

CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FEI

ROGÉRIO MARCOS OREFICE

DINÂMICA DE SISTEMAS: Uma análise bibliométrica da
“System Dynamics Review”

São Paulo
2014

ROGÉRIO MARCOS OREFICE

DINÂMICA DE SISTEMAS: Uma análise bibliométrica da
“System Dynamics Review”

Dissertação de Mestrado apresentada ao Centro
Universitário da FEI para a obtenção do título de
Mestre em Administração, sob orientação do
Prof. Dr. Edmilson Alves de Moraes

São Paulo
2014

Orefice, Rogério Marcos

Dinâmica de sistemas: uma análise bibliométrica da
“System Dynamics Review” / Rogério Marcos Orefice. – São
Paulo, 2014.

60 f. : il.

Dissertação – Centro Universitário da FEI.

Orientador: Prof. Dr. Edmilson Alves de Moraes.

1. Dinâmica de sistemas. 2. Bibliometria. 3. System
Dynamics Review. I. Moraes, Edmilson Alves de; orient. II.
Título.

CDU 531.3



Centro Universitário da FEI

APRESENTAÇÃO DE DISSERTAÇÃO ATA DA BANCA JULGADORA

Programa de Pós-Graduação em Administração

PPGA-10

Candidato: Rogerio Marcos Orefice

Matrícula: 321211-5

Título do Trabalho: Uma Análise Bibliométrica do Período do Systema Dynamics Review..

Área: Capacidades Organizacionais Mercados e Consumo Sustentabilidade

Orientador: Prof. Dr. Edmilson Alves de Moraes

Data da realização da prova: 10/12/2014

ORIGINAL ASSINADA

A Banca Julgadora abaixo-assinada, atribuiu ao candidato o seguinte:

APROVADO

REPROVADO

São Paulo, 10/12/2014

MEMBROS DA BANCA JULGADORA

PROF. DR. EDMILSON ALVES DE MORAES

ASS.: _____

PROF. DR. EDSON SADAQ IIZUKA

ASS.: _____

PROF. DR. MILTON CARLOS FARINA

ASS.: _____

Versão Final da Dissertação

Aprovação do Coordenador do Programa de Pós-Graduação

Endosso do Orientador após a inclusão
das recomendações da Banca Examinadora

Prof. Dr. Edmilson Alves de Moraes

A meus pais, irmãos, esposa e filhas,
credores dos méritos das minhas vidas.

AGRADECIMENTOS

Confúcio dizia que mestre é aquele que vasculhando o antigo, descortina o novo.

Gostaria de agradecer meu mestre e orientador Prof. Dr. Edmilson Alves de Moraes, pelas ideias, orientação e pelo descortinar de um mundo novo no novelo científico a partir destes primeiros passos com a Dinâmica de Sistemas.

À Profa. Dra. Maria Teresa Saraiva de Souza e ao Prof. Dr. Edson Sadao Iizuka pela preciosa contribuição.

Aos docentes da FEI que neste fugaz momento de vida, muito e profundamente contribuíram com esta realização, os professores doutores: André Ofenhejm Mascarenhas, Bráulio Oliveira, Carmen Augusta Varella, Flávia Luciane Consoni, Isabella Francisca Freitas Gouveia de Vasconcelos e Roberto Carlos Bernardes.

À Renata Gallão pelo zelo com a forma deste trabalho.

Aos amigos e colegas das turmas do semestre anterior e posterior, que ensinaram e aprenderam nas experiências de vida que compartilhamos e narramos.

Às minhas irmãs e irmãos Gisele, Kátia, Alan, Murilo e Paulo, por apostarem na vida comigo e sempre que oportuno me incentivarem.

Às minhas filhas, Giovanna e Julianna, pela confiança, carinho e esperança depositados.

À minha incansável companheira, Érica, pela honra da companhia, pelo incentivo, paciência, dedicação e amor.

A meu pai, Claudio, que voltou à “vida” antes da conclusão deste, pelo esforço, pela orientação, doação e exemplo de vida.

A minha mãe, Nice, companheira fundamental desta e de outras vidas, pela doce forma de conduzir a formação da minha, por vezes, tão arredia essência.

Ao amigo Franz pela constante cobertura e apoio.

E, finalmente, ao Mestre dos mestres, que tem sido meu “norte” desde o meu despertar.

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original.”

Albert Einstein

RESUMO

A Dinâmica de Sistemas surgiu em 1956 a partir das ideias e do inconformismo prático de seu criador Jay Wright Forrester quanto à resolução de problemas e quando ela foi associada de modo estruturado ao pensamento social recebeu um impulso rumo ao desenvolvimento. Foi criada a *System Dynamics Society* e nela um veículo de transmissão de conhecimento o *System Dynamics Review*. Esta pesquisa analisou as publicações deste periódico em seus trinta anos de existência no intuito de realizar uma bibliometria acompanhada de análise de rede social, para formar um "mapa" inicial deste campo científico. Foram analisadas as principais autorias e coautorias; os autores e suas obras mais influentes; as instituições às quais esses autores se vinculavam; a origem geográfica de autores e instituições; as parcerias entre esses autores e suas posições na rede de relacionamento. A pesquisa sugere a concentração do tema nos Estados Unidos, em torno de um número reduzido de pesquisadores e lenta disseminação, restando a realização de outras avaliações em periódicos significativos para o tema no intuito de completar o "mapeamento" possibilitando o fornecimento de um conjunto de dados e informações mais apuradas àqueles que delas necessitarem.

Palavras-chave: Dinâmica de sistemas. Bibliometria. System Dynamics Review.

ABSTRACT

System Dynamics emerged in 1956 from the ideas and practical solving problems nonconformity of its creator Jay Wright Forrester and when it had a structured association with social Science, it received a boost towards its development. System Dynamics Society was created and with its operation came a vehicle for transmitting knowledge, a journal, System Dynamics Review. This research analyzed publications of this journal in its thirty years of existence in order to implement a bibliometrical and a social network analysis to form a initial "map" of this scientific field. The main authorship and co-authorships were analyzed; authors and their most influential works; the institutions to which the authors were linked; the geographical origin of authors and institutions; partnerships between these authors and their positions in the social network. The research suggests the concentration of the subject in United States around a small number of researchers and slow spread, pointing the other significant reviews research necessity in order to complete the "mapping" enabling the provision of a set of data and more accurate information to those who need them.

Key words: System dynamics. Bibliometrics. System Dynamics Review.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – Representação causal positiva e negativa entre dois elementos	19
FIGURA 2 – Representação de ciclo causal ou feedback	19
FIGURA 3 – Representação causal da preparação de rede de lojas departamental	20
FIGURA 4 – Componentes gráficos do Diagrama de Forrester	23
FIGURA 5 – Diagrama de Forrester	23
FIGURA 6 – Número de Artigos de 1985 a 2014	35
FIGURA 7 – Distribuição de artigos por Classe	35
FIGURA 8 – Distribuição dos artigos por Tema	36
FIGURA 9 – Número de artigos por Assunto	36
FIGURA 10 – Artigos por Tema ao longo do tempo - Classe “Aplicações”	38
FIGURA 11 – Artigos por Assunto ao longo do tempo - Classe “Teóricos”	39
FIGURA 12 – Medição de Lotka	40
FIGURA 13 – Relação entre autores com dois ou mais artigos em comum	42
FIGURA 14 – Distribuição de autores por país	43
FIGURA 15 – Número de autores por país	43
FIGURA 16 – Distribuição de instituições por país	48
FIGURA 17 – Número de instituições por país	49
FIGURA 18 – Índice h – Autores-Referência	51
FIGURA 19 – Frequência de citação de obras referenciadas	52

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Classes, temas e assuntos dos artigos	31
QUADRO 2 – Números gerais	34
QUADRO 3 – Distribuição dos artigos na estrutura de classificação	37
QUADRO 4 – Artigos produzidos por quantidade de autor	39
QUADRO 5 – Produção por Autor	41
QUADRO 6 – Publicações em parceria	42
QUADRO 7 – Autores – Referência	50

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Autores por instituição	44
TABELA 2 – Centralidade por autor	45
TABELA 3 – Intermediação por autor	46
TABELA 4 – Grau de proximidade	47
TABELA 5 – Produção por instituição	49

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 Sistemas	15
2.2 Pensamento sistêmico	17
2.3 Modelagem e simulação	18
2.4 Dinâmica de sistemas	21
2.5 Bibliometria	24
2.6 Sociometria e análise de redes sociais	27
3 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	29
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS	34
4.1 Artigos	34
4.2 Autores	39
4.3 Instituições	48
4.4 Autores referências	50
4.5 Síntese de resultados	53
5 CONCLUSÃO	55
REFERÊNCIAS	57

1 INTRODUÇÃO

O ser humano vem desenvolvendo suas capacidades ao longo do tempo. Os elementos que o homem manipula nos dias de hoje pouco tem em comum com aqueles manipulados por seus ancestrais.

O conhecimento adquirido pelo homem com observação, cópia e avaliação de suas diversas “aventuras” era transmitido a seus descendentes de forma empírica e desorganizada, dessa forma o homem seguia a lentos passos rumo à evolução. A invenção da escrita veio alterar este “*status quo*”. O homem, através desse novo recurso, pode organizar o legado de suas descobertas e invenções de maneira exata e menos dependente do indivíduo. Assim, imprimiu ao seu dia-a-dia, maior complexidade, organizando suas crenças, seus valores, suas comunidades, seu mundo enfim, para, no instante seguinte, questioná-lo. Movido como sempre pelo desejo de vencer os desafios, desenvolveu e vem desenvolvendo constantemente, sua forma de pensar.

O pensamento humano, tal qual o próprio homem, sonhou em sua infância com o paradigma religioso, agiu em sua juventude com o paradigma científico e repousa hoje na maturidade com o paradigma holístico ou sistêmico. Este paradigma considera que a visão reducionista do paradigma científico é incompleta, ou seja, a visão e a compreensão das partes de uma situação não reflete necessariamente a composição de todas elas, há algo mais a ser apreendido, algo que está na interação entre essas partes, na ação e reação de cada elemento de um sistema que busca um fim comum (SENGE, 1990). Este é o pensamento sistêmico, que foi timidamente “tocado” no final do século XVII com Isaac Newton e seus enunciados sobre causa e efeito.

No universo para cada ação sempre há uma reação, que em verdade torna-se, por sua vez, a ação geradora de outra reação. Desta forma, um fato isolado em verdade é o resultado da somatória de uma cadeia de ações e reações (NEWTON, 1999). Atribuir um propósito a esta cadeia de ações e reações é definir um sistema, que em outras palavras pode ser considerado como um conjunto de elementos e suas interações, que de forma coordenada objetiva um fim comum (MEADOWS, 2008). Assim, as situações que o homem vive em seu dia-a-dia, são sistemas complexos os quais ele deve compreender para deles extrair as melhores e mais confortáveis situações.

A proposta da Dinâmica de Sistemas é a de ser ferramenta na avaliação desses sistemas, uma interpretação da realidade por mecanismos que a modelem e permitam sua

projeção ao longo do tempo, não tomando para si a predição de determinado resultado e sim a gestão das situações representadas (GARCIA, 2010).

Desde a criação de suas bases na década de 1950, muito foi sendo agregado, desenvolvido. O próprio desenvolvimento dos computadores e da tecnologia da informação foi fator fundamental para o sucesso de sua expansão, especialmente no que tange à simulação (FORRESTER, 1989). Foi criada a System Dynamics Society, uma sociedade com a finalidade de desenvolver e difundir a Dinâmica de Sistemas que estendeu seus braços por mais de setenta países.

A despeito da presença desta sociedade no Brasil, o tema Dinâmica de Sistemas está circunscrito a um pequeno número de pesquisadores no país, dos quais pouca publicação nacional se encontra. A busca inicial sobre o tema apontou para a direção à qual o senso comum também apontaria: sua maturidade está nos Estados Unidos, berço de seu nascimento. Mas porque uma ferramenta auxiliar da compreensão do mundo complexo dos dias atuais não tem maior projeção? Como é sua projeção em outros países do mundo e mesmo nos Estados Unidos?

Diante deste questionamento, surgiu a ideia da realização de um trabalho, cuja pretensão é criar um “mapa” sobre o assunto de modo a fornecer material organizado de apoio e incentivo às incursões no tema. Sua etapa inicial é esta pesquisa que começa a “topografia” através do principal periódico da área, o *System Dynamics Review*, editado pela *System Dynamics Society*, que conta com a direção dos criadores e idealizadores da Dinâmica de Sistemas.

A pesquisa realiza uma bibliometria do periódico, em todo o seu tempo de existência, associada a uma avaliação da rede social dos autores. A tabulação das informações sobre os artigos publicados, seus autores, seus conteúdos, principais obras citadas, instituições às quais se ligam os autores, tendências, relacionamentos e sua apresentação sobre forma de gráficos, quadros e tabelas é seu objetivo.

Em sua revisão bibliográfica, a pesquisa apresenta conceitos básicos de Sistemas, Pensamento Sistêmico, Modelagem, Simulação, Dinâmica de Sistemas, Bibliometria e Sociometria. Na sequência explicita o Procedimento Metodológico utilizado. Apresenta os Resultados Obtidos, sua Análise e finalmente apresenta a Conclusão realizando uma reflexão sobre o valor e a percibibilidade das informações demonstradas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esta revisão bibliográfica abordará os temas Sistemas, Pensamento Sistêmico, Modelagem e Simulação, Dinâmica de Sistemas, Bibliometria e Sociometria.

2.1 Sistemas

Um sistema pode ser definido como uma combinação de elementos, peças ou partes, que de forma coerentemente organizada, objetiva um fim comum (MEADOWS, 2008). Cada uma de suas peças ou partes pode ainda, sob a ótica funcional, ser o resultado de outro sistema de onde se conclui que um sistema, de forma mais abrangente, pode ser a combinação de elementos, peças, partes ou mesmo subsistemas que de forma coordenada objetiva um fim comum (CHURCHMAN, 1968).

As notícias dos primeiros enunciados sobre sistemas datam da década de 1920, mas somente no final da década de 1930 é que a linha mestra da Teoria Geral de Sistemas foi proposta (DRACK, 2008). O biólogo austríaco Karl Ludwig von Bertalanffy a propôs a partir de seu trabalho em torno de organismos e os problemas de crescimento. Em 1968 publicou seu tratado sobre sistemas na obra “*The Theory of Open Systems in Physics and Biology*”. Nessa obra ele utilizou uma abordagem holística da Biologia apontando que o organismo é de fato a soma de partes e deve ser visto como um todo maior que essas partes que trabalham de forma interdependente para o alcance de um fim comum e que cada um dos elementos, ao serem reunidos para constituir uma unidade funcional maior, desenvolve qualidades que não se encontram usualmente em seu estado isolado (WECKOWICZ, 1988).

Formado em Biologia e Filosofia, estudioso e interessado em História e Humanidades em geral, Bertalanffy procurava fazer a ponte entre Ciências Naturais e Humanidades e por esta razão, anos depois do seu trabalho focado em Biologia, ele passou a considerar que a estrutura conceitual de sua Teoria de Sistemas poderia ser aplicada a outras disciplinas, realizando esta ponte (WECKOWICZ, 1988). Além da distinção na área biológica, Bertalanffy ocupa posição de destaque na história intelectual do século XX. Sua contribuição estende-se à Psicologia, Psiquiatria, Sociologia, Cibernética, História e Filosofia

sendo hoje considerado o fundador e um dos principais autores da escola de pensamento da Teoria Geral de Sistemas (WECKOWICZ, 1988).

