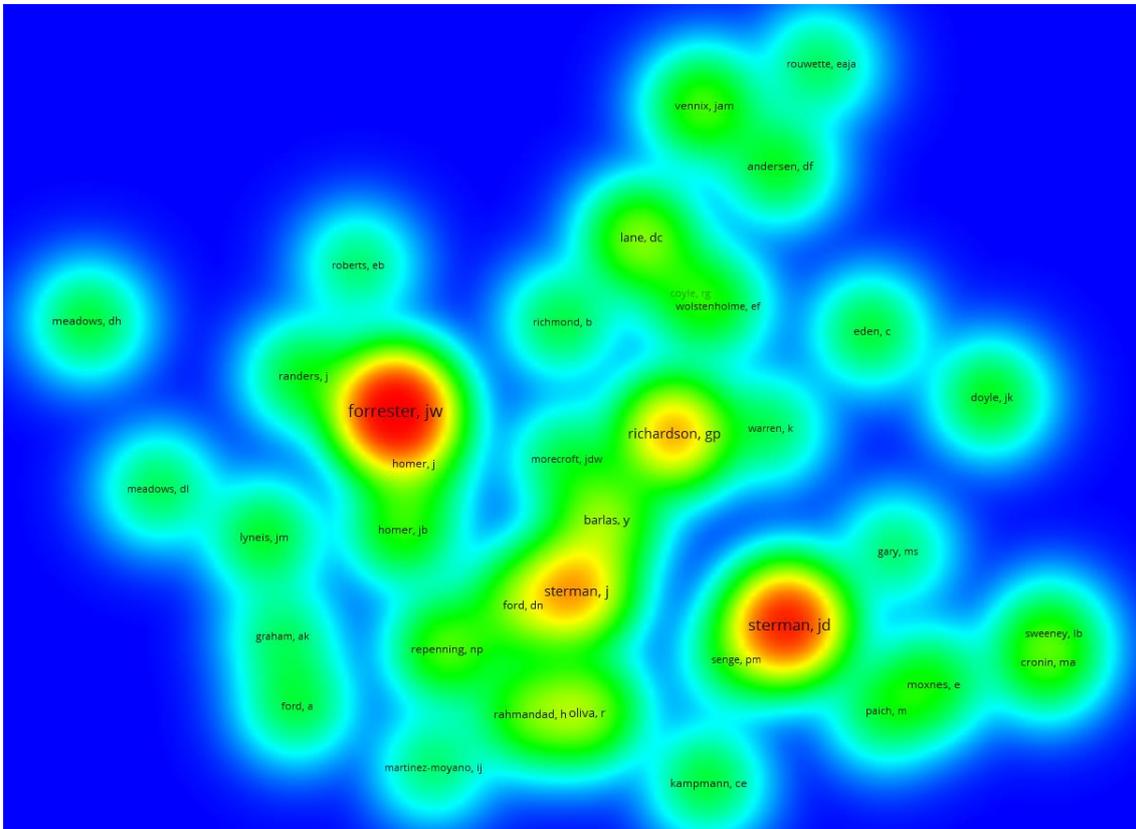
Sweened⁸⁵ (2000) também ressalta a necessidade de formação acadêmica voltada ao pensamento sistêmico com o objetivo de preparar melhor os indivíduos para tomada de decisão. Conclusões semelhantes às encontradas nos trabalhos de Forrester (20017) e Kunc (2012).

É importante observar que os trabalhos de Cronin e Sweened tangenciam o tema abordado neste trabalho de tese de doutorado, pois, endossam, de forma indireta, a necessidade de produzir instrumentos que auxiliem a explicitar e simular o comportamento de sistemas complexos. Apesar da Figura G.10 mostrar uma mudança no eixo de pesquisa relacionado ao tópico “*System Dynamics*” uma leitura mais cuidadosa mostra que os trabalhos de Forrester e Sterman ainda continuam mais aplicados ao tema abordado nesta tese de doutorado.

A Figura G.11 mostra nos últimos 10 anos “quais são os autores mais influentes e dentre eles quais são citados juntos?”

⁸⁵ SWEENEY, Linda Booth; STERMAN, John D. Bathtub dynamics: initial results of a systems thinking inventory. **System Dynamics Review**, v. 16, n. 4, p. 249-286, 2000.

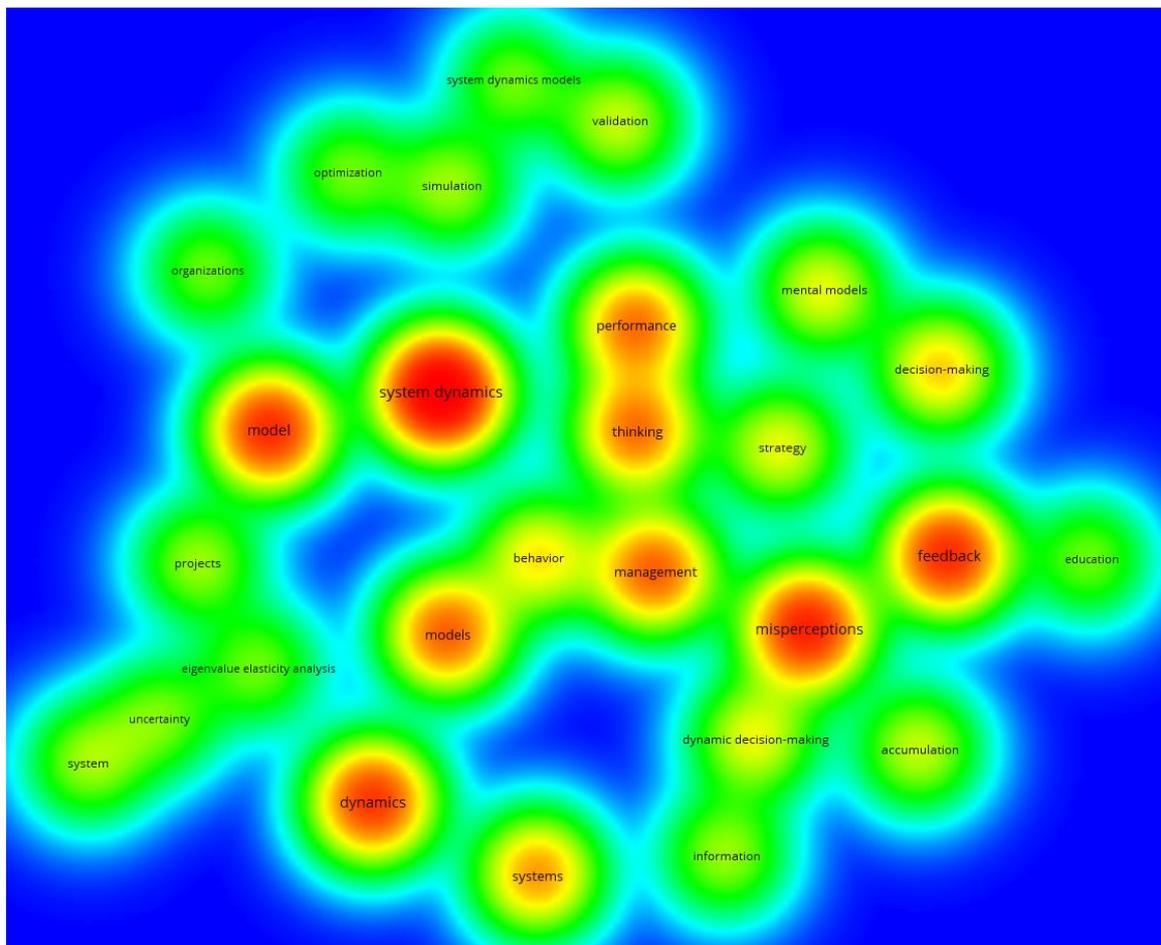
Figura G.11 – Bibliometria utilizando o software VOSviewer. Relação dos autores mais influentes (nos últimos 10 anos) e quais são citados juntos no periódico “*System Dynamics Review*”



A Figura G.12 utiliza o filtro *Bibliographic Coupling* (do software VOSviewer) para pesquisar, nos últimos 10 anos, quais são os trabalhos que foram referenciados pelo menos 10 vezes e que potencialmente são uma indicação dos **fronts de pesquisa** na área de *System Dynamics*.

mais utilizadas nas publicações sobre *System Dynamics* e qual a correlação entre estas palavras chaves. O resultado dessa análise mostra as áreas de pesquisa com as quais a esta tese de doutorado está correlacionada.