O conceito para sistemas surgiu a partir do mundo “concreto”, físico, uma avaliação de Bertalanffy para o comportamento de elementos que interferiam no processo de crescimento de certos organismos e sua inter-relação, entretanto migrou para o mundo extra físico, mostrando que Bertalanffy estava correto quanto à aplicação do conceito sistêmico a outras áreas do conhecimento (BERTALANFFY, 1968). Com esta migração e a popularização do conceito, várias classificações foram atribuídas aos sistemas. Em seu artigo “*Towards a System of Systems Concept*”, Ackoff (1971), os classifica em dois grupos: sistemas concretos e sistemas abstratos. No primeiro grupo como conjunto de objetos, no segundo como conjunto de conceitos. O mesmo autor aponta para as classificações alusivas ao ambiente, como sistemas abertos ou fechados, ou aqueles que interagem ou não com elementos além de suas fronteiras, e ainda, para sistemas complexos pela capacidade funcional de seus elementos, como aqueles cujas propriedades não são uma consequência natural de seus elementos quando observadas isoladamente, mas sim como resultado do todo sistêmico. Aponta que por vezes, termos diferentes referem-se a elementos iguais e em outras ocasiões termos iguais são utilizados para diferentes conceitos, cenário este agravado pela dificuldade de rastreio e forte dispersão na literatura sobre a pesquisa em sistemas (ACKOFF, 1971).

A despeito desta multiplicidade conceitual sobre sistemas, dois elementos sistêmicos têm fundamental relevância para seu estudo em Dinâmica de Sistemas. O primeiro deles é a retroalimentação, conhecida também em sistemas como *feedback*. Através da retroalimentação uma saída do sistema ou parte dela é reaplicada como entrada e pode assumir um papel calibrador ou catalizador nas relações do sistema (FORRESTER, 1968). O segundo elemento é o atraso ou *delay*. Os atrasos interferem no fluxo das ações e reações do sistema podendo produzir oscilações em seu andamento (MEADOWS, 2008). O estudo do comportamento dos elos de retroalimentação e atraso nos sistemas é fundamental na compreensão dos resultados oferecidos por um sistema (FORRESTER, 1968; FORD, 1999).

Esses elementos são integrantes dos conceitos do pensamento sistêmico.

2.2 Pensamento sistêmico

No século XVII, filósofos como Francis Bacon (1561-1626), Rene Descartes (1596-1650), John Locke (1632-1704) e Isaac Newton (1642-1727) lançaram suas luzes sobre a humanidade. Suas ideias imprimiram uma mudança na mentalidade da sociedade europeia e ofereceram subsídios para a formação da base do pensamento iluminista que permeou os séculos seguintes e procurou ressaltar o poder da razão. A essas ideias são atribuídos os nascimentos da ciência moderna, da matemática moderna, da filosofia moderna, da mecânica clássica e do liberalismo.

O pensamento reducionista e mecanicista oriundos da forma de pensar destes expoentes de nossa história tentava explicar o mundo que cercava o ser humano com os pressupostos da simplicidade, estabilidade e objetividade (CAPRA, 2006a). Considerava-se por meio destes pressupostos que a realidade podia ser representada de maneira exata, de forma objetiva, separando-se o mundo complexo em partes simples, em seu estudo isolado. No meio científico, a ação ficou conhecida como a aplicação da "navalha de Occam" em homenagem a Willian Ockham (1285 - 1347), filósofo de grande influência no século XIV. O reducionismo considerava que quando se fazia necessário escolher uma hipótese dentro daquelas enumeradas para determinada situação sem possuir evidências claras sobre a melhor opção, escolher a mais simples era a ação a ser tomada (HYMAN; WALSH, 1973).

Os sistemas de educação existentes por toda a Europa na época e todos aqueles que foram oriundos deles e que chegaram aos nossos dias, sofreram forte influência do pensamento “reducionista-mecanicista” e demonstram ainda hoje os efeitos dessa influência, a despeito das mudanças ocorridas desde então (LEÃO, 2008).

No século XX, surgiu uma nova forma de abordar a realidade, divergente do pensamento “reducionista – mecanicista”, o pensamento sistêmico. Ele considera que a redução aplicada à realidade complexa, dividindo esta realidade em partes independentes que tem vida própria, embora ajude na compreensão dos fenômenos de forma isolada, não oferece meios para a compreensão da interação entre estas partes e não fornece elementos suficientes para a expressão do mundo real em sua plenitude. Afirma que em um dado sistema, o todo tem propriedades que não são compreendidas a partir de seus componentes e sim de sua interação, visão holística da realidade.

A despeito dessa nova visão sobre a realidade, o pensamento sistêmico não descarta a racionalidade científica, a considerando extremamente válida, entretanto considera que a

racionalidade deve ser aliada à subjetividade e às tradições, o que remete o pensador à interdisciplinaridade para a compreensão da realidade, uma visão holística (CAPRA, 2006b).

Assim, para o estudo e a compreensão da realidade e de suas facetas, o pensamento sistêmico utiliza-se de instrumentos como a modelagem e a simulação.

2.3 Modelagem e simulação

Há diversas teorias para o aprendizado do ser humano, entretanto, o fato real é que o aprendizado em si, a forma de compreender a informação que chega ao homem e sua apreensão, ainda é uma incógnita. A única certeza que se tem neste sentido é que o aprendizado se processa sempre por intermédio de signos, símbolos interpretáveis (DELEUZE, 2003).

Os modelos são exemplos destes signos ou símbolos interpretáveis. Eles são a representação dos aspectos essenciais de um sistema e carregam em seu bojo o “saber” do sistema, ou seja, o conhecimento do sistema, suas características, seu comportamento. Eles podem apresentar elementos tangíveis, funções, eventos, interações ou especificações e características descritivas, nominativas e referenciais, sempre no sentido de melhor representar o objeto razão de sua existência (EYKHOFF, 1974).

Assim, por intermédio do instrumento da modelagem, podem ser elaboradas diversas posições do comportamento de um sistema a ser representado, como fotografias obtidas em determinados momentos. Nos sistemas onde é possível a representação dos elementos por intermédio de um número de parâmetros limitados e quantificáveis, podem ser aplicados os modelos formais, matemáticos. Estes tipos de modelo são compreendidos pelo próprio desenvolvimento matemático. Para os sistemas mais complexos, onde a compreensão das relações entre seus elementos é necessária, pode ser utilizado o diagrama causal ou diagrama de efeito causal (GARCIA, 2010).

A utilização do Diagrama Causal é muito comum. A ferramenta descreve a relação causa – efeito entre os diversos elementos que compõem um sistema. Uma vez estabelecidos os elementos sistêmicos, representa-se sua relação por meio de setas. A seta é acompanhada de um sinal positivo ou negativo indicando assim o sentido da reação obtida sobre um elemento quando da ação em outro determinado elemento, positivo para uma reação de mesmo sentido que a causa e negativo para uma reação contrária (GARCIA, 2010).

A figura 1 apresenta esta estrutura básica do diagrama causal representando a relação causal positiva indicando que uma ação em “A” ocasiona uma reação diretamente proporcional em “B” e uma relação causal negativa, indicando que uma ação em “A” ocasiona uma reação inversamente proporcional em “B”.

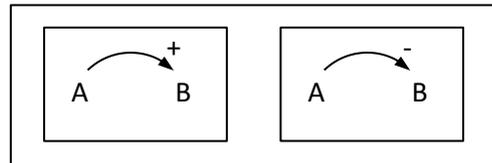


Figura 1 - Representação causal positiva e negativa entre dois elementos
 Fonte: Autor
 Nota: Adaptado de (GARCIA, 2010)

Na figura 2 representam-se as relações entre vários elementos. Esta é a representação de um ciclo de relações ao qual se denomina retroalimentação ou “feedback”. Estes ciclos podem ser classificados como positivos ou negativos. Um ciclo é negativo quando o resultado final de causas e conseqüências resiste à mudança e, portanto, tende à estabilidade. Em sentido oposto o ciclo é chamado positivo quando não resiste à mudança, levando o sistema à alteração e por vezes até mesmo ao colapso (FORRESTER, 1968).

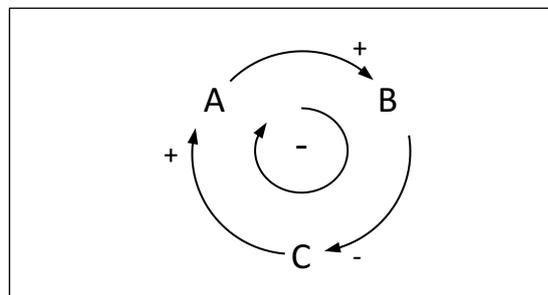


Figura 2 - Representação de ciclo causal ou feedback
 Fonte: Autor
 Nota: Adaptado de (GARCIA, 2010)

Com o diagrama causal é possível representar graficamente a conexão entre os inúmeros elementos de um sistema e inferir sobre o comportamento do sistema quando da alteração de um de seus elementos por meio da relação de “causas e efeitos” em relação a cada um deles. A figura 3 apresenta um exemplo para demonstrar este conceito. Trata-se do ciclo de preparação de uma rede de lojas departamentais. A cada revisão de um diagrama como este, podem ser anexados novos elementos e ainda novos fluxos no sentido de melhor representar a realidade observada (GARCIA, 2010).

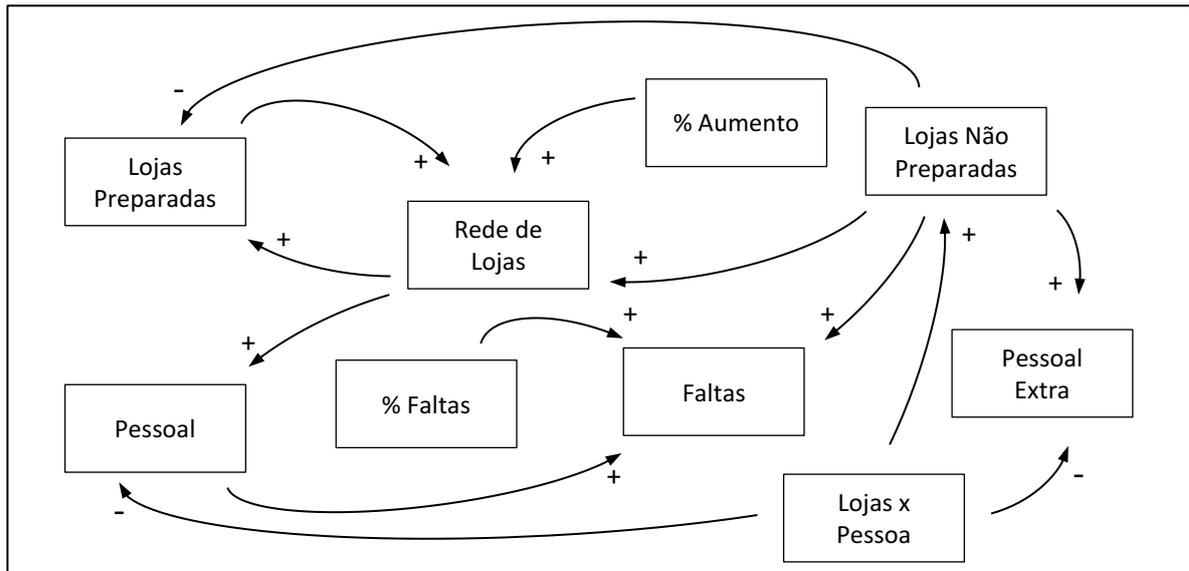


Figura 3 – Representação causal da preparação de rede de lojas departamental

Fonte: Autor

Nota: Adaptado de Morales, 2012

Seja na utilização de modelos formais como os modelos matemáticos, seja na utilização de modelos menos formais como os diagramas causais, a modelagem, conforme apontado anteriormente, pode fornecer uma situação instantânea do comportamento de um sistema. Assim com a apresentação de uma sucessão das diversas “fotografias” desses instantes, pode-se estimar, quando não, verificar o comportamento sistêmico no decorrer do espaço-tempo o que amplia e enriquece a representação sistêmica. Esta sequencia é conhecida como simulação (SCHRIBER, 1990).

Graças ao advento do computador a simulação pode desenvolver-se e ganhar porte. Com os computadores foi possível reduzir o tempo de execução e análise das simulações, transferindo esse ganho de tempo para o momento de avaliação sobre as tendências, eventuais melhorias ou transformações necessárias a um sistema. A portabilidade em computadores se faz de forma simplificada nas circunstâncias onde a modelagem matemática pode ser aplicada, exatamente pelo número de parâmetros limitados e quantificáveis, de modo que a realidade representada pelo modelo pode ser simulada também de forma simplificada, imediata e, de certa maneira, preditiva. O mesmo não se verifica na simulação com modelos não formais, onde os resultados são em verdade os apontadores para diversas vertentes de uma situação futura do sistema (GARCIA, 2010).

Utilizando-se dessa segunda forma de simulação, no intuito de avaliar o comportamento sistêmico e os resultados relacionados a problemas práticos e complexos, surgiu a Dinâmica de Sistemas.

2.4 Dinâmica de sistemas

A Dinâmica de Sistemas surgiu na década de 1950 com Jay Wright Forrester. Em 1956 o professor Forrester, já integrante do Massachusetts Institute of Technology – MIT, aceitou a proposta de seu então presidente James Killian e passou a integrar o corpo docente da Sloan School of Management fundada no Instituto em 1952. Formado em engenharia, Forrester esteve às voltas com uma série de projetos no MIT, especialmente em sua área de origem e teve muitas oportunidades de unir a teoria à prática, constante objeto de seu interesse. Em função de seus projetos criou forte relação com entidades privadas e em especial um fato relacionado a General Electric lhe chamou especial atenção. Os executivos da empresa apontaram em conversas com Forrester seu estranhamento com a flutuação da necessidade de mão de obra nos ciclos de produção de sua fábrica de eletrodomésticos de Kentucky. Eles não estavam totalmente convencidos de que o ciclo de negócio fosse o único responsável pelo fenômeno. O fato o levou a uma simulação simples sem ferramental, baseada nos dados de demanda, estoque e mão de obra dos lotes de produção, que associada às políticas praticadas pela empresa no tocante a contratação de pessoal, pode traduzir o quadro que tinham. Este fato associado ao desenvolvimento de simuladores em computador possibilitou o desenvolvimento da Dinâmica de Sistemas (FORRESTER, 1989; FORRESTER, 1992).

Vários autores definem Dinâmica de Sistemas. Uns a definem como um método que se estende além do domínio convencional da abordagem de sistemas para avaliação de problemas complexos (TANG; VIJAY, 2001), outros como um método para melhorar a aprendizagem em sistemas complexos (STERMAN, 2001), outros ainda como uma forma de visualizar a realidade oferecendo um enfoque para interpretá-la (GARCIA, 2010). O que se nota de comum nas diversas definições é presença da visão analítica e interpretativa de fatores e a avaliação de resultados, relacionados a problemas práticos e complexos, proposta de seu próprio criador. Segundo Forrester (1989), a Dinâmica de Sistemas combina teoria, métodos e filosofia necessários para a análise do comportamento de sistemas no âmbito da engenharia, medicina, economia, política, administração e outros campos provendo uma base que pode ser aplicada a qualquer área onde se deseje compreender o comportamento de ambientes e influências ao longo do tempo. Ela é o fundamento básico para o pensamento sistêmico, um campo prático e profissional que permite o tratamento da complexidade de sistemas (FORRESTER, 1989). Dessa forma é inerente à natureza da Dinâmica de Sistemas a

elaboração de modelos para simulação, modelos estes que se preocupam mais com a compreensão das causas do que com a dos efeitos, com a compreensão da estrutura interna do sistema e de suas forças de decisão (GARCIA, 2010).

Baseado na dinâmica de fluidos, Forrester desenvolveu uma forma de representar a realidade em diagramas que acabaram por receber seu nome. O Diagrama de Forrester ou Diagrama Fluxo e Estoque é em verdade uma tradução do Diagrama Causal a uma terminologia que possa ser representada em computador de forma a possibilitar a validação do modelo concebido e a observação do comportamento dos componentes do sistema ao longo do tempo. Não há um processo absoluto, inflexível, nesta tradução, entretanto todas elas passam pela etapa de identificação dos componentes do sistema, seus fluxos de informação e consequentes perdas e retenções que estes fluxos ocasionam. Aqueles que detêm as informações e os conteúdos físicos do sistema são classificados como variáveis de estado e os responsáveis por suas alterações são classificados como variáveis de ação. Todos os outros componentes do sistema são auxiliares (GARCIA, 2010). As variáveis de estado recebem a denominação de variáveis de nível ou simplesmente níveis, acumuladores, estoques. Representam o estado de um determinado recurso que pode ser quantificado ou ainda passado de um a outro elemento do sistema (DEATON; WINEBRAKE, 2000). A avaliação dos níveis pode indicar o estado do sistema no momento e sua alteração ao longo do tempo é oriunda da ação dos fluxos, portanto, não necessariamente instantânea (COVER, 1996). As variáveis de ação receberam a denominação de variáveis de fluxo ou fluxos simplesmente, e conforme já citado, são responsáveis pelas alterações das variáveis de estado.