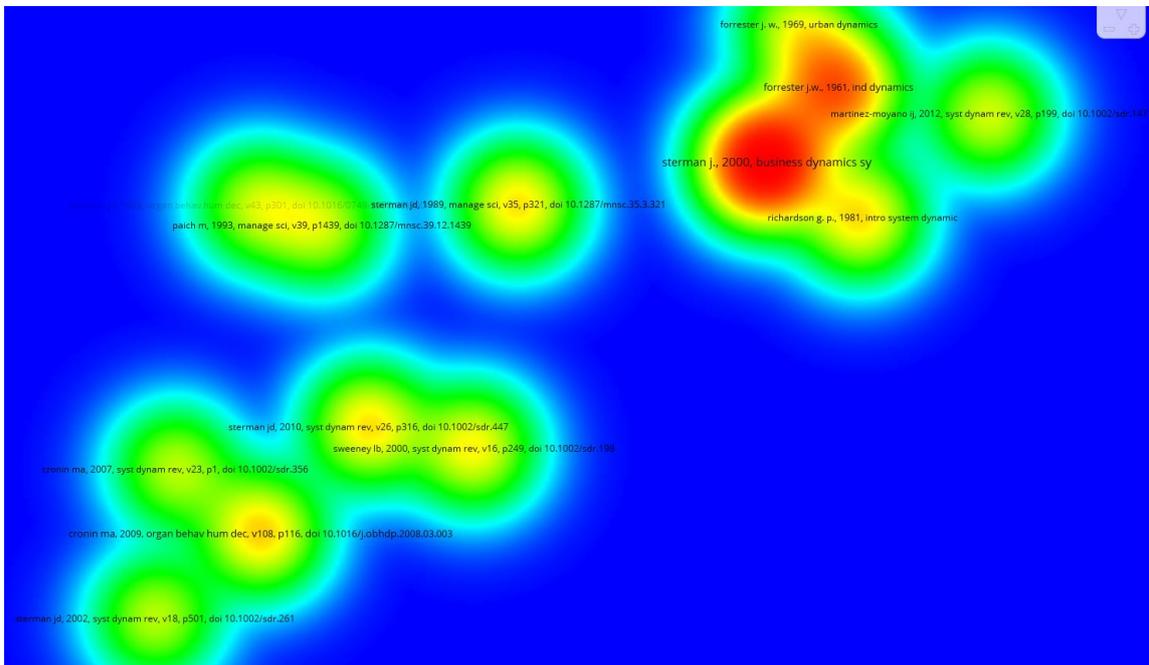
Figura G.13 – Bibliometria utilizando o software *VOSviewer*. Relação das palavras chaves mais influentes (nos últimos 10 anos) e que são citados juntos no periódico “*System Dynamics Review*”



Restringindo ainda mais a pesquisa no WoS para um período “os últimos 5 anos (de 2007 até 2017)” obtêm-se como resultado as figuras abaixo.

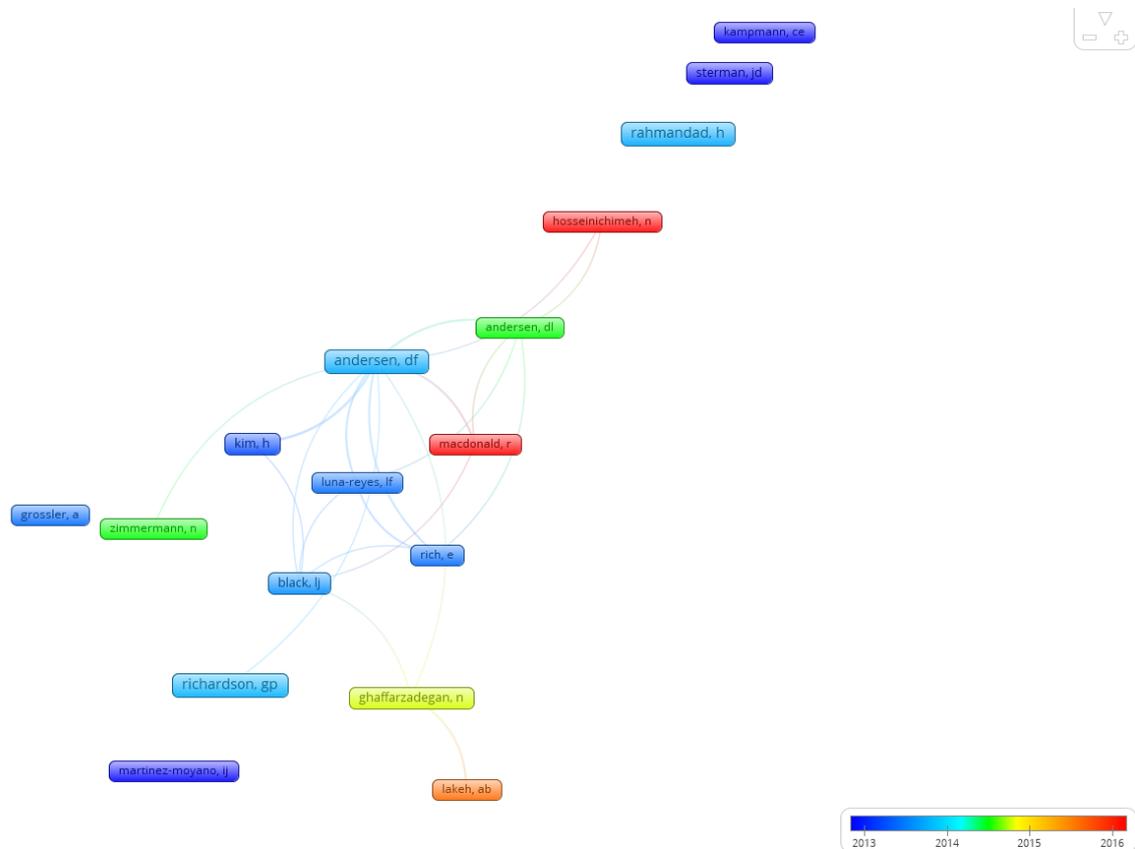
A Figura G.14 utiliza o filtro de co-citação para determinar quais trabalhos são citados juntos. Observa-se que os trabalhos de Cronin (2207 e 2009) e Sweeney (2000) vem ganhando ainda mais destaque, donde se conclui que há um esforço em atuar na educação do indivíduo para prepará-lo para tomar decisões de forma mais assertivas.

Figura G.14 – Bibliometria utilizando o software VOSviewer. Relação dos trabalhos mais influentes (nos últimos 5 anos) e quais são citados juntos no periódico “*System Dynamics Review*”



Utilizando o filtro *co-author* para analisar quais autores (mais influentes) que estão publicando juntos (nos últimos 5 anos), obtêm-se a Figura G.15 a seguir.

Figura G.15 – Bibliometria utilizando o software VOSviewer. Relação dos autores mais influentes (nos últimos 5 anos) e quais publicam juntos no periódico “System Dynamics Review”



Analisando as referências encontradas na Figura G.15 pode-se dizer que Hosseinichimeh correlaciona a modelagem SD com a área de saúde e Macdonald aplica a modelagem SD na área de finanças. Apesar da contemporaneidade daqueles trabalhos, os trabalhos de Richardson e Ghaffarzadegan mostram-se mais alinhados com o tema proposto nesta tese.

- **Pesquisa sobre Teoria Stakeholder (T. STH)**

Pesquisando na base WoS e utilizando como tópico a palavra “Stakeholder Theory” obtêm-se como resultado 7.805 títulos válidos. A G-16 mostra o relatório de citações para essa pesquisa bibliográfica. Observa-se nessa primeira pesquisa a importância do artigo Mitchell et al. (1997) para a teoria Stakeholder. Mitchell et al. (1997) tornou-se um dos artigos seminais do atual trabalho de tese de doutorado.