As variáveis auxiliares servem para formular os dados, definir as equações dos fluxos e também para combinar, por meio de operações algébricas, fluxos, estoques e outros auxiliares. São usadas para modelar as informações e não o fluxo físico, sendo capazes de se alterar instantaneamente, sem atrasos (COVER, 1996).

Além das três variáveis já citadas, o Diagrama de Forrester pode eventualmente conter variáveis exógenas, variáveis estas que tem sua evolução e vida independente do sistema analisado. Os outros elementos que podem ser representados no Diagrama são as nuvens ou sumidouros que representam quantidades infinitas de material ou informação; as constantes que representam valores fixos no sistema; os fluxos de material e de informação e ainda os atrasos que se aplicam tanto aos conteúdos físicos quanto às informações (GARCIA, 2010).

Atualmente, as ferramentas de computador mais comuns utilizadas na formulação dos Diagramas de Forrester são os simuladores DYNAMO, o ITHINK, o POWERSIM, o EXTENT, o SIMSCRIPT, o PROSIM, o POWERSIM, o STELLA e o VENSIM. Cada uma

delas utiliza representação gráfica própria para os elementos do Diagrama de Forrester sendo a representação de alguns elementos comum entre elas.

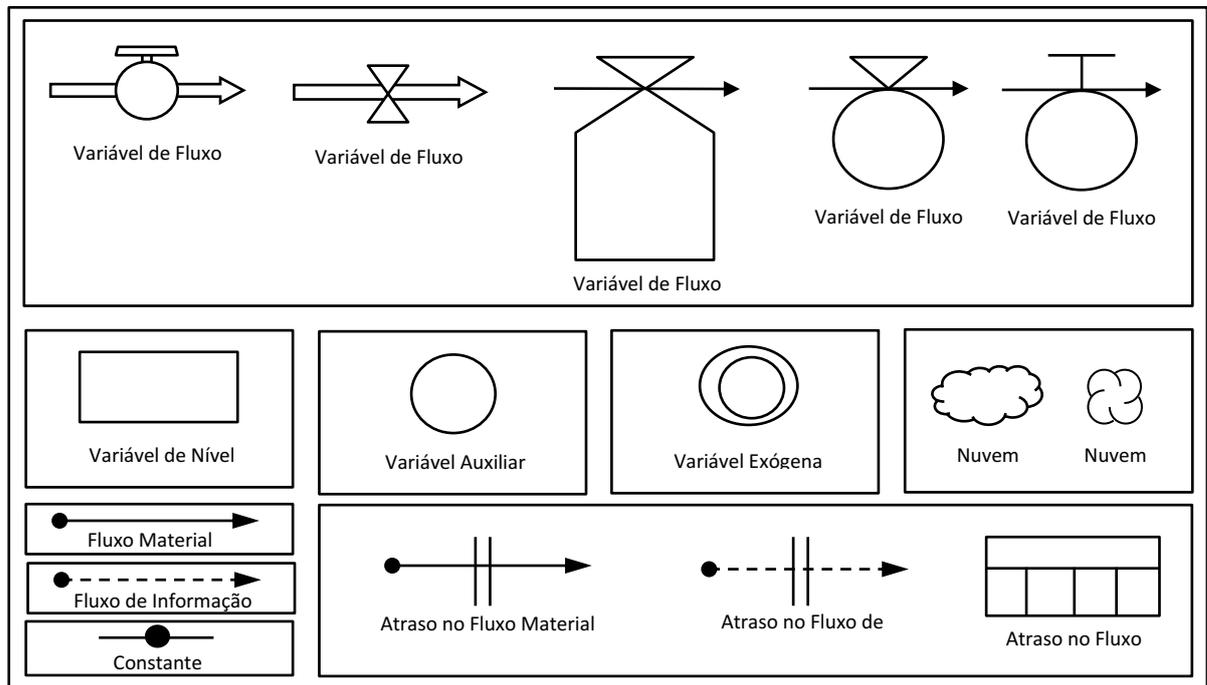


Figura 4 – Componentes gráficos do Diagrama de Forrester

Fonte: Autor

Nota: Adaptado das listas de mneumônicos dos softwares DYNAMO, ITHINK, POWERSIM, EXTENT, SIMSCRIPT, PROSIM, POWERSIM, STELLA e VENSIM

A figura 5 apresenta o Diagrama de Forrester do ciclo de preparação de uma rede de lojas departamentais, representada anteriormente pelo Ciclo Causal na figura 3.

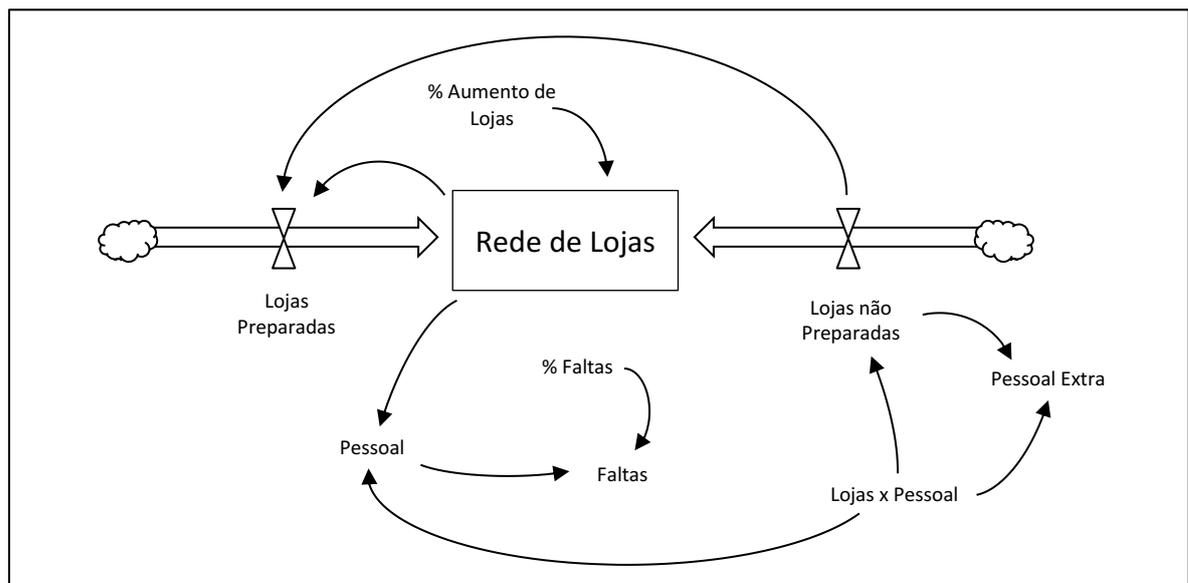


Figura 5 – Diagrama de Forrester

Fonte: Autor

Nota: Adaptado de Morales, 2012

Usualmente a execução da análise sistêmica fruto da Dinâmica de Sistemas segue três passos. O primeiro passo é executar a conceitualização do sistema, ou seja, identificar seus componentes, estabelecer a relação causal entre eles, os laços de realimentação que eventualmente existam e por fim a elaborar um Diagrama Causal. Como segundo passo realizar sua representação e formulação que compreende construir o Diagrama de Forrester e as equações representativas do sistema. Mais uma vez se ressalta que os modelos obtidos a partir do Diagrama Causal e do Diagrama de Forrester não se preocupam com a predição de determinado resultado, mas sim com a gestão da situação representada, o que impulsiona o analista que deles se utiliza à comparação entre possíveis situações focando sua atenção especialmente na compreensão da estrutura interna do sistema e suas forças de decisão. O terceiro e último passo é realizar a simulação e avaliação de resultados obtidos considerando o ambiente compreendido, os elementos do sistema, as políticas aplicadas, os diversos pontos de vista, as possíveis consequências de decisões a serem tomadas e os resultados reais ou esperados, sendo de suma importância que se mitigue ou elimine as concepções (GARCIA, 2010).

Até este ponto, foram apresentados os conceitos que gravitam a Dinâmica de Sistemas. Nos dois próximos itens serão apresentados os conceitos que envolvem as ferramentas para a realização deste trabalho.

2.5 Bibliometria

O termo Bibliometria foi criado por Paul Otlet em 1934 em sua obra intitulada “*Traité de Documentation*”, entretanto a consolidação do uso deste termo veio com Allan Pritchard em 1969, substituindo a expressão Bibliografia Estatística (VANTI, 2002).

Pritchard aponta em seu artigo “*Statistical Bibliography or Bibliometrics?*” publicado em 1969, que a expressão pouco utilizada na época, apenas quatro aparições em textos científicos desde 1922, em senso comum entre os expoentes da área bibliográfica era insatisfatória, obscura, não muito descritiva e poderia ser confundida com a estatística em si ou ainda com a bibliografia em estatística.

Ressaltando a parcimônia com que deveriam ser tratados os neologismos, mas ao mesmo tempo demonstrando sua relevância no andamento científico, ele definiu o termo Bibliometria como sendo a aplicação de métodos matemáticos e estatísticos sobre a literatura

escrita e sobre outros meios de comunicação no sentido de trazer à luz o curso do desenvolvimento de uma determinada disciplina demonstrando seu movimento histórico (PRITCHARD, 1969). O neologismo redefinido em 1969 foi aceito e ganhou nova dimensão.

Naquela época o material impresso era abundante e obviamente predominante. Pritchard percebeu que a literatura era o ingrediente chave no processo de comunicação do conhecimento e ainda que sua unidade básica de informação, ou seja, artigos e livros, poderia ser estudada estatisticamente (PAO, 1989).

A Bibliometria ganhou constituição formal e foram sendo associados princípios e leis em seu corpo. Assim passou a ser considerada, quando da constituição Ciência da Informação, uma de suas disciplinas, apontada pela Sociedade Internacional de Cientometria e Informetria, em 2011, juntamente com a Informetria, Cientometria e a Webmetria, como subáreas estreitamente relacionadas ou interligadas, pertencentes à área de Ciência da Informação (GUEDES, 2012).

Apresentam-se em seu bojo, três leis básicas que tratam a produção científica: a Lei de Bradford sob a ótica da produtividade de periódicos; a Lei de Lotka sob a ótica da produtividade de autores e a Lei de Zipf sobre a ótica da frequência de utilização de palavras.

A Lei de Bradford diz em seu enunciado que as publicações sobre assuntos específicos de um determinado setor estão concentradas em um núcleo de periódicos, cujo número é a soma de todos os outros periódicos que publicam sobre o mesmo assunto específico (BROOKES, 1969).

A Lei de Lotka baseia-se no fato de que “alguns pesquisadores publicam muito e muitos publicam pouco” (VOOS, 1974). Ela enuncia que a relação entre o número de autores e o número de trabalhos publicados por estes autores, em qualquer área científica, segue o inverso do quadrado, ou seja, a quantidade de autores que publicam mais de um trabalho em determinada área científica é uma curva de função racional.

A Lei de Zipf em verdade está dividida em dois postulados conhecidos como primeira e segunda Lei de Zipf. Para ambos os postulados considera-se a frequência de aparição das palavras em um determinado trabalho extenso o suficiente para a aplicação deste tipo de análise. As palavras são ordenadas de maneira decrescente segundo seu número de aparições. À posição nesta lista denominou-se ordem. Zipf observou que para um mesmo trabalho, o produto ordem versus frequência das palavras seguia aproximadamente uma constante, exceção feita a palavras de baixa frequência de aparição.

A este fenômeno denominou-se Primeira Lei de Zipf. Para esta exceção observada, Zipf propôs um segundo enunciado, a Segunda Lei de Zipf, que diz que em um determinado

texto, várias palavras de baixa frequência de aparição tem o mesmo índice. A Segunda Lei de Zipf, tempos depois foi incrementada por Booth, na descrição do comportamento das palavras com baixo índice de aparição e submetida a um estudo matemático sob a ótica da transição de comportamento, de alto para baixo índice de aparição por Goffman (GUEDES; BORSCHIVER, 2005).

Além das três leis básicas e suas extensões, a bibliometria considera outros elementos importantes na avaliação das publicações das áreas científicas, especialmente em citações que em verdade são indicadores de influência intelectual dos diversos pensadores sobre novas produções.

São eles: os chamados Colégios Invisíveis, ou seja, a elite de pensadores em determinada área do conhecimento; o Fator de Imediatismo ou de Impacto dos trabalhos; o Acoplamento Bibliográfico e a Co-citação, ou seja, a união entre artigos por meio da citação aos mesmos documentos e autores; a Obsolescência da Literatura, ou seja, a vida média de uma unidade da literatura; a Lei do Elitismo, ou seja, a influência da elite pensante em determinada área de conhecimento (GUEDES; BORSCHIVER, 2005).

Um ponto de destaque para a avaliação bibliométrica citado por Guedes e Borschiver (2005) em sua revisão da literatura sobre Bibliometria é a Lei dos 80/20, que embora oriunda da observação do comércio e da indústria, também tem se mostrado válida na aplicação bibliométrica e diz que 80% da demanda de informação se obtêm com 20% do conjunto de fontes de informação (TRUESWELL, 1969).

Outro indicador que vem ganhando consideração no meio científico é o índice “h” que foi proposto por Jorge E. Hirsch em 2005 para medida da qualidade de trabalhos realizados na área da Física Teórica. Ele estabelece que determinado autor tem índice “h” igual a “n” se este autor tiver citadas “n” vezes suas “n” obras, ou seja, para um autor ter índice “h” igual a 3 deve possuir 3 obras que foram citadas pelo menos 3 vezes (BALL, 2007).

Assim, com a bibliometria, podem ser avaliadas as produções científicas sobre variados assuntos apontando as relações que envolvem estas publicações e seus autores, a despeito do meio onde hoje estejam sendo produzidas, entretanto, as relações entre os diversos autores e entre suas instituições é objeto da Análise de Redes Sociais, evolução da Sociometria.

2.6 Sociometria e análise de redes sociais

Sociometria, como a própria essência da palavra oriunda do latim apresenta, é a medição de variáveis sociais. Suas bases são atribuídas ao psicólogo romeno Jacob Levy Moreno. Moreno estabeleceu que a exploração, o mapeamento e a mensuração dos vínculos entre forças sociais individualizadas atuantes em redes de interação, nem sempre claramente identificáveis, eram o alvo desta medição (MORENO, 1992).

A Sociometria, segundo Granovetter (1973) em seu artigo *“The strength of weak ties”*, ficou à margem na sociologia porque sempre foi tratada como um tema da psicologia social e também graças à complexidade matemática que envolvia a análise das relações sociais. Assim a Sociometria foi a precursora da Análise de Redes Sociais que incorporou os temas da Sociometria e os rigores estatístico-matemáticos da biofísica (GRANOVETTER, 1973).

Numa alusão às redes de pesca, uma rede social pode ser definida como um entrelaçado de fios que representam as conexões entre seus diversos componentes, atados por nós distintos que representam cada um dos participantes da rede. A análise dessas redes está fundamentada em quão significativa é a conexão entre seus membros, os padrões que estas conexões geram e o grau de importância de seus membros (BARBOSA; BYINGTON; STRUCHINER, 2000).

As redes sociais podem ser avaliadas de forma quantitativa no intuito de se determinar sua densidade ou quantidade de elementos, a centralidade de um determinado elemento, a quantidade de fluxos que ocorrem na rede, o número de intermediações, a frequência de interações, a proximidade dos interagentes, os tempos entre interações e de forma qualitativa, verificando-se a diversidade de conexões, o conteúdo transacionado, os fluxos e os tipos de interação. Neste mapa podem ser apreendidas informações sobre as relações existentes e as possibilidades na rede. De forma até mesmo intuitiva, quanto mais conexões ocorram em uma rede, maior será sua coesão. Esta medida é representada pelo índice de centralização da rede (MARTINHO, 2003).