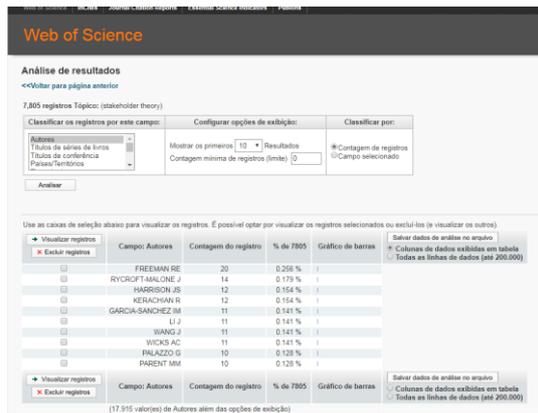
Figura G.16 – Resultado do Relatório de Citações para o título “Stakeholder Theory”



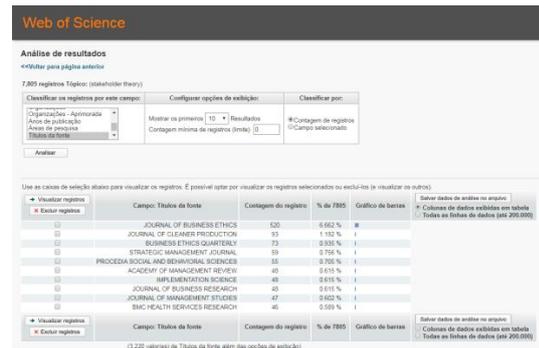
Complementando o relatório de citações da Figura G.16 pode-se gerar outros relatórios complementares conforme mostrado na Figura G.17 (a), (b), (c) e (d).

Figura G.17 – Filtros aplicados aos Relatórios do WoS para o tópico “Stakeholder Theory”.

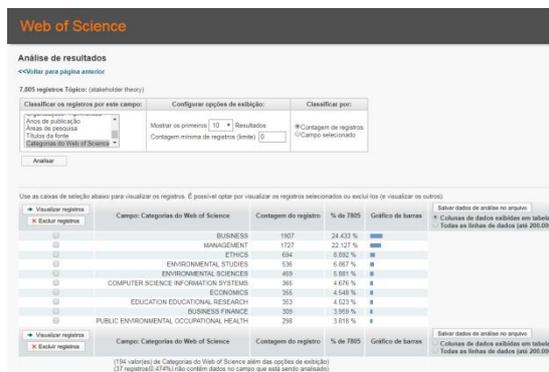
(a) Autores, (b) Títulos das Fontes, (c) Categorias do WoS e (d) organizações



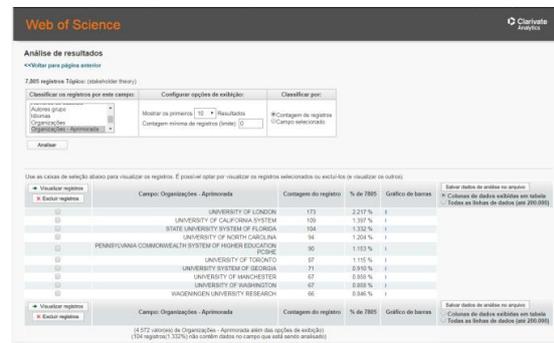
(a)



(b)



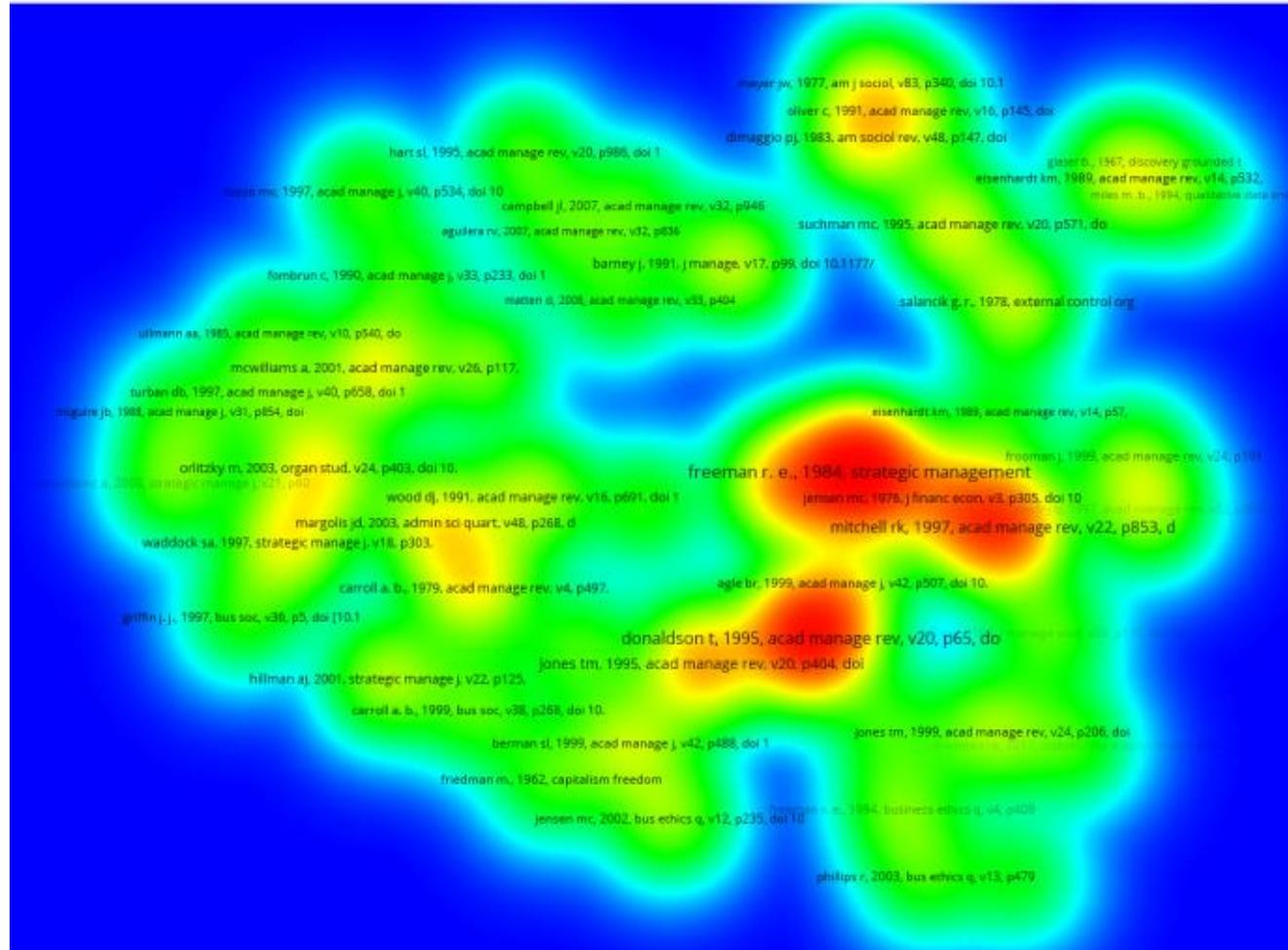
(c)



(d)