Uma maior centralidade de determinado elemento aponta para sua importância na rede, dado que a centralidade está relacionada ao número de ligações que dado elemento possui, sua importância no estabelecimento de ligações entre os diversos elementos da rede ou grau de intermediação e ainda sua proximidade em relação aos demais elementos ou grau de proximidade (COX; MELO; RÉGIS, 2009).

As medidas mais empregadas nas avaliações das redes sociais são as medidas de centralidade de grau, centralidade de intermediação e centralidade de proximidade (TOMAÉL; MARTELETO, 2006).

A medida de centralidade de grau avalia o número de contatos que um elemento possui e pode ser compreendida como o “prestígio” deste elemento na rede. Quanto mais contatos determinado elemento possuir na rede maior é a busca por um relacionamento com este elemento o que vale dizer que maior é o compartilhamento de informações com o elemento (HANNEMAN; RIDDLE, 2001).

A centralidade de intermediação considera a capacidade de um determinado elemento ser o intermediário entre relações, ou seja, sua capacidade de ser o meio de conexão com outros elementos considerando seu posicionamento nos caminhos geodésicos entre os elementos da rede (HANNEMAN; RIDDLE, 2001). Este índice é um indicador de “poder de controle”, uma vez que mesmo que o elemento tenha poucas conexões diretas na rede, a informação flui por seu intermédio (MARTELETO, 2001).

Por fim a centralidade de proximidade. Este índice utiliza a distância geodésica de determinado elemento em relação aos outros da rede, tanto as diretas quanto as indiretas, ou seja, quanto mais próximo um elemento estiver dos outros, maior será sua centralidade (HANNEMAN; RIDDLE, 2001). Este índice sugere a “independência” de determinado elemento uma vez que quanto mais próximo dos outros elementos maiores são as possibilidades de comunicação com menor número de intermediários. (GÓMES, 2003).

Assim, a medição sociométrica para o mundo científico pode se realizar através da rede de autores e coautores das diversas publicações de determinada área e ainda das citações realizadas nestes trabalhos e é uma forma de compreender as eventuais mudanças e a formação de conhecimento científico. A associação do resultado da análise de rede social ao resultado bibliométrico obtido sobre um determinado campo de interesse e seus expoentes, pode fornecer um panorama relativamente completo para apoio à pesquisa e desenvolvimento científico (BERGER; LUCKMANN, 1996).

3 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Esta pesquisa é de natureza quantitativa e qualitativa. De caráter descritivo e positivista quanto à tabulação e normalização dos dados obtidos e de caráter intuitivo e analítico quanto à classificação desses dados.

Trata-se de estudo bibliométrico, ou seja, aplicação de técnicas estatísticas na descrição de aspectos da literatura alvo da pesquisa e de estudo sociométrico por meio da análise da rede de autores dessa literatura, além da análise de autores e coautores por ela citados. Tem como tema central a literatura e pesquisadores desenvolvedores e usuários da Dinâmica de Sistemas.

A pesquisa tomou por base a realização de bibliometria e análise de rede social do principal periódico dedicado ao tema, o “*System Dynamics Review*” que tem como linha mestra de ação, a publicação e a promoção de artigos que tratem de temas inerentes à Dinâmica de Sistemas. No início de 2014, o periódico foi classificado no *Institute for Scientific Information (ISI)* com fator de impacto de 1.073 e classificado pelo *Journal Citation Reports* em seu *Journal Citation Reports © Ranking – 2013* na 20ª posição entre 45 sobre a ótica de métodos matemáticos aplicados à ciência social e na 93ª posição entre 172 sob a ótica de gerenciamento.

“*System Dynamics Review*” é o periódico da “*System Dynamics Society*”, sociedade internacional, sem fins lucrativos, fundada em 1983, dedicada à divulgação, desenvolvimento e uso da Dinâmica de Sistemas e do Pensamento Sistêmico no mundo.

A Sociedade teve como fundador o próprio criador da Dinâmica de Sistemas Jay Wright Forrester e contou no ato com a participação de diversos expoentes da área como David F. Andersen, John D. W. Morecroft, Alexander L. Pugh, III, Jørgen Randers, Jean D. Lebel, R. Geoffrey Coyle, Frank P. Davidson, Richard H. Day, Willard R. Fey, Nathan B. Forrester, Roger I. Hall, Michel Karsky, Hermann Krallmann, Dennis L. Meadows, Pratap K. J. Mohapatra, R. Joel Rahn, Barry M. Richmond, Edward B. Roberts, Khalid Saeed, John J. Uhran Jr. e Eric F. Wolstenholme. Atualmente a “*System Dynamics Society*” conta com estrutura distribuída e membros em cerca de setenta países.

O periódico “*System Dynamics Review*” tem como editor atual, Rogelio Oliva, acadêmico ligado à *Mays Business School*, ao Centro de Logística de Zaragoza e ao *Massachusetts Institute of Technology* e colaborador da *Harvard Business School*, da

Universidade Adolfo Ibañez, no Chile e da *Monterrey Tech* no México, tendo como principal especialidade a Dinâmica de Sistemas.

O periódico aponta como assuntos objeto de seus artigos:

...avanços em modelagem matemática e simulação computacional de sistemas de *feedback* dinâmico; avanços nos métodos de análise política com base no *feedback* de informação e causalidade circular; estruturas genéricas (sistemas de *feedback* dinâmico que suportam determinadas percepções comportamentais amplamente aplicável); contribuições para a construção de teoria nas ciências sociais e naturais; estudos de política e debate enfatizando o papel do *feedback* e causalidade circular em problemas de comportamento; desenvolvimentos em estratégias de consultoria e implementação de conclusões políticas baseadas em modelos e/ou simulação; contribuições para o desenvolvimento de aplicações de dinâmica não-linear e caos determinístico; avanços nos métodos e aplicações de pensamento sistêmico; abordagens relevantes para a análise de sistemas de *feedback* dinâmico e contribuições significativas para o ensino da dinâmica de sistema. (SYSTEM DYNAMICS REVIEW, 2014).

Do total de 542 textos integrantes dos volumes publicados no período de Junho de 1985 a Dezembro de 2014 foram desconsiderados 67 por se tratarem de convocatórias para os simpósios e tributos a personalidades do periódico e da área de Dinâmica de Sistemas, ficando assim para a consideração bibliométrica 475 textos. Cada um desses textos nesta pesquisa será identificado como artigo.

Foram levantadas informações referentes à autoria, assunto, data de criação e referências desses artigos. O quesito nacionalidade, apontado aos autores dos artigos, está baseado na nacionalidade da instituição à qual se vinculavam à época da publicação. Quanto à autoria, é observado número maior que o total de artigos em função da eventual multiplicidade de autores para um mesmo artigo. Fenômeno semelhante ocorre com as referências.

Em relação aos assuntos tratados pelos artigos foi criada uma classificação. Os artigos foram catalogados e divididos em grupos que receberam três níveis de indicação: classe, tema e assunto. Inicialmente os artigos foram catalogados no grupo “maior”, chamado de classe. Duas classes foram estabelecidas e divididas em grupos chamados temas. Foram criados nove temas ao todo. Os temas foram, por sua vez, subdivididos em trinta grupos menores chamados assuntos.

Desta forma as classes contêm os temas que por sua vez contêm os assuntos. Conforme já explicitado, esta classificação foi realizada com a finalidade de identificar possíveis tendências ou ausências de temática. O quadro 1, apresenta de forma estruturada a divisão proposta.

Classe	Tema	Assunto
Aplicações	Administração Pública	Energia Gestão Pública Segurança Pública Transporte Urbanismo
	Aprendizagem	Educacional Métodos Organizacional
	Biológicas	Doenças e Organismo Gestão da Saúde Sistemas Biológicos
	Economia	Atividade Econômica Indústria de Base Modelo Financeiro
	Humanas	Comportamento Modelo Social
	Organizações	Estratégia e Processos Pessoas Políticas Recursos da Organização
	Sustentabilidade	Meio Ambiente Políticas de Sustentabilidade Recursos Naturais e Energéticos Tratamento de Resíduos
	Tecnologia	Biotecnologia Engenharia Informação
Teóricos	Dinâmica de Sistemas	Analítico Conceitual Ferramental

Quadro 1 - Classes, temas e assuntos dos artigos
Fonte: Autor

Em relação à temática a classificação ficou com o seguinte conteúdo: classe “Aplicações” que engloba os artigos que se referem ao uso da Dinâmica de Sistemas como instrumento para análise de tema de interesse e a classe “Teóricos” que engloba os que tratam da própria Dinâmica de Sistemas e seu desenvolvimento.

A classe “Aplicações” apresenta oito divisões ou oito temas: “Administração Pública”, onde estão alocados os artigos cuja temática são experimentos, situações e problemas que envolvem a administração pública; “Aprendizagem”, onde estão alocados os artigos cuja temática é o aprendizado, os processos de aprendizagem e a educação; “Biológicas”, onde estão alocados os artigos cuja temática é a vida orgânica, seu desenvolvimento e comunidades biológicas; “Economia”, onde estão alocados os artigos são aqueles cuja temática é a

economia, sua aplicação teórica e prática; “Humanas”, onde estão alocados os artigos cuja temática está ligada a vida social; “Organizações”, onde estão alocados os artigos cuja temática é a organização; “Sustentabilidade”, onde estão alocados os artigos cuja temática é a sustentabilidade e, finalmente, “Tecnologia”, onde estão alocados os artigos cuja temática é a tecnologia e sua relação com o desenvolvimento.

A classe “Teóricos” apresenta um único tema, “Dinâmica de Sistemas”, onde estão alocados os artigos cuja temática é a própria Dinâmica de Sistemas.

Em função da amplitude de cada um dos temas estabelecidos, foi criada a divisão denominada “Assunto”, trinta subdivisões considerando as duas classes.

A distribuição por “Assunto” catalogou os artigos nos grupos como segue: “Energia”, aqueles cuja temática é a distribuição de energia e fontes de energia no tocante a sua localização, organização e forma de transmissão; “Gestão Pública”, aqueles cuja temática é a administração pública em geral em seus processos, estratégias e políticas, combate ao tráfico e uso de drogas; “Saúde Pública”, aqueles cuja temática é a gestão pública da saúde e a política pública de saúde; “Segurança Pública”, aqueles cuja temática é a segurança pública e a violência; “Transporte”, aqueles cuja temática é o transporte público e seu planejamento, as políticas e empresas públicas de transporte; “Urbanismo”, aqueles cuja temática é o planejamento urbano e rural dos municípios, estados e países, sob a ótica da expansão e retração regionais, alocação populacional e desenvolvimento; “Educacional”, aqueles cuja temática é a educação como um todo, a educação pública, entidades educacionais e políticas de educação; “Métodos”, aqueles cuja temática é métodos de aprendizagem, metodologias aplicadas ao ensino e a grupos de estudiosos e ferramentas metodológicas; “Organizacional” aqueles cuja temática é o aprendizado organizacional e os processos de aprendizagem e treinamento nas organizações; “Sistemas Biológicos” aqueles cuja temática é sistemas biológicos e ecossistemas; “Gestão da Saúde” aqueles cuja temática é a gestão privada da saúde, as empresas de gestão de saúde e planos assistenciais; “Doenças e Organismos” aqueles cuja temática são doenças e estudos comportamentais de comunidades orgânicas; “Atividade Econômica”, aqueles cuja temática são experimentos e análises sobre mercado e ramo da indústria; “Indústria de Base”, aqueles cuja temática é a indústrias de base como a energética, a extrativista, a metalúrgica, etc. em visões generalistas e conceituais, análise e estruturação de fluxos básicos como por exemplo a cadeia de valores e suprimentos; “Modelo Financeiro”, aqueles cuja temática é a análise de comparativos da aplicação de modelos e seus resultados bem como estudos teóricos sobre conceitos econômicos; “Comportamento”, aqueles cuja temática é o comportamento humano e as relações sociais; “Modelo Social”,

aqueles cuja temática são as relações entre grupos humanos, modelos de comunidades; “Estratégia e Processos”, aqueles cuja temática é a estratégia, procedimentos e processos organizacionais; “Pessoas”, aqueles cuja temática são as relações humanas e comportamento na organização; “Políticas”, aqueles cuja temática é política de gestão e execução organizacional; “Recursos da Organização”, aqueles cuja temática é a obtenção e gestão de recursos organizacionais exceto recursos humanos; “Meio Ambiente”, aqueles cuja temática é a relação ambiental e meio ambiente; “Políticas de Sustentabilidade”, aqueles cuja temática é a geração, gestão e avaliação de políticas para sustentabilidade; “Recursos Naturais e Energéticos”, aqueles cuja temática é a gestão e exploração de recursos naturais, a geração sustentável de energia e as inovações sustentáveis; “Tratamento de Resíduos”, aqueles cuja temática é o tratamento de resíduos; “Biotecnologia”, aqueles cuja temática é o desenvolvimento de tecnologias relativas à vida humana, biotecnologia e cibernética; “Engenharia”, aqueles cuja temática é a aplicação e desenvolvimento de processos de concepção e construção de instrumentos e objetos; “Informação”, aqueles cuja temática é a aplicação e o desenvolvimento de tecnologia da informação e softwares; “Analítico”, aqueles cuja temática é a aplicação e a análise de aplicação dos conceitos de Dinâmica de Sistemas, modelagem, diagramas e feedbacks; “Conceitual”, aqueles cuja temática é o desenvolvimento e a análise de componentes novos e pré-existentes da Dinâmica de Sistemas, histórico da Dinâmica de Sistemas e homenagens, e, finalmente, “Ferramental”, aqueles cuja temática é a análise e experiência com ferramentas e softwares construídos para atender a Dinâmica de Sistemas.

Toda a normalização, tabulação e análise estatística de dados para a bibliometria foram realizadas na ferramenta Excel da Microsoft e as análises e gráficos de rede de relacionamento na ferramenta Ucinet for Windows da Analytic Technologies.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados e a análise da pesquisa que tomou por base a publicação de artigos da “*System Dynamics Review*”, de sua criação em Junho de 1985 até Dezembro de 2014, um total de 475 artigos. O quadro 2 apresenta os dados obtidos com as medições diretas destes artigos.

Item	Quantidades
Artigos	475
Autores	555
Instituições	247
Países	37
Autores Citados	9.141
Publicações Citadas	8.668

Quadro 2 – Números gerais

Fonte: Autor

Os 475 artigos apresentaram 555 autores vinculados a 247 instituições distribuídas em 37 países. Neles foram citados como referência 8.668 publicações de 9.141 autores, entre livros, artigos, teses, dissertações e trabalhos de pesquisa em geral. Em razão da magnitude dos dados obtidos, por questões didáticas, os gráficos, quadros e tabelas deste capítulo poderão refletir dados parciais, uma vez que esta condição não prejudica a compreensão dos pontos analisados. O material completo estará disponível em meio eletrônico aos interessados.

4.1 Artigos

Considerando-se a medição de publicações nos trinta anos foco desta análise, a linha de tendência é crescente, entretanto discreta. A média anual de publicações ficou entorno de 15 artigos.

A figura 6 representa os números de publicações agrupados por quinquênio. Nela pode ser observada, além da linha de crescimento, a estagnação ocorrida, sob a ótica de crescimento, nos últimos dois quinquênios.

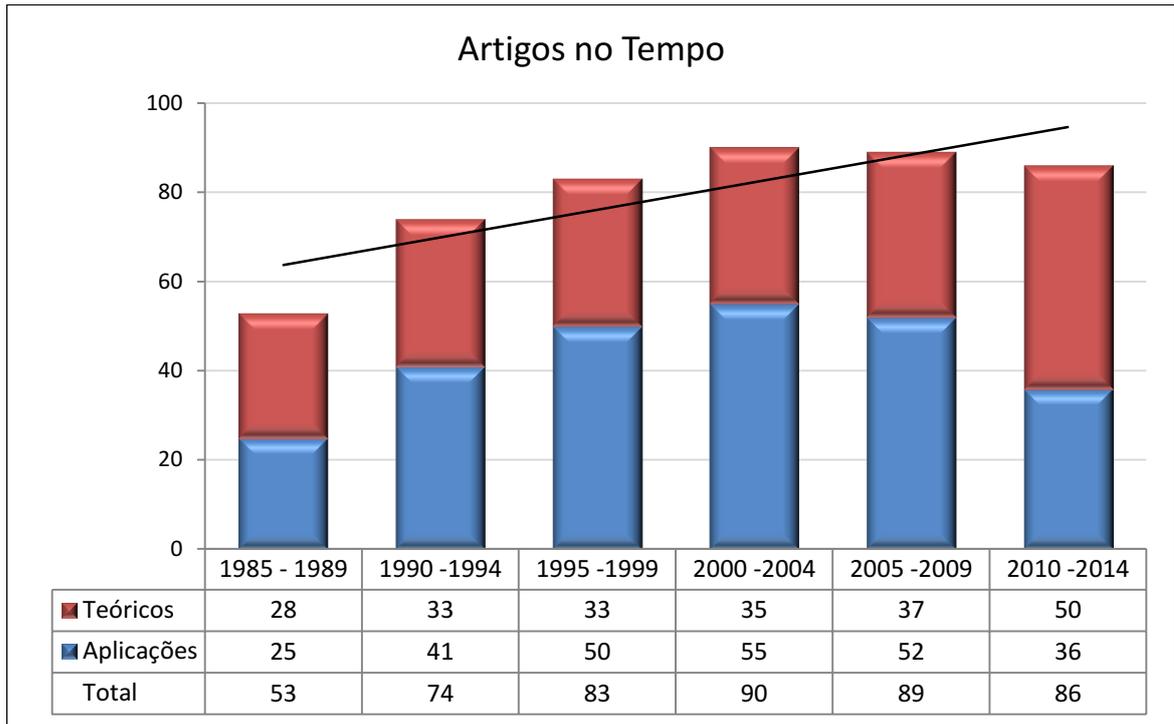


Figura 6 – Número de artigos de 1985 a 2014
 Fonte:Autor

Como apontado no procedimento metodológico, para efeito de avaliação de conteúdo, os artigos foram catalogados e divididos em grupos que receberam três níveis de classificação: classe, tema e assunto. As classes contêm os temas que por sua vez contêm os assuntos. A catalogação deu origem a duas classes, nove temas e trinta assuntos.

A figura 7 demonstra o relativo equilíbrio entre as classes criadas - “Aplicações” e “Teóricos”.

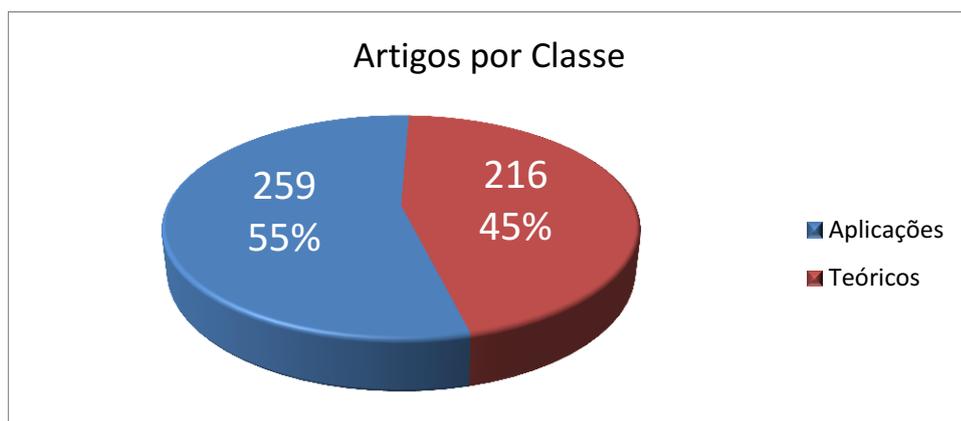


Figura 7 – Distribuição de artigos por Classe
 Fonte: Autor

A figura 8 apresenta os números da catalogação dos artigos em temas. Como se observa, o tema “Dinâmica de Sistemas” supera em três vezes o segundo colocado que é o tema “Organizações”.

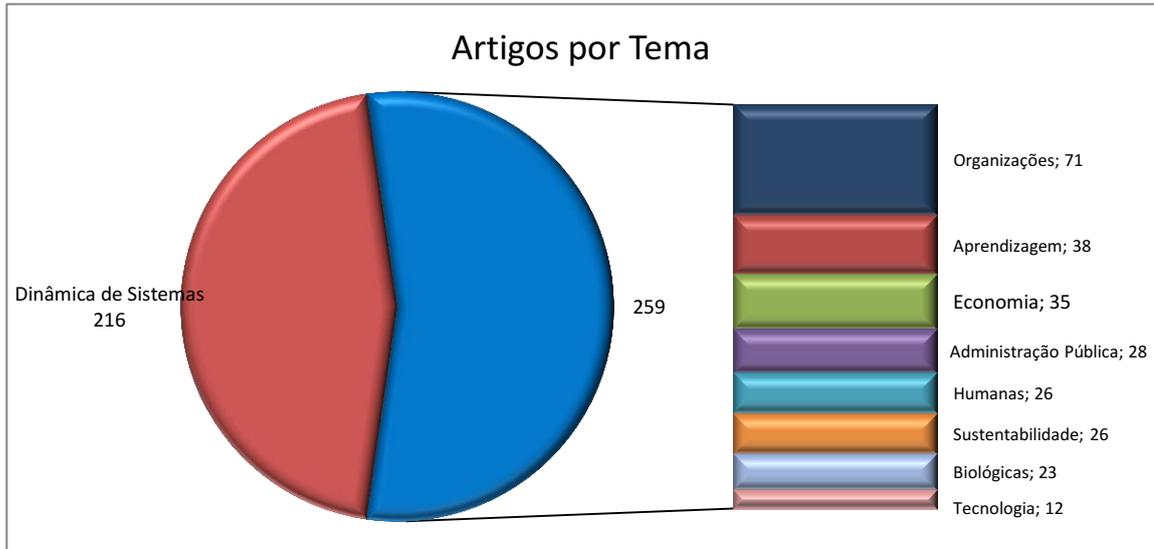


Figura 8 – Distribuição dos artigos por Tema
 Fonte: Autor

Na figura 9 observam-se os números da divisão por assunto.

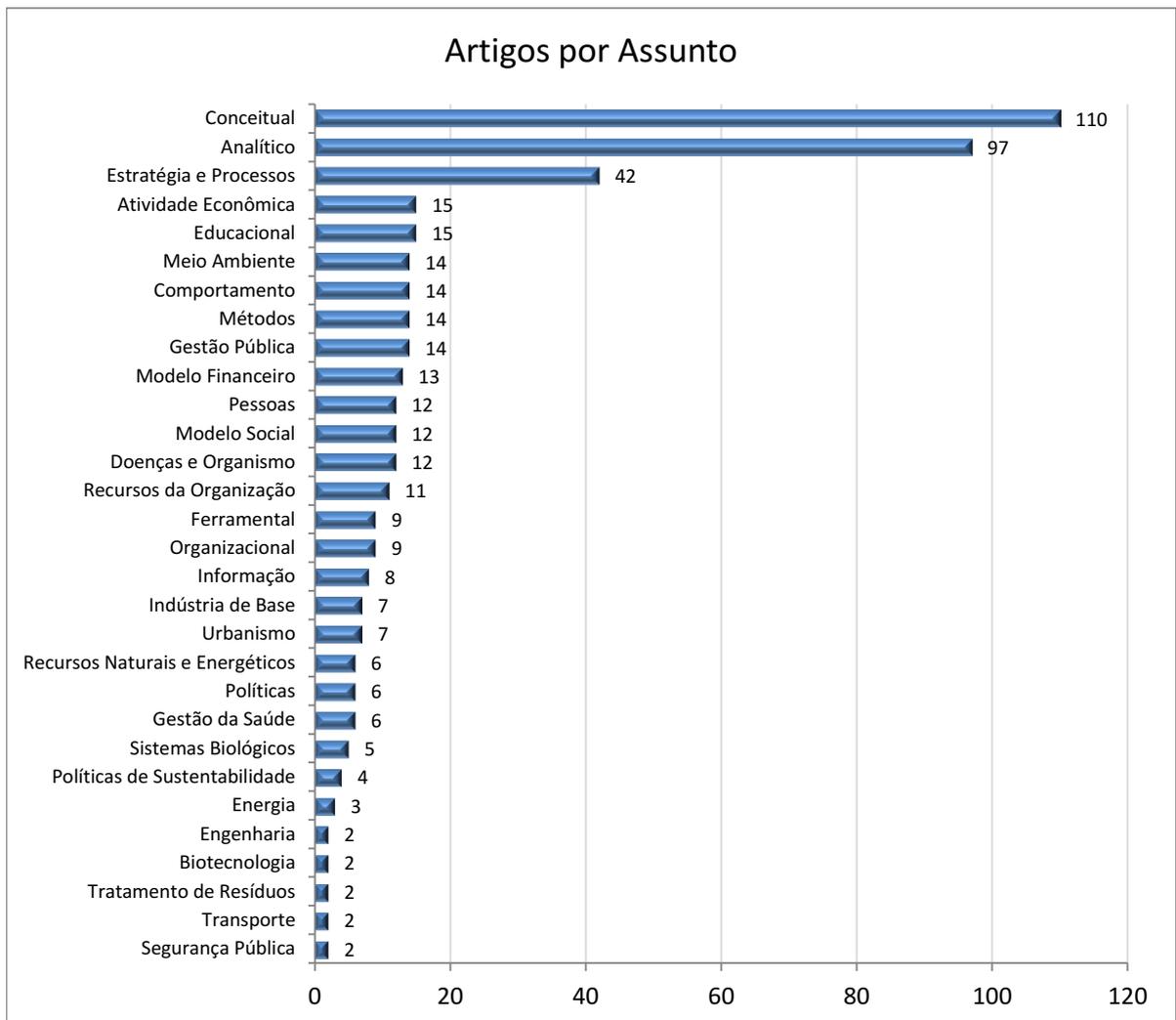


Figura 9 – Número de artigos por Assunto
 Fonte: Autor

Observa-se que os assuntos “Conceitual”, “Analítico” e “Estratégia e Processos”, respectivamente primeiro, segundo e terceiro colocados na ordem de ocorrência, perfazem 249 artigos, o que significa 52,4% do total de 475 artigos.

O quadro 3 apresenta os números de artigos na estrutura de classificação elaborada.

Classe	Tema	Assunto	Artigos
Aplicações	Administração Pública	Gestão Pública	14
		Urbanismo	7
		Energia	3
		Segurança Pública	2
		Transporte	2
	Aprendizagem	Educacional	15
		Métodos	14
		Organizacional	9
	Biológicas	Doenças e Organismo	12
		Gestão da Saúde	6
Sistemas Biológicos		5	
Economia	Atividade Econômica	15	
	Modelo Financeiro	13	
	Indústria de Base	7	
Humanas	Comportamento	14	
	Modelo Social	12	
Organizações	Estratégia e Processos	42	
	Pessoas	12	
	Recursos da Organização	11	
	Políticas	6	
Sustentabilidade	Meio Ambiente	14	
	Recursos Naturais e Energéticos	6	
	Políticas de Sustentabilidade	4	
	Tratamento de Resíduos	2	
Tecnologia	Informação	8	
	Biotecnologia	2	
	Engenharia	2	
Teóricos	Dinâmica de Sistemas	Conceitual	110
		Analítico	97
		Ferramental	9
Total			475

Quadro 3 – Distribuição dos artigos na estrutura de classificação
Fonte: Autor

Embora tenha sido constatado equilíbrio entre os números totais de publicações das classes “Aplicações” e “Teóricos”, houve preferências em relação aos assuntos. Os assuntos

“Conceitual e “Analítico”, do tema “Dinâmica de Sistemas”, classe “Teóricos” ficaram em primeiro e segundo lugares. O terceiro colocado foi o assunto “Estratégia e Processos” do tema “Organizações”, classe “Aplicações”.

Na figura 10 observam-se os gráficos representativos dos temas da classe “Aplicações” ao longo do tempo e na figura 11 os gráficos representativos dos assuntos da classe “Teóricos”, em função de seu tema único.

Ao serem considerados os valores absolutos e a curva de tendência de cada um dos gráficos, não se encontram vieses significativos e diferenciados para nenhum dos temas nas duas classes.

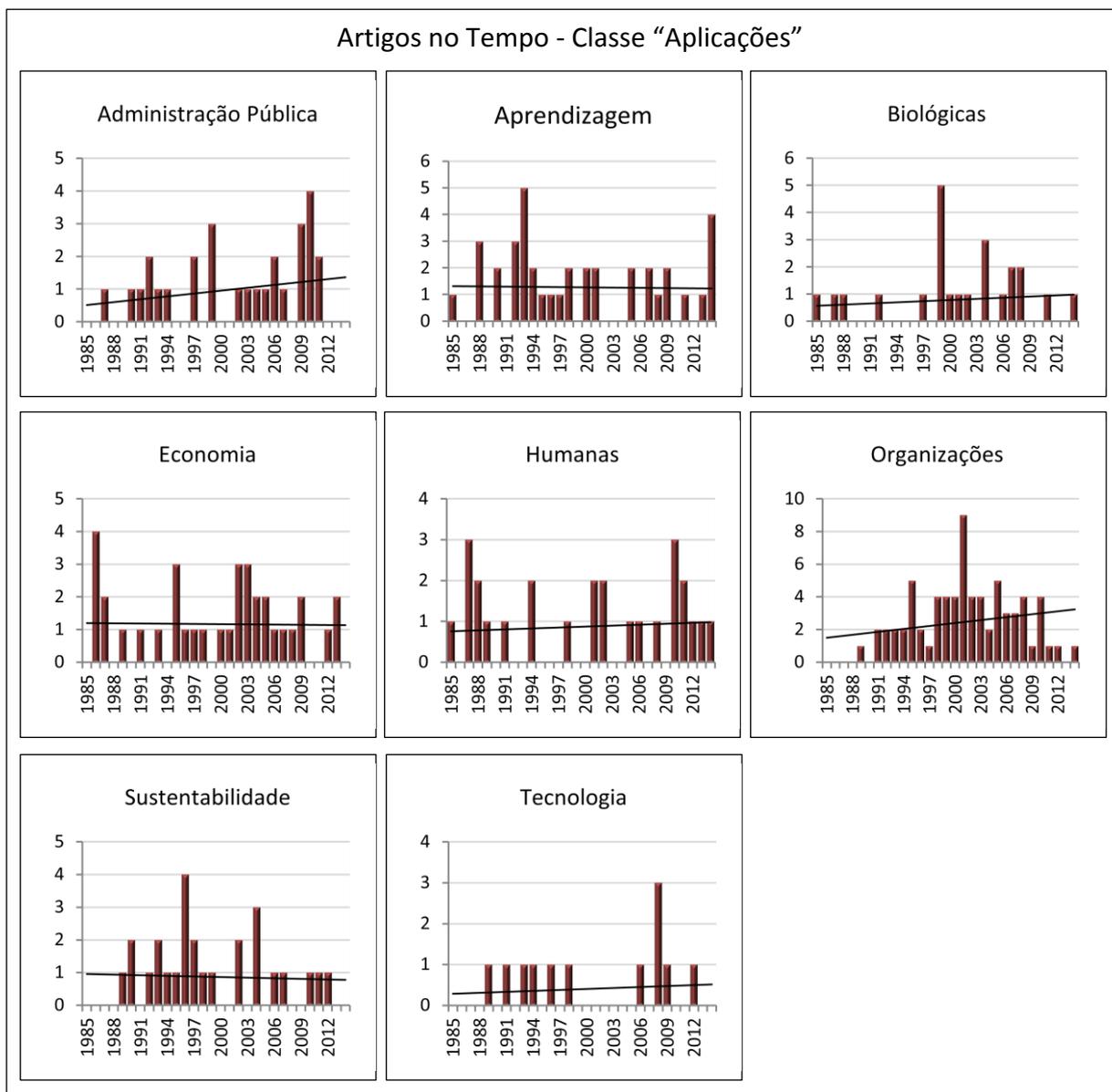


Figura 10 – Artigos por Tema ao longo do tempo – Classe “Aplicações”
Fonte: Autor

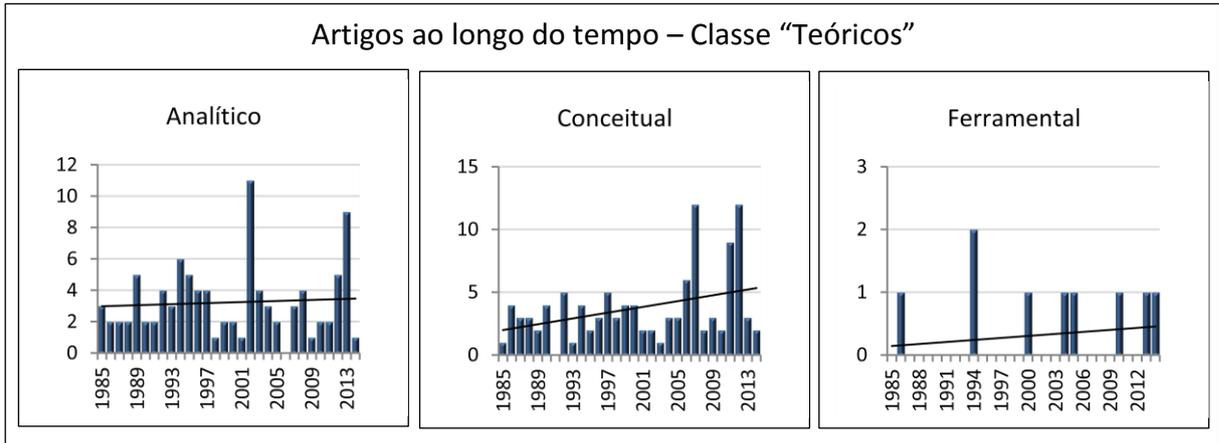


Figura 11 – Artigos por Assunto ao longo do tempo – Classe “Teóricos”
Fonte: Autor

4.2 Autores

O quadro 4 apresenta a relação entre o número de artigos produzidos e o número de autores que os produziram.