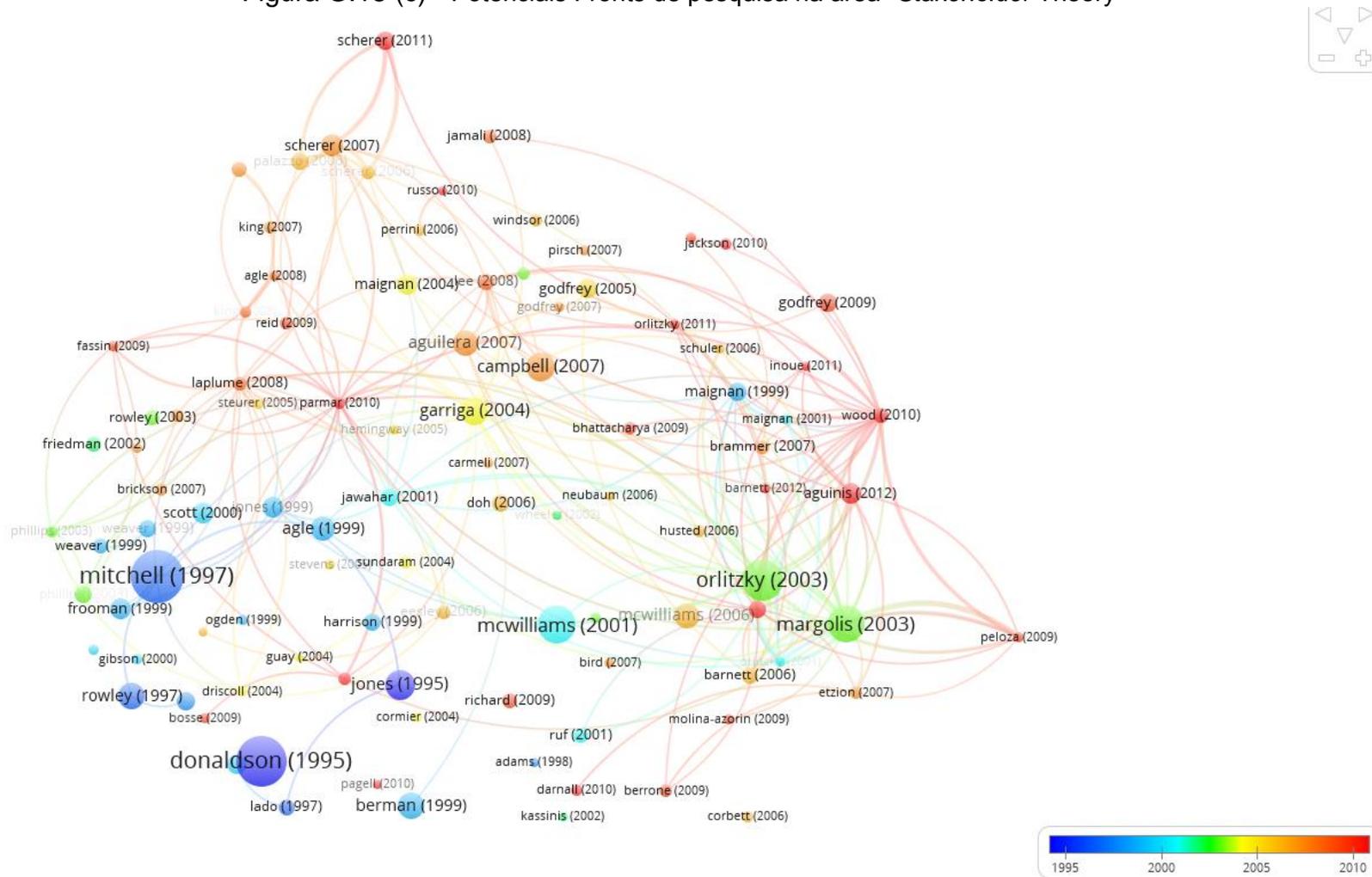
Da Figura G.17 extraem-se as seguintes informações sobre o tópico “Stakeholder Theory”, FREEMAN R. é um dos autores mais relevantes, o *Journal of Business Ethics* é um dos principais periódicos com publicações sobre este tópico. As categorias nas quais este tópico se enquadra são *Business* e *Management* e como exemplo de organizações que se dedicam à este tipo de pesquisa estão a *University of London* e *University of California System*.

Figura G.18 (b) – Títulos citados juntos (T. STH).



Obs Resultado de análise Bibliométrica usando o software VOSviewer e o tópico “Stakeholder Theory”.

Figura G.18 (c) - Potenciais Fronts de pesquisa na área “Stakeholder Theory”



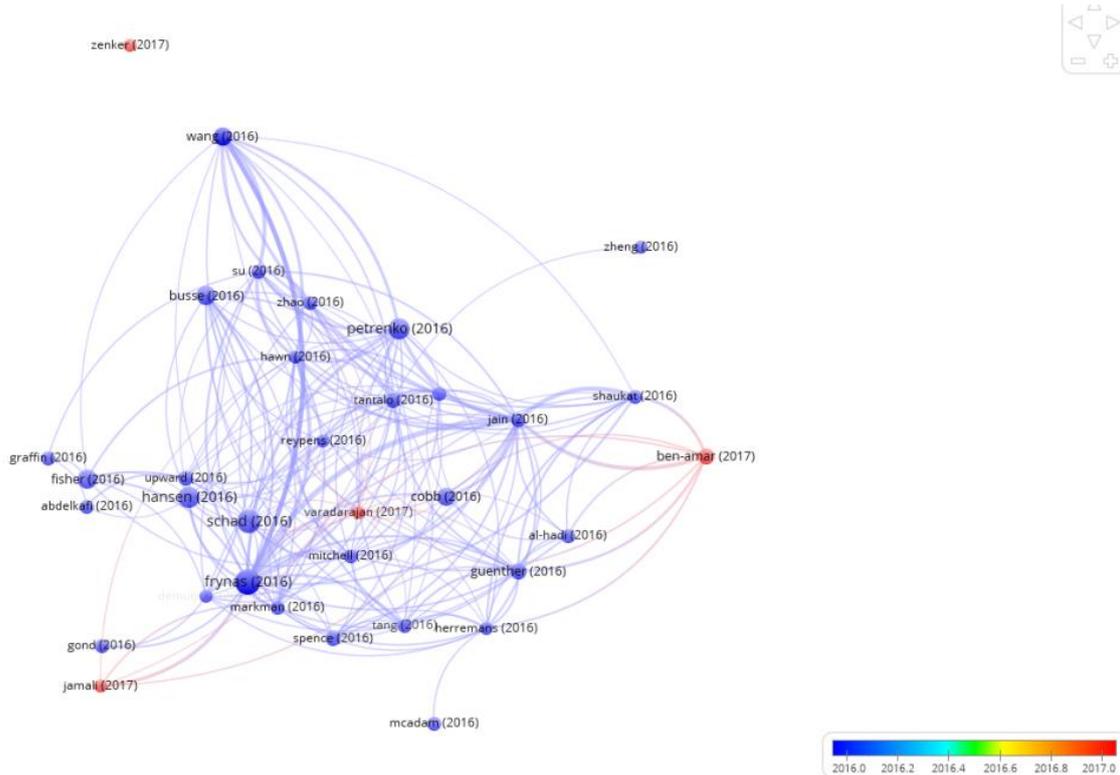
Observar na Figura G.18 (c) que o trabalho de Fassin (2009) aparece próximo ao trabalho de Mitchell et al, (1997). O trabalho de Fassin se tornou um dos trabalhos vicinais deste trabalho de tese, pois, destacou a falta de representatividade da dinâmica dos *Stakeholders*, quando se desenha sua rede de interação. Conforme observado no gráfico, os trabalhos de Fassin estão posicionados nas imediações do ano de 2010 mostrando um potencial front de pesquisa.

Para restringir a análise, pesquisou-se sobre o tópico “*Stakeholder Theory*” em um período de tempo menor, de 2016 ate 2017 (2 anos), e utilizou-se um filtro de co-citação do software *VOSviewer*. Obtêm-se como resultado os cluster da Figura G.19. Observar que as obras de Freeman (1984), Mitchell et al, (1997) ainda continuam dando suporte às pesquisas recentes.

Pesquisando-se sobre potenciais fronts de pesquisa que utilizam o tópico “Stakeholder Theory” produziu-se o gráfico da Figura G.20.

Figura G.20 – Resultado de análise Bibliométrica com o software VOSviewer sobre o tópico “Stakeholder Theory” nos últimos 2 anos (2016 e 2017).

Obs: Utilizando o filtro *Bibliographic Coupling*, filtro para mapear os potenciais fronts de pesquisa, para os títulos e os autores citados pelo menos 5 vezes.



Os artigos que se destacaram nos últimos 2 anos foram:

Frynas (2016) - Corporate Social Responsibility: review and roadmap of theoretical perspectives.

Obs: O artigo pesquisa sobre a necessidade de combinar metodologias para analisar a CSR nas corporações.

Schad (2016) - Paradox Research in Management Science: Looking Back to Move Forward.

Obs: O artigo pesquisa sobre a dinâmica da interação entre os indivíduos.