Artigos	Total de Autores
1	432
2	58
3	27
4	12
5	5
6	3
7	6
8	3
9	2
10	2
11	1
12	1
16	1
17	1
25	1
30	1

Quadro 4 – Artigos produzidos por quantidade de autor
Fonte: Autor

Esta relação nos leva ao gráfico apresentado na figura 12 que retrata a Lei de Lotka. Neste gráfico foram delineadas duas curvas, uma teórica originada no próprio conceito de Lotka, ou seja uma curva assíntota $f(x) = 1/x^2$, representando “x” número de artigos escrito por um autor e $f(x)$ o número de autores dentro de uma comunidade científica que trata determinado assunto.

Pode-se observar que o gráfico delineado pelos índices práticos não desenha a assíntota perfeita de Lotka, entretanto, descreve-a de maneira genérica e aproximada, oferecendo indícios para a confirmação daquele princípio.

Dos 555 autores, 427 escreveram apenas um artigo e a marca dos cinco artigos foi atingida por apenas 26 autores, em outras palavras, poucos autores publicam muito e ainda, muitos autores publicam pouco.

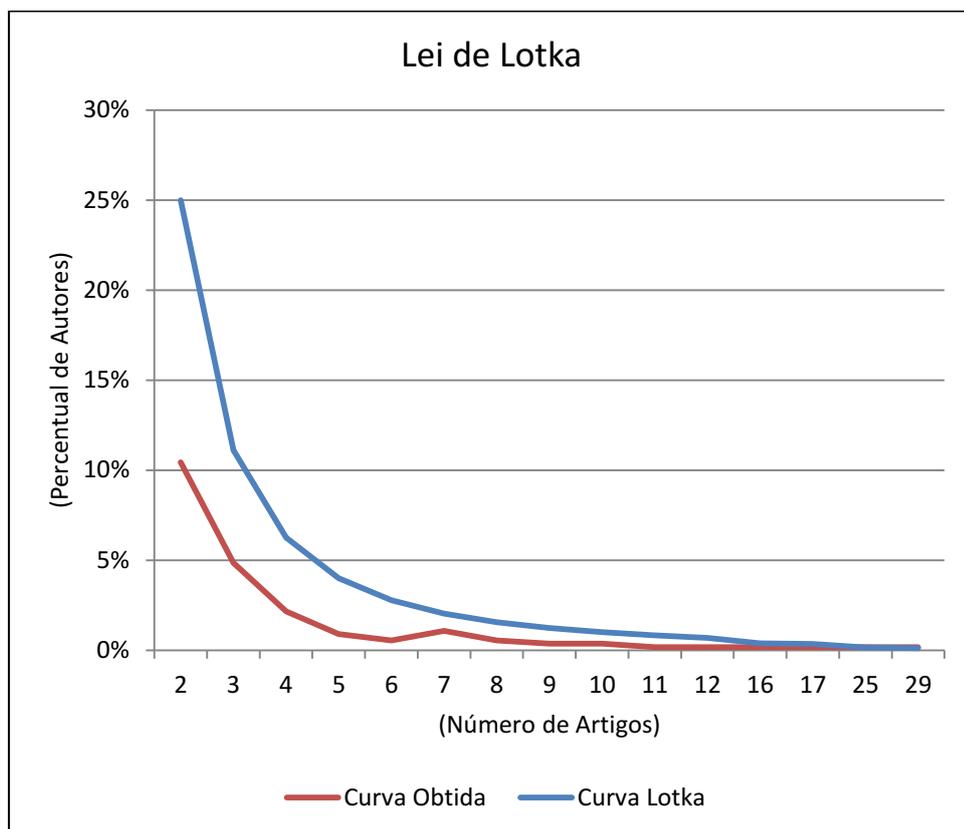


Figura 12 – Medição de Lotka

Fonte: Autor

O quadro 5 apresenta o rol dos autores, o número de publicações no periódico, o número de artigos em que os autores foram único autor, o número em que fizeram parcerias, ano de primeira e última publicação e a instituição à qual se vincularam. A ideia do quadro é representar o “peso” do autor e seu tempo de vida produtiva no periódico.

Autor	Total de Artigos	Artigos Solo	Artigos em Parceria	Primeiro Autor	Ano Primeira Publicação	Ano Última Publicação	Instituição
Sterman, JD	30	11	19	13	1985	2014	MIT – S.S.Management
Richardson, GP	25	10	15	12	1986	2014	University at Albany
Saeed, K	17	8	9	10	1986	2013	Worcester Polytechnic
Andersen, DF	16	2	14	6	1988	2013	University at Albany
Homer, JB	12	8	4	12	1985	2014	MIT – S.S.Management
Meadows, DH	11	9	2	10	1987	2007	MIT – S.S.Management
Ford, DN	10	1	9	3	1998	2011	University of Bergen
Vennix, JAM	10	1	9	3	1990	2014	Radboud University
Forrester, JW	9	8	1	8	1987	2013	MIT – S.S.Management
Lane, DC	9	6	3	8	1991	2008	London University
Coyle, RG	8	6	2	8	1985	2001	Royal College of Science
Wolstenholme, EF	8	4	4	6	1986	2007	London South Bank
Grossler, A	8	3	5	5	2000	2014	Radboud University
Morecroft, JDW	7	2	5	5	1985	2008	London Business School
Rahmandad, H	7	0	7	5	2009	2013	Virginia Polytechnic
Barlas, Y	7	2	5	4	1990	2011	Bogaziçi University
Ford, A	7	3	4	4	1995	2010	Washington University
Milling, PM	7	3	4	3	1996	2007	Mannheim University
Mosekilde, E	7	0	7	3	1985	2007	University of Denmark
Mashayekhi, AN	6	4	2	5	1990	2012	Sharif University
Lyneis, JM	6	2	4	4	1999	2011	MIT – S.S.Management
Winch, GW	6	2	4	3	1993	2005	University of Plymouth
Cavana, RY	5	0	5	4	1999	2013	Victoria University
Kampmann, CE	5	2	3	4	1991	2014	Copenhagen School
Radzicki, MJ	5	4	1	4	1989	2007	Notre Dame
Rouwette, EAJA	5	0	5	3	1996	2013	Radboud University
Larsen, ER	5	0	5	0	1988	2006	London Business School

Quadro 5 – Produção por autor

Fonte: Autor

Dos 555 autores dos trabalhos analisados, apenas 58 não compuseram parceria, ou seja, pouco mais de 10%, entretanto, apenas 43 autores publicaram dois ou mais artigos com os mesmos parceiros. A figura 13 representa esta situação através de um gráfico de rede.

Todos os autores apontados neste gráfico desenvolveram dois ou mais artigos com pelo menos um parceiro. Nele, as linhas em cor cinza indicam a realização de um trabalho em conjunto, as linhas em azul indicam a realização de dois trabalhos em conjunto. As linhas verdes representam três trabalhos em conjunto e as linhas em rosa e vermelho representam quatro e nove trabalhos em conjunto, respectivamente.

A figura 14 é a representação gráfica da distribuição de autores por país. Vale aqui reforçar que a nacionalidade atribuída aos autores é aquela da instituição à qual se encontrava vinculado à época da publicação do artigo.

Como se observa nessa figura, Estados Unidos e Reino Unido concentram mais de 50% dos autores da “*System Dynamics Review*”.

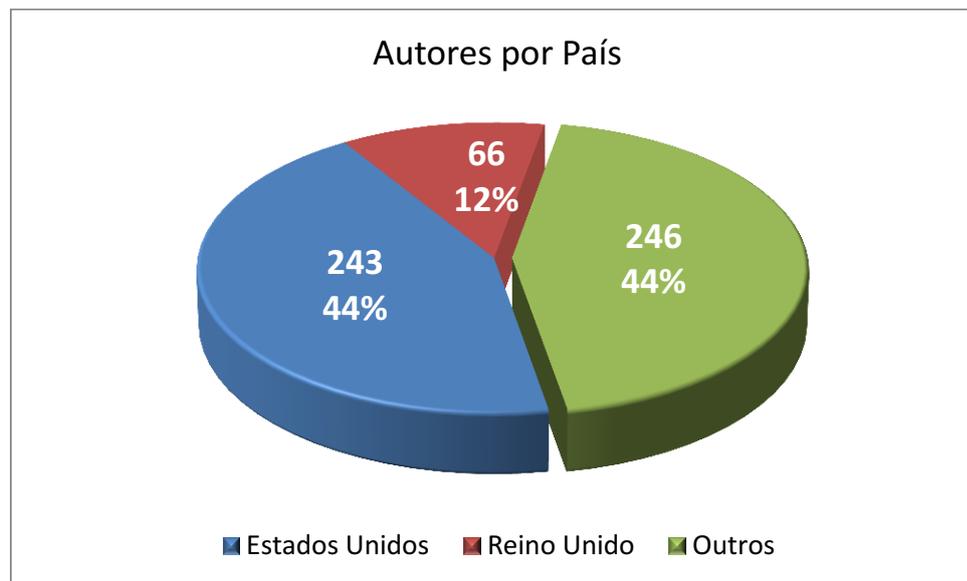


Figura 14 – Distribuição de autores por país
Fonte: Autor

Na figura 15 apresentam-se os dados absolutos da distribuição de autores por país. No gráfico, representa-se cerca de 81% do número total de autores, que estão concentrados em dez países.

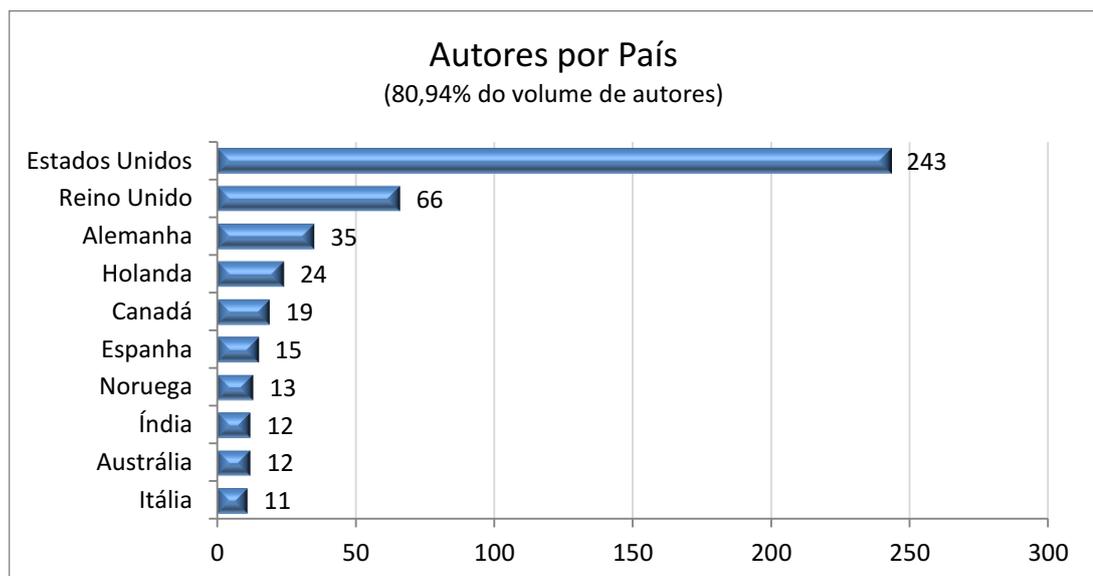


Figura 15 – Número de Autores por País
Fonte: Autor

Como demonstra o gráfico, o crescimento do número de autores do terceiro para o segundo colocado e deste para o primeiro, apresentam marcas superiores a 50%, colocando os Estados Unidos, Reino Unido e Alemanha em evidência, fato este que corrobora a maturidade dos pesquisadores desses países em relação ao tema Dinâmica de Sistemas, ressaltando aqui que estes três países estão no rol dos países de origem da maioria dos fundadores da “*System Dynamics Society*”, instituição provedora do periódico.

A tabela 1 apresenta a relação de autores por instituição. Nela está a relação de instituições que agregam mais de 1% do total de autores.

São 18 instituições, perfazendo 7,3% das instituições, às quais estão vinculados 32,7% dos autores, com destaque à *Sloan School of Management* do *Massachusetts Institute of Technology* - MIT, que sozinha agrega 10,1% dos autores, marca atingida por seus seis sucessores somados.

Tabela 1 - Autores por instituição

Instituição	Autores	% do Total de Autores
M.I.T. - Sloan School of Management	55	9,9%
Mannheim University	11	2,0%
Universitat Stuttgart	10	1,8%
University at Albany	10	1,8%
University of Bergen	10	1,8%
University of Texas	8	1,4%
Virginia Polytechnic Institute and State University	8	1,4%
Radboud University Nijmegen	7	1,3%
University of Illinois	7	1,3%
Washington University	7	1,3%
Bogaziçi University - Istanbul	6	1,1%
Delft University of Technology	6	1,1%
Georgia Institute of Technology	6	1,1%
London Business School	6	1,1%
Technical University of Denmark	6	1,1%
University of Maribor	6	1,1%
Victoria University of Wellington	6	1,1%
Worcester Polytechnic Institute	6	1,1%

Fonte: Autor

Em relação à análise da rede de autores, foram observados 972 relacionamentos dos 153.735 possíveis, o que lhe conferiu a densidade de 0,6323% com um grau de centralização médio de 0,75%.

A tabela 2 apresenta o grau de centralidade da rede daqueles autores que obtiveram um grau de centralidade absoluto a partir de 20.