Mitchell (2016) - *Stakeholder Agency and Social Welfare: Pluralism and Decision Making in the Multi-Objective Corporation.*

Obs: O artigo pesquisa sobre o bem estar social e as decisões corporativas multiobjetivo

Hansen (2016) - *The Sustainability Balanced Scorecard: A Systematic Review of Architectures*

Obs: O artigo pesquisa sobre a mudança ocorridas na arquitetura do BSC para conciliar os vários interesses corporativos (financeiros, sociais, processuais, etc..).

Wang (2016) - *A Meta-Analytic Review of Corporate Social Responsibility and Corporate Financial Performance: The Moderating Effect of Contextual Factors.*

Obs: O artigo propõe combinar a *corporate social responsibility* (CSR) and *corporate financial performance* (CFP), para (1) endossar a afirmação que a CSR contribui para melhorar o desempenho financeiro das organizações e (2) para complementar e dar suporte ao ramo instrumental da teoria *Stakeholder*.

Busse (2016) - *Doing Well by Doing Good? The Self-interest of Buying Firms and Sustainable Supply Chain Management.*

Obs: O artigo investiga como as mudanças nas condições relacionadas à sustentabilidade (SRCs) em um fornecedor, influenciam no desempenho econômico dos compradores. Atua no ramo instrumental da teoria STH e sinaliza que é necessário **antecipar os efeitos** da SRCs.

Petrenko (2016) - *Corporate social responsibility or CEO narcissism? CSR motivations and organizational performance.*

Obs: O artigo relaciona o perfil e o comportamento pessoal dos CEOs e o impacto destes elementos na CSR e no desempenho das corporações.

Ben-amar (2017) - Board Gender Diversity and Corporate Response to Sustainability Initiatives: Evidence from the Carbon Disclosure Project.

Obs: O artigo investiga o efeito da representação feminina no conselho de diretores das corporações e sua influência nas respostas corporativas às demandas dos *Stakeholders* e aos riscos relacionados às mudanças climáticas.

Varadarajan (2017) - Innovating for sustainability: a *Framework* for sustainable innovations and a model of sustainable innovations orientation.

Obs: O artigo investiga sobre inovação sustentável como fonte de vantagem competitiva, associando-as as necessidades dos *Stakeholders*. Apresenta um *Framework* com potenciais vias para se praticar a inovação sustentável.

Jamal (2017) - CSR Institutionalized Myths in Developing Countries: An Imminent Threat of Selective Decoupling.

Obs: O artigo analisa como as corporações de países em desenvolvimento podem ganhar crédito (legitimidade) internacional quando se inserem no contexto da *corporate social responsibility* (CSR).

- **Pesquisa utilizando artigos mais correlacionados com a tese.**

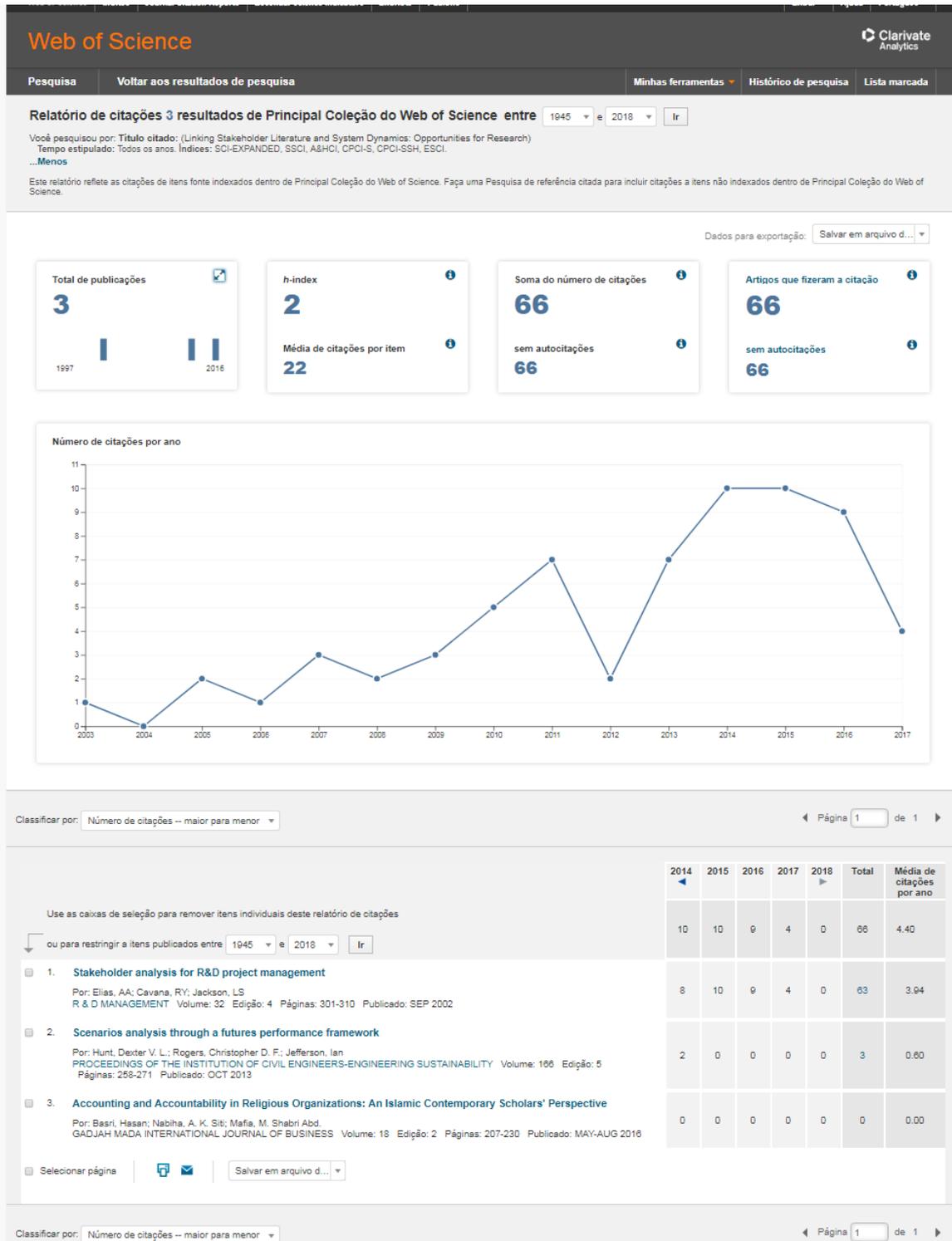
Faz-se a seguir, uma nova pesquisa considerando os 10 artigos mais recentes e que correlacionam T. STH & M. SD (ver Tabela G.2).

Tabela G.2 – Artigos atuais (mais recentes), que influenciaram na atual tese de Doutorado.

<ul style="list-style-type: none"> • ELIAS, Arun Abraham; CAVANA, Robert Y.; JACKSON, Laurie Skuba, 2000. “Linking <i>Stakeholder</i> Literature and System Dynamics: Opportunities for Research”. In: ICSTM.
<ul style="list-style-type: none"> • ELIAS, A. A., 2012. A system dynamics model for <i>Stakeholder</i> analysis in environmental conflicts. <i>Journal of Environmental Planning and Management</i>, 55(3), 387-406.
<ul style="list-style-type: none"> • Inam, A., Adamowski, J., Halbe, J., & Prasher, S., 2015. Using causal loop diagrams for the initialization of <i>Stakeholder</i> engagement in soil salinity management in agricultural watersheds in developing countries: A case study in the Rechna Doab watershed, Pakistan. <i>Journal of environmental management</i>, 152, 251-267
<ul style="list-style-type: none"> • Lu, C., Liu, H. C., Tao, J., Rong, K., & Hsieh, Y. C., 2017. A key <i>Stakeholder</i>-based financial subsidy stimulation for Chinese EV industrialization: A system dynamics simulation. <i>Technological Forecasting and Social Change</i>, 118, 1-14.
<ul style="list-style-type: none"> • Zwikael, O., ELIAS, A. A., & Ahn, M. J., 2012. <i>Stakeholder</i> collaboration and engagement in virtual projects. <i>International Journal of Networking and Virtual Organizations</i>, 10(2), 117-136.
<ul style="list-style-type: none"> • ZAINI, Raafat M.; LYAN, Dmitriy E.; REBENTISCH, Eric., 2015. “Start-up research universities, high aspirations in a complex reality: a Russian start-up university case analysis using <i>Stakeholder</i> value analysis and system dynamics modeling”. <i>Triple Helix</i>, v. 2, n. 1, p. 1-31.
<ul style="list-style-type: none"> • Mitchell R.K. et al., 1997. “Toward a Theory of <i>Stakeholder</i> Identification and Saliency: Defining the Principle of Who and What Really Counts”. <i>Academy of Management Review</i>, Vol. 22, No. 4, 853-886
<ul style="list-style-type: none"> • FASSIN, Yves. Imperfections and shortcomings of the <i>Stakeholder</i> model's graphical representation. <i>Journal of Business Ethics</i>, v. 80, n. 4, p. 879-888, 2008.
<ul style="list-style-type: none"> • FASSIN, Y. A dynamic perspective in Freeman's <i>Stakeholder</i> model. Ghent University, Faculty of Economics and Business Administration, 2011.
<ul style="list-style-type: none"> • FRIEDMAN, Andrew L.; MILES, Samantha. Developing <i>Stakeholder</i> theory. <i>Journal of management Studies</i>, v. 39, p. 1-21, 2002.

Pesquisando na base WoS e utilizando como tópicos o trabalho de ELIAS (2000), a palavra “*System Dynamics*” obtêm-se como resultado o relatório de citações da Figura G.21 a seguir. Com essa pesquisa obteve-se 3 títulos validos que foram analisados conforme descrito abaixo.

Figura G.21 – Relatório de citações utilizando o trabalho de Elias (2000) como referência.



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

<http://community.mis.temple.edu/mis5102sec401/files/2011/02/Stakeholder-analysis-for-rd-projects.pdf>

Obs-1: Segundo Elias (2002) ao se combinar os três níveis da abordagem de Freeman (1984), (racional, processual e transacional) e o mapeamento de Mitchell et al (1997) é possível produzir um *Framework* apropriado para analisar STHs envolvidos em projetos de P&D. O método é utilizado em um estudo de caso para um projeto rodoviário de P&D na Nova Zelândia.

Obs-2: O artigo Elias (2002) propõe um processo para se capturar os STHs de um sistema e explicitá-los em um mapa. Em seguida faz-se uma análise da dinâmica dos STHs e posteriormente estes STHs são dispostos em um mapa bidimensional classificando-os segundo seus processos e transações.

Obs-3: Comparando o artigo de Elias (2002) e o presente trabalho de tese, pode-se dizer que na tese, utiliza-se a mesma forma de capturar os STHs conforme foi proposto por Elias (2002) que usa o processo proposto por Mitchell et al. (1997), entretanto, a parte do mapeamento dinâmico é diferente. Enquanto Elias menciona que é preciso capturar a dinâmica dos STHs, nesta tese, propõe-se um *Workflow* para fazer a captura desta dinâmica.

- HUNT, Dexter VL; ROGERS, Christopher DF; JEFFERSON, Ian. **Scenarios analysis through a futures performance Framework**. In: Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Engineering Sustainability. Thomas Telford Ltd, 2013. p. 258-271.

https://www.researchgate.net/profile/D_Hunt/publication/258798795_Scenarios_analysis_through_a_futures_performance_Framework/link/s/00b7d528f59848cc84000000.pdf

Obs1 - Hunt et al. (2013) propõe um *Framework* (baseado em Excel) chamado *Future*

Performance Framework (FPF) capaz de ser utilizado nos processos de tomada de decisão. O *Framework* incorpora o pensamento futuro em cenários urbanos, associando-os à estrutura de engenharia de sistemas terrestres. Segundo o autor a construção dos meios urbanos baseado apenas em tendências históricas, legados e retrospectivas são insuficientes para descrever as tendências dos sistemas complexos modernos (que precisam combinar as necessidades humanas, os sistemas tecnológicos e o meio ambiente). O *Framework* mapeia as demandas humanas (p.ex. gás, água, energia, etc.) com os recursos naturais disponíveis mapeando-os em um quadro bidimensional. O posicionamento desses elementos permitem planejar o uso eficiente dos recursos.

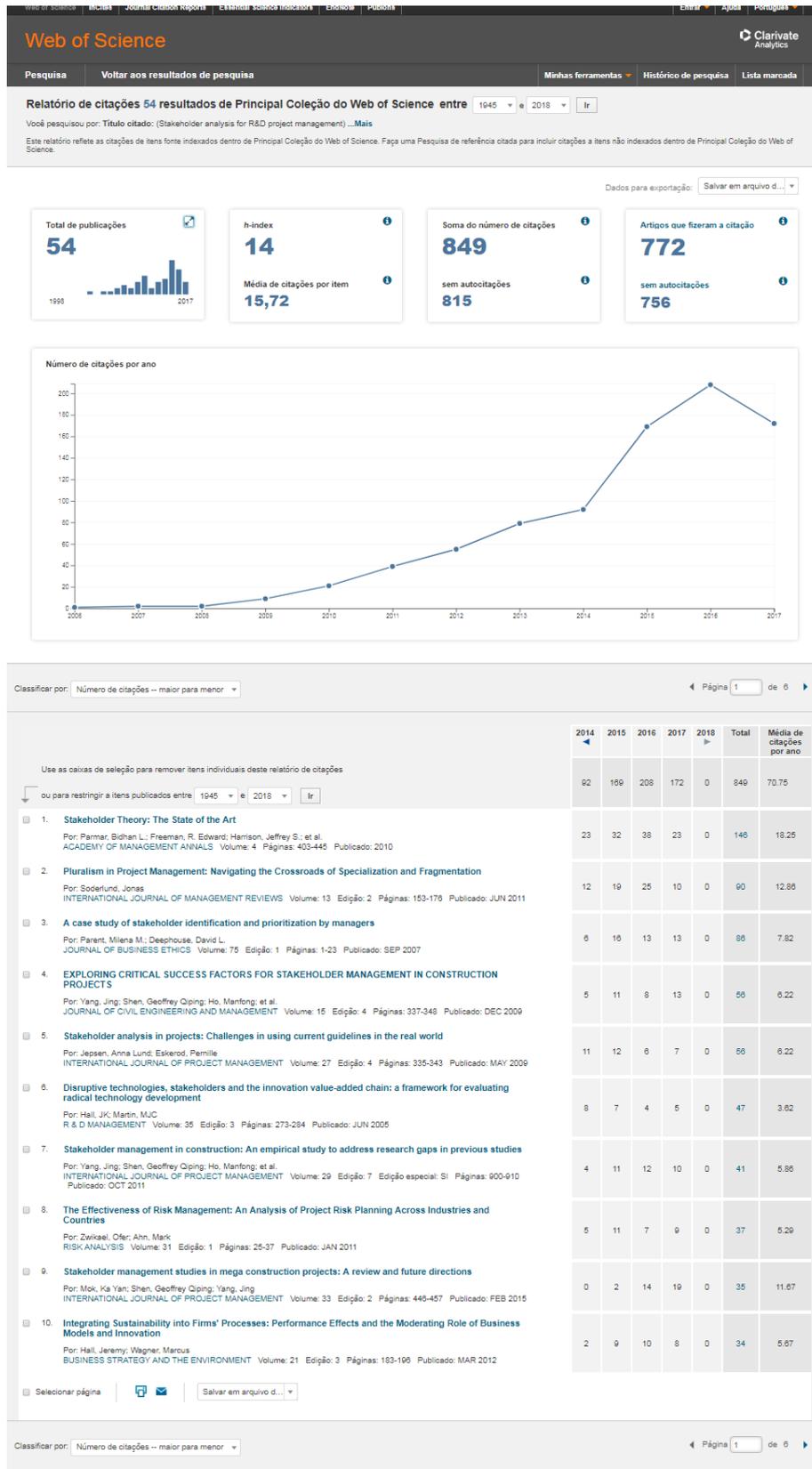
Obs2 - O Trabalho de Hunt et al (2013) difere da Metodologia STH/SD na forma de mapear, e nas ferramentas de captura da situação problemática.