Tabela 2 – Centralidade por Autor

Autor	Grau de Centralidade Absoluto	Grau de Centralidade Normalizado
Andersen, DF	41	0,82%
Richardson, GP	39	0,78%
Sterman, JD	33	0,66%
Saeed, K	22	0,44%
Abdel-Hamid, TK	21	0,42%
Ankel, F	20	0,40%
Battle-Fisher, M	20	0,40%
Gibson, B	20	0,40%
Gonzalez-Parra, G	20	0,40%
Jalali, M	20	0,40%
Kaipainen, K	20	0,40%
Kalupahana, N	20	0,40%
Karanfil, O	20	0,40%
Marathe, A	20	0,40%
Martinson, B	20	0,40%
Mckelvey, K	20	0,40%
Morecroft, JDW	20	0,40%
Murphy, P	20	0,40%
Pintauro, S	20	0,40%
Poucheret, P	20	0,40%
Pronk, N	20	0,40%
Qian, Y	20	0,40%
Sarbadhikari, SN	20	0,40%
Sazonov, E	20	0,40%
Van Oorschot, K	20	0,40%
Venkatasubramanian, A	20	0,40%

Fonte: Autor

No estudo de densidade de rede proposto na Análise de Rede Social, o grau de centralidade de cada elemento da rede é medido em termos de entradas e saídas atreladas ao elemento, o que equivale a dizer que o sentido do relacionamento é tomado por base. Assim, um relacionamento entre um elemento A e B pode ser diferente do relacionamento entre B e A. Como para este estudo foi considerada a possibilidade de relacionamento de todos os seus membros entre si, as medidas das relações entre A e B são iguais àquelas entre B e A de modo que está sendo apresentado apenas um número para o grau de centralidade. Faz-se notar aqui

que o índice normalizado é apenas a representação percentual do número absoluto. A rede de autores apresentou ainda, um grau de centralidade absoluto variando de zero a 41 com média em 3,50, o que correspondeu uma variação de zero a 0,82% e média em 0,07% para o grau de centralidade normalizado.

Para o quesito intermediação os números estão apresentados na tabela 3. Foram selecionados os resultados com significância a partir de 0,4%.

Tabela 3 – Intermediação por autor

Autor	Intermediações	Intermediações Normalizadas
Sterman, JD	11.358	7,42%
Richardson, GP	10.764	7,03%
Vennix, JAM	4.737	3,09%
Ford, DN	4.442	2,90%
Saeed, K	3.343	2,18%
Andersen, DF	2.852	1,86%
Ford, A	2.566	1,68%
Lyneis, JM	2.551	1,67%
Morecroft, JDW	2.520	1,65%
Mosekilde, E	2.491	1,63%
Grossler, A	2.358	1,54%
Oliva, R	2.341	1,53%
Homer, JB	2.187	1,43%
Rahmandad, H	1.806	1,18%
Cavana, RY	1.417	0,93%
Winch, GW	1.211	0,79%
Larsen, ER	1.169	0,76%
Hines, J	899	0,59%
Sturis, J	828	0,54%
Dauidsen, PI	817	0,53%
Wolstenholme, EF	815	0,53%
Goncalves, P	693	0,45%
Aracil, J	614	0,40%
Clark, TD	615	0,40%
Graham, AK	614	0,40%
Jones, A	612	0,40%
Thompson, JP	612	0,40%

Fonte: Autor

A mediação é a capacidade que um elemento da rede tem de intermediar uma conexão na rede, ou seja, é o número de nós que um agente é capaz de ligar. Aqui o número

normalizado representa também esta capacidade, em valor percentual. A rede apresentou para a mediação, valores absolutos que variaram de zero a 11.358 intermediações que representaram em números relativos de zero a 7,42%, com valores médios de 133 e 0,09%, respectivamente.

Para o quesito proximidade ou grau de proximidade, que é a capacidade de um elemento da rede se conectar aos outros, os números são apresentados na tabela 4. A tabela apresenta a relação de autores com maior significância para este quesito.

Tabela 4 – Grau de Proximidade

Autor	Distanciamento	Índice de Aproximação
Richardson, GP	193.120	0,29%
Sterman, JD	193.133	0,29%
Andersen, DF	193.207	0,29%
Davidsen, PI	193.227	0,29%
Morecroft, JDW	193.239	0,29%
Saeed, K	193.250	0,29%
Vennix, JAM	193.262	0,29%
Wolstenholme, EF	193.263	0,29%
Lyneis, JM	193.263	0,29%
Randers, J	193.266	0,29%
Karsky, M	193.267	0,29%
Forrester, JW	193.267	0,29%
Spencer, R	193.267	0,29%
Radzicki, MJ	193.267	0,29%
Paulré, B	193.267	0,29%
Pugh, J	193.267	0,29%
Ford, DN	193.276	0,29%
Mosekilde, E	193.279	0,29%
Ghaffarzadegan, N	193.285	0,29%
Haxholdt, C	193.299	0,29%
Sturis, J	193.301	0,29%
Kampmann, CE	193.303	0,29%
Luna-Reyes, LF	193.305	0,29%
Pardo, TA	193.309	0,29%
Cresswell, AM	193.309	0,29%

Fonte: Autor

Como podem ser observados na tabela, os números apresentados seguem o mesmo conceito que nos dois medidores anteriores, entretanto, a ferramenta nos fornece na primeira

coluna, como número absoluto, uma representação de distanciamento e como medida percentual a representação do grau de aproximação.

O distanciamento de cada elemento da rede tem um mínimo de 193.120 e um máximo de 301.401, apresentando um valor médio de 306.916 e uma variação do índice de proximidade entre 0,29% e 0,18% apresentando os valores médios de 258.437 e 0,23% para o distanciamento e o índice de aproximação respectivamente. Como se observa, o índice de proximidade se mantém na marca de 0,29%, fato este que ocorre para 208 autores, quase 40% da rede estudada.

4.3 Instituições

Como no caso dos autores, a nacionalidade das instituições se concentra nos Estados Unidos e Reino Unido, adicionando-se também o Canadá a esta dupla. Os três países congregam 54% das instituições. A figura 16 apresenta o resultado obtido.

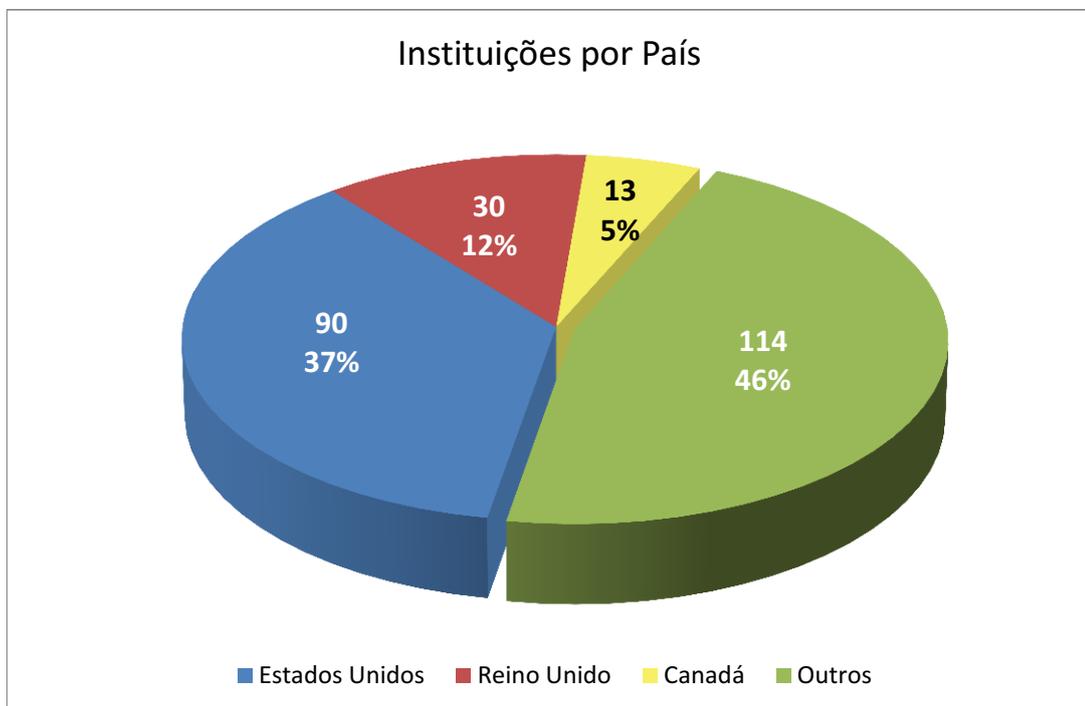


Figura 16 – Distribuição de instituições por país
Fonte: Autor

A figura 17 apresenta os dados absolutos da distribuição de instituições por país. Foi realizado um corte em torno do número equivalente a 80% do total.

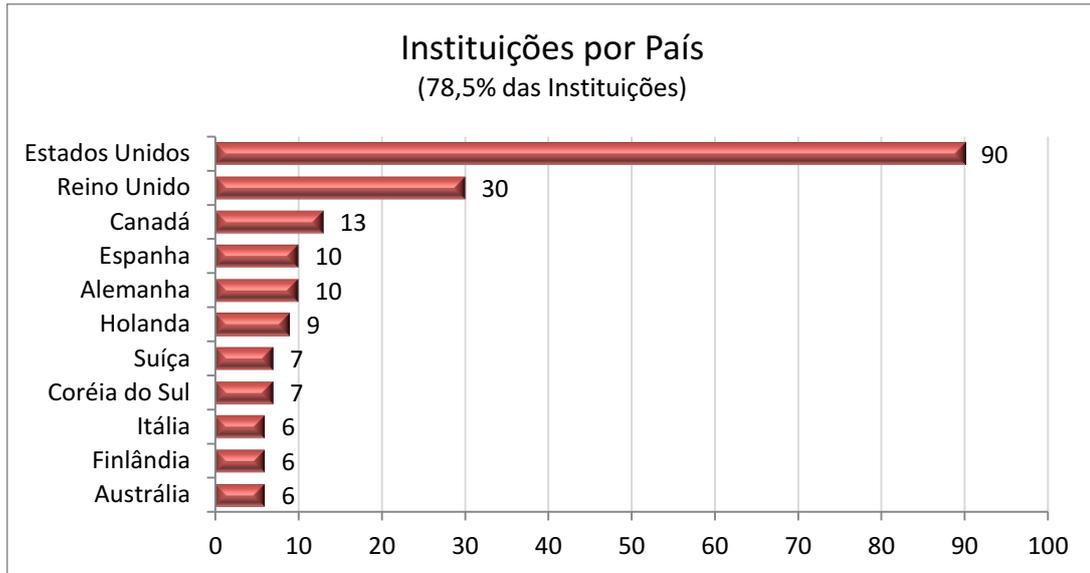


Figura 17 – Número de Instituições por País
Fonte: Autor

Na tabela 5 observa-se a representatividade das instituições em relação ao total de artigos produzidos, como se fora a instituição a produtora do artigo. São apresentadas as instituições que superaram a marca de 2% de participação no total de artigos.

Como se observa apenas nove instituições superaram esta marca, com destaque para a *Sloan School of Management* do *Massachusetts Institute of Technology* – MIT. Autores vinculados a esta instituição participaram em 22,9% dos artigos o que significa a marca atingida por seus cinco sucessores de forma conjunta.

Tabela 5 - Produção por Instituição

Instituição	Número de Artigos	Participação no Total de Artigos
M.I.T. - Sloan School of Management	109	22,9%
University at Albany	38	8,0%
University of Bergen	23	4,8%
Worcester Polytechnic Institute	19	4,0%
Mannheim University	15	3,2%
London Business School	13	2,7%
Radboud University Nijmegen	12	2,5%
Technical University of Denmark	10	2,1%
Harvard University	10	2,1%

Fonte: Autor

Este resultado somente corrobora o resultado semelhante obtido para a vinculação de autores, onde o MIT congrega 9,9% dos autores, sendo a marca atingida por seus seis sucessores naquele quesito.

4.4 Autores e obras referências

Este subitem apresenta e analisa os resultados obtidos com os dados referentes às obras e autores das referências dos artigos da massa de pesquisa. Os autores destas obras serão tratados por autor-referência para se diferenciar das observações sobre os autores dos artigos analisados. Nos 475 artigos avaliados, foram citadas 8.668 obras, entre livros, artigos, teses, dissertações e trabalhos de pesquisa em geral, de autoria de 9.141 autores-referência, cujos trabalhos trataram os mais variados assuntos. Os dados deram origem ao quadro 7.

Citado	Total de Citações Recebidas	Citado em (artigos)	Número Máx. de Citações em um Único Artigo	Autor entre os Artigos Analisados
Sterman, JD	916	299	18	29
Forrester, JW	644	279	45	9
Richardson, GP	478	208	13	25
Senge, PM	259	178	7	2
Andersen, DF	237	96	9	16
Morecroft, JDW	212	120	10	7
Vennix, JAM	211	96	12	10
Coyle, RG	173	77	15	8
Meadows, DH	156	85	11	11
Lane, DC	151	70	9	9
Wolstenholme, EF	145	69	8	8
Eden, CL	136	45	14	Não
Ford, DN	127	63	16	10
Homer, JB	116	73	8	12
Oliva, R	114	68	7	4
Pugh III, AL	110	105	2	Não
Mosekilde, E	105	41	12	7
Meadows, DL	102	62	6	3
Randers, J	95	70	6	3
Lyneis, JM	95	73	6	6
Graham, AK	93	64	7	3
Richmond, B	93	72	7	3

Quadro 7 – Autores – Referência

Fonte: Autor

O quadro apresenta o nome do autor-referência, o número global de citações que o autor-referência recebeu, o número de artigos onde a citação foi realizada, o número máximo de citações em um único artigo, dada a possibilidade de múltiplas citações em um mesmo artigos, e o indicativo de presença do autor-referência entre os autores dos 475 artigos avaliados. Neste último indicativo, quando confirmada a presença entre os autores, foi atribuída a frequência de autoria. Foi realizado o corte mantendo-se os autores-referência que tinham 10% ou mais das citações do primeiro colocado.

Nos números totais verifica-se que 405 autores-referência são também autores dos artigos analisados, ou seja, 73% dos autores da massa de artigos analisada é referência para os assuntos da Dinâmica de Sistemas ou sua aplicação.

Foram utilizadas os dados de quantidade de obras citadas e quantidade de citações destas obras para o cálculo do índice “h” do autor-referência no periódico. O intuito da pesquisa com este tratamento de informações e cálculo é o de apresentar um referencial de significância do autor-referência no âmbito do periódico.

A figura 18 apresenta os índices “h” obtidos, com corte para apresentação naqueles que obtiveram número maior que 2.

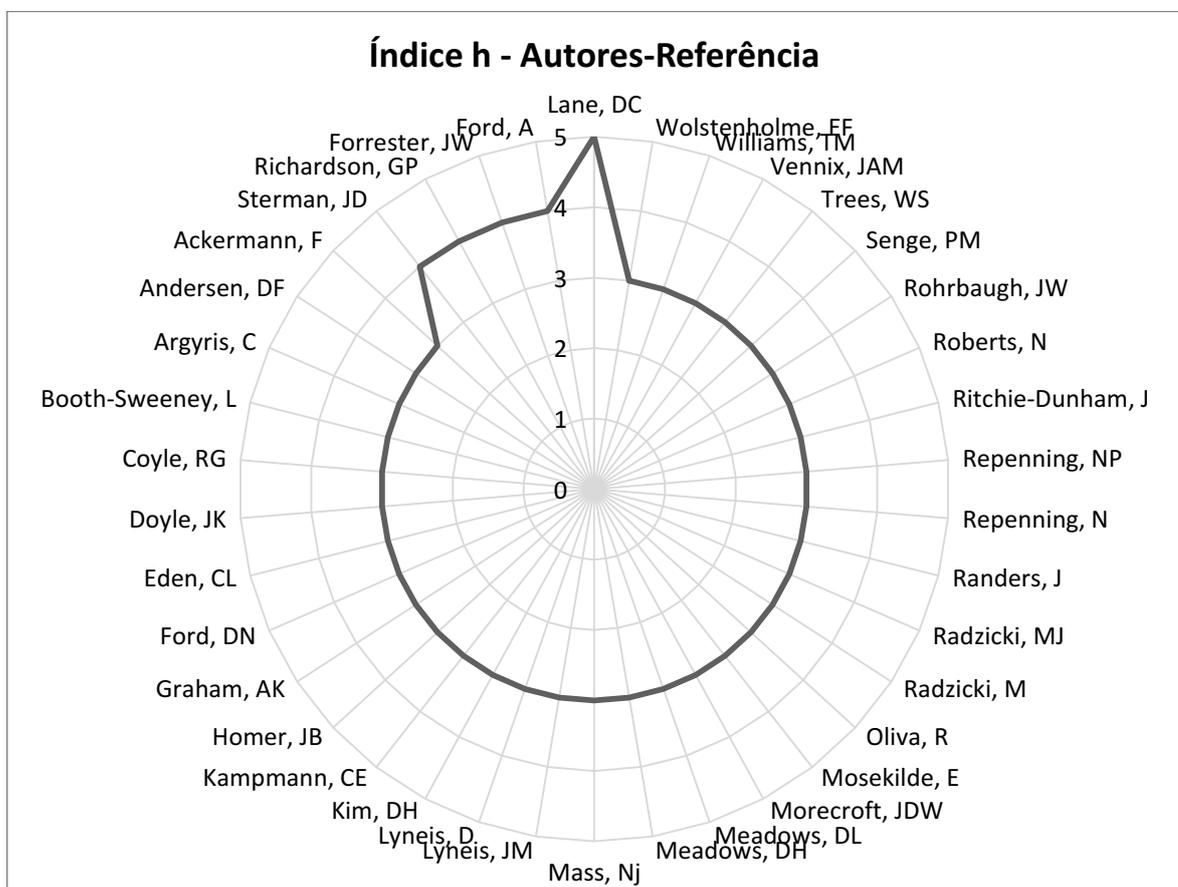


Figura 18 – Índice h – Autores-Referência
Fonte: Autor

Quanto às obras mais citadas, constam da figura 19 a classificação daquelas que apresentaram frequência maior que 25 na contabilização.