Fazendo outra pesquisa, utilizando o Trabalho de Elias (2002) como referência no WoS, produz-se um relatório de citações com 54 títulos válidos (ver Figura G.22). A maioria dos trabalhos (inclusive aqueles publicados nos últimos 3 anos, de 2015 ate 2017) e que citam Elias (2002), propõem *Frameworks* específicos para modelar situações específicas. Aqueles trabalhos lançam mão da teoria STH e descrevem sobre a importância de identificar e classificar os STHs que existem no sistema sob análise. Os trabalhos também explicam (cada trabalho em seu ambiente específico) a importância de gerir os interesses dos STHs, p. exe. Ferenc et al. (2017); Katina et al. (2017); Vandaele; Decouttere (2014). Todavia, existe uma diferença importante entre aqueles trabalhos e a Metodologia STH/SD, apresentada neste trabalho de

tese, que se traduz principalmente no *Framework* STH/SD que combina a teoria STH e a metodologia SD.

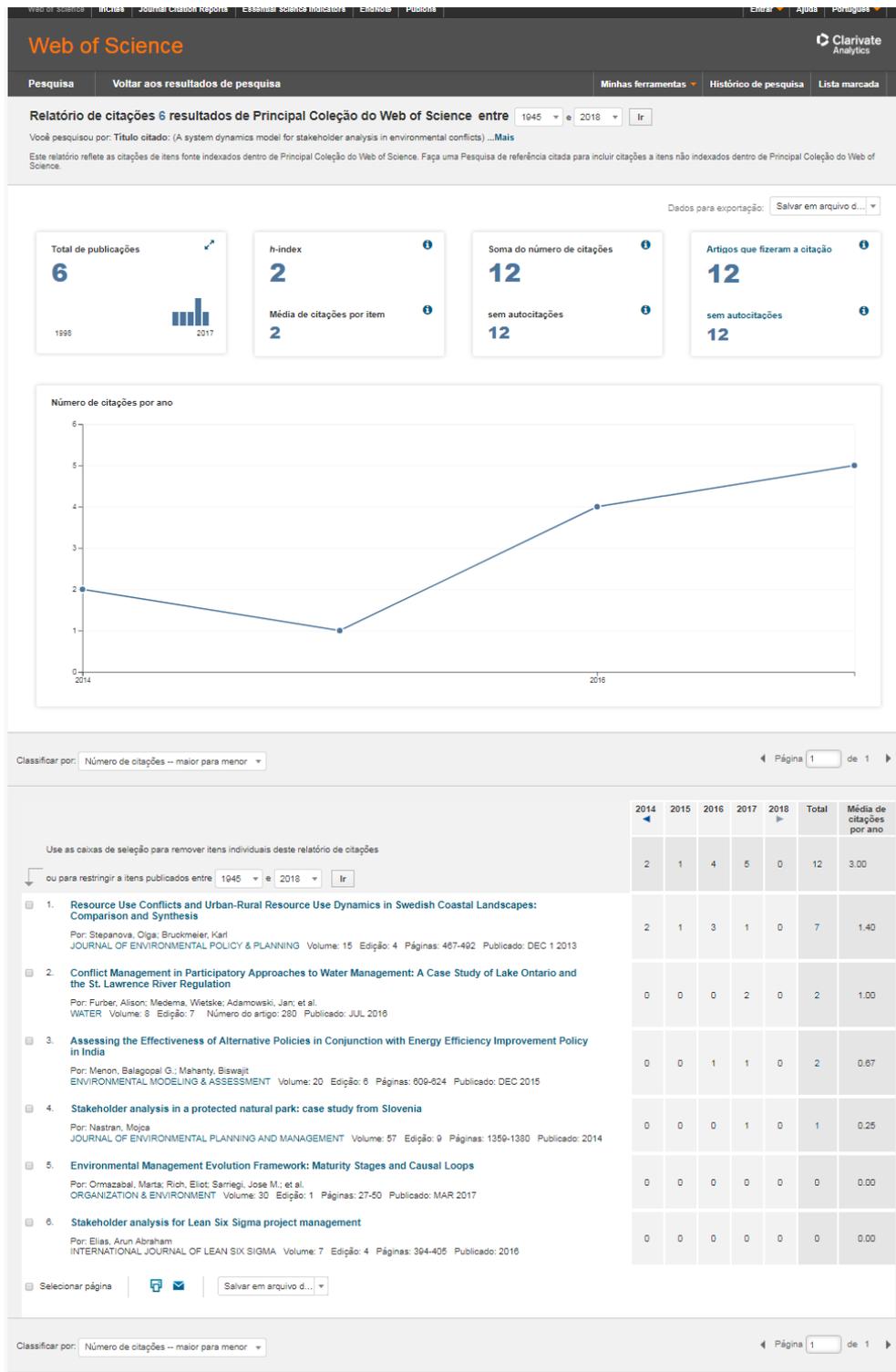
- FERENC, Patrik; VARMUS, Michal; VODÁK, Josef. **Stakeholders in the various field and relations between them.** *Procedia engineering*, v. 192, p. 166-170, 2017.
- VANDAELE, Nico J.; DECOUTTERE, Catherine J. **A Framework for Production System Design: Insights from Industrial Experience.** In: IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems. Springer, Berlin, Heidelberg, 2014. p. 76-82.
- KATINA, Polinpapilinho F.; KEATING, Charles B.; MAGPILI, Luna M. **A Systems-Based Framework for Design and Analysis of an R and D Structure.** *Systems*, v. 5, n. 3, p. 44, 2017.

Figura G.22 – Pesquisa utilizando o trabalho de ELIAS (2002) como referência.



Utilizando o Trabalho de Elias (2012) como referência o WoS produz-se o seguinte relatório de citações, Figura G.23.

Figura G.23 – Relatório de citação utilizando o trabalho de Elias (2012).



Os trabalhos acima se propõem a mapear casos ou situações problemáticas específicas. Em casos como Elias (2016) o autor utiliza a mesma lógica de modelagem apresentada em seu trabalho Elias (2012). Logo todos esses trabalhos diferem da Metodologia STH/SD, apresentada neste trabalho de tese, quanto à forma de mapear e representar o problema.

Recorrendo novamente à Tabela G.2 e usando o trabalho de Inam et al (2015) como referência no WoS produziu-se o seguinte relatório de citações (ver Figura G.24):

- Inam, A., Adamowski, J., Halbe, J., & Prasher, S., 2015. Using causal loop diagrams for the initialization of *Stakeholder* engagement in soil salinity management in agricultural watersheds in developing countries: A case study in the Rechna Doab watershed, Pakistan. *Journal of environmental management*, 152, 251-267

Figura G.24 – Pesquisa utilizando Inam et al (2015) como referência.



Do relatório acima, o paper Oviedo et. al (2016) é o que contém alguma relação com a proposta deste trabalho de tese (a Metodologia STH/SD). Oviedo et al. (2016), propõe uma forma particular de modelar uma situação problemática específica. O autor utiliza os diagramas CLD (oriundos da abordagem SD) apenas como uma alternativa visual para representar a complexidade do sistema que está sendo analisado.

- OVIEDO-OCAÑA, E. R. et al. A qualitative model to evaluate biowaste composting management systems using causal diagrams: a case study in Colombia. **Journal of Cleaner Production**, v. 133, p. 201-211, 2016.

- **Pesquisa com o tópico “Stakeholder Dynamics”**

Fazendo uma nova pesquisa, utilizou-se o tópico “Stakeholder Dynamics” para pesquisar na base de dados WoS e obteve-se como resultado o relatório mostrado na Figura G.25.

Figura G.25 – Bibliometria: “Stakeholder Dynamics”

The screenshot displays the Web of Science search results for the query "Stakeholder Dynamics". The interface includes a search bar at the top, a left sidebar with various filters, and a main results area. The filters on the left include "Anos de publicação" (2018-2012), "categorias do Web of Science" (Management, Business, Environmental Studies, Energy Fuels, Biotechnology Applied Microbiology), "Tipos de documentos" (Article, Review, Proceedings Paper), "Organizações - Aprimorada" (Vrije Universiteit Brussel, University of Hull, University of London, Newcastle University UK, Aalto University), "Agências financiadoras", "Acesso aberto", "Autores", and "Visualizar todos as opções".

The search results are listed as follows:

- Stakeholder Dynamics During the Project Front-End: The Case of Nuclear Waste Repository Projects**
Por: Aaltonen, Kimi; Kujala, Jaakko; Hovila, Laura, et al.
PROJECT MANAGEMENT JOURNAL Volume 48 Edição 8 Edição especial 91 Páginas 15-41 Publicado: DEC-JUN 2015
- The Breakdown of the Iron Triangle in the Process of Japan's Trinity Reform: An Application of the Multiple Streams Framework to Compare Stakeholder Dynamics Inherent in Policy Change**
Por: Bu, Tai; Liu, Chung-Tin; Hu, Hong; Ho, Ko, et al.
LEX LOCALIS-JOURNAL OF LOCAL SELF-GOVERNMENT Volume 15 Edição 2 Páginas 221-240 Publicado: APR 2017
- Forest based biomass for energy in Uganda: Stakeholder dynamics in feedstock production**
Por: Hazleton, Jennifer A.; Windhorst, Kai; Amezaga, Jaime M.
BIOMASS & BIOENERGY Volume 59 Páginas 102-119 Publicado: DEC 2013
- IMPLEMENTING COASTAL ZONE MANAGEMENT - 1972-1990**
Por: GOOSCHALK, DR
COASTAL MANAGEMENT Volume 20 Edição 2 Páginas 95-116 Publicado: APR-JUN 1992
- The Role of Dynamics in Stakeholder Thinking**
Por: Windsor, Derek
JOURNAL OF BUSINESS ETHICS Volume 98 Edição especial 31 Suplemento 1 Páginas 73-87 Publicado: AFD 2010
- Multi-Stakeholder Dynamic Planning of System of Systems Development and Evolution**
Por: Feng, Zhennan; DeLuarentis, Daniel; Editado por: Wade, J.; Cloutier, R.
Conference: Conference on Systems Engineering Research Local, Hoboken, NJ Date: MAR 17-19, 2015
2015 CONFERENCE ON SYSTEMS ENGINEERING RESEARCH Série de livros, Proceed Computer Science Volume 44 Páginas 85-104 Publicado: 2015
- The Internet as potential equalizer: New leverage for confronting social irresponsibility**
Por: Coombs, WT
PUBLIC RELATIONS REVIEW Volume 24 Edição 3 Páginas 299-303 Publicado: FAL 1998
- Building Chains and Directing Flows: Strategies and Tactics of Mutual Influence in Stakeholder Conflict**
Por: Zetama, Chakana; Witt, Monika I.
BUSINESS & SOCIETY Volume 47 Edição 1 Páginas 56-101 Publicado: MAR 2008
- Stakeholder Marketing and the Organizational Field: The Role of Institutional Capital and Ideological Framing**
Por: Handbergan, Jay M.; Cunningham, Peggy H.; Bourassa, Naureen A.
JOURNAL OF PUBLIC POLICY & MARKETING Volume 29 Edição 1 Edição especial 51 Páginas 27-37 Publicado: SPR 2010
- What can triple helix frameworks offer to the analysis of eco-innovation dynamics? Theoretical and methodological considerations**
Por: Wang, Yan; Hagedoorn, Jelle; Egevang, Rasmus; Aagaard, Anne
SCIENCE AND PUBLIC POLICY Volume 39 Edição 3 Páginas 373-385 Publicado: JUN 2012
- Stakeholder dynamics in bioenergy feedstock production: The case of Jatropha curcas L. for biofuel in Chhattisgarh State, India**
Por: Hazleton, Jennifer A.; Tevari, Surander; Amezaga, Jaime M.
BIOMASS & BIOENERGY Volume 59 Páginas 19-32 Publicado: DEC 2013
- Stakeholder dynamics and responsibilities in Public-Private Partnerships: A mixed experience**
Por: De Scheppe, Steven; Coenen, Vincent; Hezardoniak, Elina
INTERNATIONAL JOURNAL OF PROJECT MANAGEMENT Volume 32 Edição 7 Páginas 1215-1222 Publicado: OCT 2014
- Resource conflict, collective action, and resilience: an analytical framework**
Por: Payne, Betsy D.; Weisman-Cook, Ruth; May, Caroline, et al.
INTERNATIONAL JOURNAL OF THE COMMONS Volume 7 Edição 1 Páginas 103-208 Publicado: 2012
- A REVIEW OF STAKEHOLDER DYNAMICS**
Por: Kopyeva, T.; Lloyd, D.; Patten-Tones, E., et al.
POLISH JOURNAL OF MANAGEMENT STUDIES Volume 14 Edição 1 Páginas 140-151 Publicado: 2016
- FAKING IT OR MUDDLING THROUGH? UNDERSTANDING DECOUPLING IN RESPONSE TO STAKEHOLDER PRESSURES**
Por: Orlitzky, Donald; Zollo, Maurizio; Harwan, Motien T.
ACADEMY OF MANAGEMENT JOURNAL Volume 55 Edição 8 Páginas 1439-1449 Publicado: DEC 2012
- Something old, something new: Path dependence and path creation during the early stage of a project**
Por: Aaltonen, Kimi; Ahola, Tuomas; Ardo, Harjo
INTERNATIONAL JOURNAL OF PROJECT MANAGEMENT Volume 35 Edição 5 Páginas 749-762 Publicado: JUL 2017

Observa-se que existem trabalhos que detectaram o dinamismo nas ações dos *Stakeholders* e estão se propondo a mapeá-los. Dentre os 30 trabalhos capturados com a pesquisa vale ressaltar o que segue:

Voinov (2010) apresenta várias formas de se modelar sistemas de *Stakeholders*. O autor cita inclusive o VENSIM e o Dymond (softwares usado na modelagem SD).

- VOINOV, Alexey; BOUSQUET, Francois. Modelling with *Stakeholders*. **Environmental Modelling & Software**, v. 25, n. 11, p. 1268-1281, 2010.
- VOINOV, Alexey et al. Modelling with *Stakeholders*—next generation. **Environmental Modelling & Software**, v. 77, p. 196-220, 2016.

VENNIX, J.A.M. Group Model-Building: Facilitating Team Learning Using System Dynamics. Wiley, Chichester (1996).

Obs.: O livro texto STERMAN 2000 substitui este livro.

KOPLYAY, Tamas et al. A review of *Stakeholder* dynamics. **Polish Journal of Management Studies**, v. 14, n. 1, 2016.

<http://pjms.zim.pcz.pl/files/A-Review-of-Stakeholder-Dynamics.pdf>

- Kopyay et al. (2016) estuda como os fatores culturais e os relacionamentos dos STHs podem influenciar no perfil de mercado e no desempenho das empresas. Os atores sugerem que o processo de tomada de decisão deve incluir o monitoramento e a gestão dos relacionamento dos STHs. A dinâmica dos STHs é ditada pelo cenário de estudo, que utiliza o mercado de alta tecnologia Canadense e Europeu.

AALTONEN, Kirsi et al. *Stakeholder* Dynamics During the Project Front-End: The Case of Nuclear Waste Repository Projects. **Project Management Journal**, v. 46, n. 6, p. 15-41, 2015.

- Resumo: <https://www.pmi.org/-/media/pmi/documents/public/pdf/research/research-summaries/aaltonen-summary-Stakeholderdynamics.pdf>
- Paper completo: https://www.researchgate.net/profile/Kirsi_Aaltonen2/publication/284132001_Stakeholder_Dynamics_During_the_Project_Front-End_The_Case_of_Nuclear_Waste_Repository_Projects/links/5650605c08aefe619b14f788.pdf

Obs: Em Aaltonen et al (2015, p. 17) o autor menciona sobre a natureza dinâmica dos STHs,

- *Stakeholders'* attributes and their position on the project do not remain steady-state during the project, but have a dynamic nature (AALTONEN et al, 2015 p. 17).

Segundo Aaltonen et al. (2015), é possível entender a dinâmica dos STHs, que atuam em um projeto (sistema), e seus principais *drivers*, analisando o sistema sob 3 perspectivas diferentes e complementares: mapeando a influência dos STHs, mapeando o contexto onde o do projeto se desenvolve e identificando a estratégia adotada para gerir os STHs e seus interesses.

Os gráficos e tabelas mostrados neste anexo não esgotam o trabalho de pesquisa bibliográfica e de análise bibliométrica, todavia, eles são um bom exemplo dos procedimentos adotados para prospectar as referências utilizadas na tese.