Figura 19 – Frequência de Citação de Obras Referenciadas
Fonte: Autor

A primeira e a segunda colocada nesta lista são obras que foram citadas em 33% e 32% dos artigos, respectivamente e superaram o dobro do número de citações da terceira colocada.

4.5 Síntese de resultados

Como síntese dos resultados obtidos da pesquisa dos últimos trinta anos de publicação do *System Dynamics Review* podem ser apontados:

- a) foram catalogados 475 artigos que apresentaram 555 autores vinculados a 247 instituições distribuídas em 37 países e neles foram citados como referência 8.668 publicações de 9.141 autores, entre livros, artigos, teses, dissertações e trabalhos de pesquisa em geral;
- b) a pesquisa constatou linha de tendência crescente quanto ao número de publicações com média anual em torno de 15 artigos, entretanto ao serem consideradas as publicações por quinquênios observou-se estagnação no crescimento nos dois últimos quinquênios;
- c) sob a ótica de conteúdo, a divisão por Classe mostrou equilíbrio entre as publicações sendo 45% dos artigos ou 216 com foco teórico e 55% dos artigos ou 259 com foco em aplicações;
- d) ainda sob a ótica de conteúdo, o tema Dinâmica de Sistemas foi o preferido, superando em três vezes o segundo colocado que foi o tema Organizações, entretanto, mesmo com a preferência observada, não se constataram vieses significativos e diferenciados para nenhum dos temas ao longo do tempo, considerando-se os números absolutos de artigos e as curvas de tendência dentro de cada tema;
- e) descendo ao detalhe do Assunto, obtiveram destaque os números dos artigos que apresentaram conteúdos catalogados nos assuntos “Conceitual”, “Analítico” e “Estratégia e Processos” com as marcas de 110, 97 e 42 artigos respectivamente, integralizando 249 artigos ou 52,4% do total;
- f) a relação entre o número de artigos produzidos e o número de autores que os produziram apontam para a confirmação do princípio de Lotka, ou seja, poucos autores publicam muito e muitos autores publicam pouco;
- g) sob a ótica do volume de publicações, destacam-se Sterman, Richardson, Saeed e Andersen, os quatro primeiros colocados, com os números de 30, 25, 17 e 16 artigos respectivamente;

- h) apenas 58 autores entre os 555 não compuseram parcerias, entretanto apenas 43 publicaram dois ou mais artigos com os mesmos parceiros com destaque absoluto para a parceira Andersen – Richardson;
- i) são dos Estados Unidos e do Reino Unido 309 autores, ou 56% do total;
- j) integralizam 368 autores, ou 66% do total, aqueles cuja origem é Estados Unidos, Reino Unido, Alemanha e Holanda, países de origem dos fundadores da System Dynamics Society;
- k) a despeito do alto desenvolvimento socioeconômico do Japão, o país apresenta apenas duas instituições no rol de instituições e apenas dois autores de origem desta nacionalidade;
- l) Andersen, Sterman e Richardson são os primeiros apontados nos índices de centralidade de rede, intermediação e grau de proximidade respectivamente e aparecem em todas as relações entre os seis primeiros.
- m) em relação às instituições, semelhante ao que foi constatado com os autores, a concentração recai sobre Estados Unidos e Reino Unido com a marca de 120 instituições ou 49% do total;
- n) autores de 109 artigos estavam vinculados à Sloan School of Management do MIT, conferindo ao instituto 23% do total de artigos e ainda 10% do total de autores;
- o) considerando os autores citados, ou seja, os autores-referência, Sterman, Richardson e Andersen, aparecem entre os cinco primeiros, acompanhados de Senge, importante divulgador do pensamento sistêmico e do próprio Forrester, criador da Dinâmica de Sistemas com ênfase para Sterman e Forrester com as marcas de 916 e 644 citações respectivamente;
- p) verificou-se que 405 autores dos artigos analisados, ou seja, 73% do total de autores, também são autores-referência;
- q) o índice h calculado para a população dos autores-referência apontou para Lane, Ford, Forrester, Richardson e Sterman com os maiores índices, todos acima de 3, destaque para Lane com índice igual a 5;
- r) a obra mais referenciada foi “Business Dynamics: System Thinking and Modeling for a Complex World” de autoria de Sterman, seguida de perto pela obra “Industrial Dynamics” de autoria de Forrester.

5 CONCLUSÃO

Com a tabulação das informações sobre os artigos publicados, seus autores, seus conteúdos, principais obras citadas, instituições às quais se ligam os autores, tendências, relacionamentos e sua apresentação em forma de gráficos, quadros e tabelas, esta pesquisa inicia a criação do “mapa” sobre a Dinâmica de Sistemas. O principal periódico sobre o assunto foi seu objeto de pesquisa principal.

A presença marcante dos nomes de Andersen, Forrester, Richardson e Sterman fica evidente e, sem sombra de dúvidas, é um grande ponteiro para aqueles que desejam adentrar no tema, cujo desenvolvimento superior, sob a ótica dos indicadores, se encontra nos Estados Unidos, fato este que ao observador comum seria consideração óbvia e inicial, contudo causa certo estranhamento a pouca frequência do Japão, tanto no número de autores quanto no número de instituições, uma vez que se trata de nação com alto desenvolvimento socioeconômico para o qual o mesmo senso comum esperaria alta participação.

A concentração em poucos pensadores do assunto e em poucas instituições e países pode ser um empecilho para a difusão e o desenvolvimento do tema podendo resultar no desinteresse e na redução da massa crítica de uso e desenvolvimento implicando na perda de relevância.

Os índices, em suas medidas ao longo do tempo, não apontaram grandes variações, sob a ótica dos conteúdos, entretanto este é um ponto frágil desta pesquisa. A classificação atribuída aos artigos foi criada pela interpretação do pesquisador e sua granularidade é, de certa forma, subjetiva, ou seja, poder-se-ão realizar outras classificações que levem a alteração das conclusões obtidas quanto ao conteúdo, mas ainda assim, esta fragilidade não compromete o resultado da pesquisa.

Como dito em sua introdução e reforçado nesta conclusão, este é um trabalho inicial do “mapeamento” maior a ser realizado no campo da Dinâmica de Sistemas. Digno apontar que aquilo que se coloca hoje como “retrato do presente”, amanhã será “quimera do passado” de tal forma que de tempos em tempos, há de se atualizar e ampliar esta pesquisa, incluindo também novos periódicos significativos do tema, desta forma poder-se-á fornecer sempre material organizado para o apoio e incentivo às incursões neste tema que nos impulsiona à visão holística do mundo.

Como outras etapas do “mapeamento” ora iniciado, além desta atualização sugerida e da ampliação de seu objeto com a inclusão de outros periódicos, resta investigar a estagnação

do crescimento de publicações no próprio System Dynamics Review, tendo-se em mente que a proposta do periódico é ser o porta-estandarte da Dinâmica de Sistemas, uma poderosa ferramenta de compreensão da forma de pensar do homem, forma esta que fica a cada dia mais alinhada e em ressonância com a complexidade do mundo em ele vive.

REFERÊNCIAS

- ACKOFF, R.L. Towards a system of systems concepts. **Management Science**, Linthicum, v. 17, n. 11, p. 661-671, jul. 1971.
- BALL, P. Achievement index climbs the ranks. **Nature**, London, v. 448, p. 737, ago. 2007.
- BARBOSA, M.T.S.; BYINGTON, M.R.L.; STRUCHINER, C.J. Modelos dinâmicos e redes sociais: revisão e reflexões a respeito de sua contribuição para o entendimento da epidemia do HIV. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 16, supl. 1, 2000. Disponível em < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2000000700004&lng=en&nrm=isso >. Acesso em: 7 dez. 2014.
- BERGER, P.L.; LUCKMANN, T. **A construção social da realidade**. Petrópolis: Vozes, 1996.
- BERTALANFFY, K.L. von. The theory of open systems in physics and biology. **Science**, [s.l.], v. 111, n. 2872, p. 23-29, jan. 1950.
- BERTALANFFY, KL von. **General system theory: foundations, development and applications**. New York: George Braziler, 1968.
- BROOKES, B.C. Bradford's law and the bibliography of science. **Nature**, London, v.224, n. 6, p. 953-956, dez. 1969.
- CAPRA, F. **A teia da vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos**. 10. ed. São Paulo: Cultrix, 2006a.
- CAPRA, F. **O ponto de mutação: a ciência, a sociedade e a cultura emergente**. 26. ed. São Paulo: Cultrix, 2006b.
- CHURCHMAN, C.W. **The systems approach**. New York: Delacorte Press, 1968.
- COVER, J. **Introduction to system dynamics**. EUA: Powersim Press, 1996.
- COX, M.; MELO, P.T.N.B.; RÉGIS, H.P. Posições centrais em uma rede social: a estrutura da rede de ONGs de Pernambuco associadas à ABONG. **Gestão Contemporânea**, Porto Alegre, ano 6, n. 6, p. 69-96, jan./dez. 2009.
- DEATON, M.L.; WINEBRAKE, J.J. **Dynamic modeling of environmental systems**. EUA: Springer-Verlag, 2000.
- DELEUZE, G. **Proust e os signos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2003.
- DRACK, M. **Ludwig von Bertalanffy's early system approach**. Proceedings of the 52nd Annual Meeting of the ISSS - 2008, Madison, Wisconsin.
- EYKHOFF, P. **System Identification – Parameter and State Estimation**. New York, John Wiley & Sons, 1974.

FORD, D.N. A behaviorial approach to feedback loop dominance analysis. **System Dynamics Review**, EUA, v. 15, n. 1, p. 3-36, mar. 1999.

FORRESTER, JW. **Principles of Systems**. Portland, Oregon: Productivity Press, 1968.

_____. **The Beginning of System Dynamics**. In Banquet Talk at the international meeting of the System Dynamics Society, Stuttgart, Germany, Jul. 1989.

_____. **From the Ranch to System Dynamics: An Autobiography**. Greenwich: JAI Press, 1992.

GARCIA, JM. **Teoría y ejercicios prácticos de dinámica de sistemas**, 3. ed. Barcelona: JMG, 2010.

GUEDES, V.L.S.; BORSCHIVER, S. Bibliometria: uma ferramenta estatística para a gestão da informação e do conhecimento, em sistemas de informação, de comunicação e de avaliação científica e tecnológica. In: CINFORM - ENCONTRO NACIONAL DE CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO, 6., 2005, Salvador. **Anais...** Salvador: ICI/UFBA, 2005. Disponível em: <http://www.cinform-antiores.ufba.br/vi_anais/docs/VaniaLSGuedes.pdf>. Acesso em 7 dez. 2014.

GUEDES, VLS. A Bibliometria e a Gestão da Informação e do Conhecimento Científico e Tecnológico: uma revisão da literatura. Ponto de Acesso, Salvador, v.6, n.2, p. 74 – 109, ago. 2012.

GÓMES, D. et al. Centrality and power in social networks: a game theoretic approach. **Mathematical Social Sciences**, Amsterdam, v. 46, p.27-54, 2003.

GRANOVETTER, MS. The strength of weak ties. **American Journal of Sociology**. Chicago v. 78, n. 6, p. 1360-1380, maio 1973.

HANNEMAN, R.A.; RIDDLE, M. **Introduction to social network methods**. 2001.

Disponível em:

http://faculty.ucr.edu/~hanneman/nettext/Introduction_to_Social_Network_Methods.pdf.

Acesso em: 7 dez. 2014.

HYMAN, A.; WALSH, J.J. **Philosophy in the middle ages**. 2. ed. Indianapolis: Hackett Pub., 1973.

LEÃO, A.M.C. A influência do iluminismo nas políticas educacionais atuais: em pauta a cidadania. **Diversa**, Belo Horizonte, v. 1, n. 2, p. 69-84, jul./dez. 2008.

MARTELETO, RM. Análise de Redes sociais: aplicação nos estudos de transferência da informação. **Ciência da Informação**, Brasília, v.30, n.1, p.71-81, jan./abr. 2001.

MARTINHO, C. **Redes, uma introdução às dinâmicas da conectividade e da auto-organização**. Brasília: WWF – Brasil, 2003.

MEADOWS, D.H. **Thinking in Systems**. Vermont: Chelsea Green Publishing, 2008.

MORALES, M. **Modelaodin**. Ago, 2012. Disponível em: <www.modelaodin.blogspot.com.br>. Acesso em: 7 dez. 2014.

MORENO, J.L. **Quem sobreviverá?** Fundamentos da sociometria, psicoterapia de grupo e sociodrama. Goiânia: Dimensão Editora, 1992, v. 1, 2 e 3.

NEWTON, I. **The Principia – mathematical principles of natural philosophy**. 1687 - Tradução de I. Bernard Cohen & Anne Whitman, Oakland: University of California Press, 1999.

PAO, ML. **Concepts of information retrieval**. Englewood, Colorado: Libraries Unlimited, 1989.

PRITCHARD, A. Statistical bibliography or bibliometrics? **Journal of documentation**, [s.l.], v. 25, n.4, p. 348-349, Jan. 1969.

SCHRIBER, T.J. **Simulation using GPSS**. Ann Arbor: John Wiley and Sons, 1990.

SENGE, P.M. **The Fifth Discipline**. New York: Doubleday Currency, 1990.

STERMAN, J.D. **Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world**. Boston: Irwin McGraw Hill, 2001.

SYSTEM DYNAMICS REVIEW. **Aims and Scope**. 2014. Disponível em <<http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/%28ISSN%291099-1727/homepage/ProductInformation.html>>. Acesso em: 7 dez. 2014.

TANG, V.; VIJAY, S. System dynamics: origins, development, and future prospects of a method. In: RESEARCH SEMINAR IN ENGINEERING SYSTEMS, 83, 2001, MIT. **Anais...** 2001, 11p. Disponível em <<http://web.mit.edu/esd.83/www/notebook/NewNotebook.htm>>. Acesso em: 7 dez. 2014.

TOMAÉL, M.I.; MARTELETO, R.M. **REDES SOCIAIS: posições dos atores no fluxo da informação**, 2006. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/eb/article/download/1518.../387>>. Acesso em: 7 dez. 2014.

TRUESWELL, RW. Some behavioral patterns of library users: the 80/20 rules. **Witson Library Bulletin**, [s.l.], v. 43, n. 5, p. 458-461, jan. 1969.

VANTI, N.A.P. Da bibliometria a webometria: uma exploração conceitual dos mecanismos utilizados para medir o registro da informação e a difusão do conhecimento, **Ciência da informação**, Brasília, v. 31, n. 2, p. 152-162, mai./ago. 2002.

VOOS, H. Lotka and information science. **Journal of the american society of information science**, New York, v. 25, n. 4, p. 270-272, jul./ago. 1974.

WECKOWICZ, T.E. **Ludwig von Bertalanffy (1901-1972): A Pioneer of General Systems Theory.** Edmonton, Canada: Center for Systems Research, 1988.