

Aplicações de dinâmica de sistemas na logística reversa: uma análise bibliométrica

Use of Systems Dynamics in Reverse Logistics: A Bibliometric Analysis

Caroline Rodrigues Vaz¹ - Univ. Federal de Santa Catarina - Programa de Pós-Graduação em Eng. de Produção
Danielly Oliveira Inomata² - Univ. Federal de Santa Catarina - Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação
Mauricio Uriona-Maldonado³ - Univ. Federal de Santa Catarina - Programa de Pós-Graduação em Eng. de Produção - Dep. de Eng. de Produção e Sistemas

RESUMO Este artigo tem como objetivo realizar um levantamento do desenvolvimento de modelos e aplicações de dinâmica de sistemas no domínio da logística reversa e áreas afins, por meio da bibliometria. O levantamento bibliográfico apresentou 25 artigos relevantes e alinhados com o tema de pesquisa. As informações coletadas incluem: artigos mais relevantes, os principais autores, as palavras-chave mais relevantes e os periódicos que mais publicaram sobre o assunto em questão. Como resultado apresenta-se os artigos que mais se destacaram na relação entre dinâmica de sistemas e o processo de logística reversa. Conclui-se que os autores com maior número de artigos produzem conhecimento em coautoria, parecendo existir um núcleo comum de investigação voltados para o estudo de estratégias, metodologias, planejamento e sustentabilidade da cadeia de suprimentos, principalmente na produção de equipamentos eletroeletrônicos.

Palavras-chave Dinâmica de Sistemas. Logística Reversa. Cadeia de Suprimentos Reversa. Cadeia de Suprimentos Verde. Cadeia de Suprimentos de Malha Fechada. Análise Bibliométrica.

ABSTRACT *This article aims to perform a literature review on the models and applications of system dynamics, through bibliometrics. We examined 25 articles, retrieved from three international databases. The results show the most relevant articles, the main authors, and the most relevant keywords and journals on the subject. It was concluded that the authors with the greatest number of articles produce co-authored knowledge, and there appears to be a common core of research focused on the study of strategies, methodologies, planning and sustainability of the supply chain, mainly in the production of electronic equipment.*

Keywords *Systems Dynamics. Reverse Logistics. Reverse Supply Chains. Green Supply Chains. Closed-loop Supply Chains. Bibliometric Analysis.*

1. Campus Reitor João David Ferreira Lima, s/n - Trindade, Florianópolis, SC, CEP: 88040-900, caroline.vaz@posgrad.ufsc.br

2. inomata.danielly@gmail.co

3. m.uriona@ufsc.br

VAZ, C. R.; INOMATA, D. O.; URIONA-MALDONADO, M. Aplicações de dinâmica de sistemas na logística reversa: uma análise bibliométrica. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, Ano 11, nº 4, out-dez/2016, p. 101-116.

DOI: 10.15675/gepros.v11i4.1551

1. INTRODUÇÃO

Os processos de coleta, recuperação, remanufatura e descarte tornaram-se essenciais para setores industriais, como o eletroeletrônico e a tendência é que no meio e longo prazo, a implantação desses processos seja exigida, também, na legislação de outros setores industriais.

Embora a literatura não seja clara quanto à sua conceituação, pois existem várias denominações: logística reversa (*reverse logistics*), cadeias de suprimento de malha fechada (*closed-loop supply chains*), cadeias de suprimento verdes (*green supply chains*) e cadeias de suprimento reversas (*reverse supply chains*); a literatura da área é clara em afirmar que existem diferenças quanto ao design bem como quanto à operação de sistemas produtivos com características reversas (ROGERS; DALE S; MELAMED; LEMBKE, 2012).

Autores como Ferguson e Souza (2010) destacam ainda mais claramente as dificuldades encontradas na hora de desenhar, implantar e operar uma rede de logística reversa, como por exemplo, o uso de terceirizados para realizar a coleta de produtos usados, a decisão de abertura, localização e número de centros de entrega, os incentivos aos usuários finais para a coleta de produtos usados, dentre outros. Por este motivo, observa-se um incremento no uso de modelos de simulação para analisar os aspectos críticos do design e da operação das redes de LR, antes delas serem efetivamente implantadas, oferecendo ganhos de tempo e capital (ROGERS; DALE S; MELAMED; LEMBKE, 2012).

Existem três grandes categorias de metodologias de modelagem e simulação: eventos discretos, agentes e dinâmica de sistemas (BORSHCHEV; FILIPPOV, 2004). Argumentamos que, dentre elas, a dinâmica de sistemas oferece algumas vantagens de aplicação em modelos de sistemas produtivos que envolvam logística reversa, pois enquanto a simulação de eventos discretos oferece uma visão detalhista da operação de processos de negócio e a simulação de agentes oferece uma visão da complexidade emergindo das interações individuais, a dinâmica de sistemas oferece a visão da realimentação de matéria e informação (STERMAN, 2000), que é a característica fundamental da LR. Além disso, as metodologias de eventos discretos e de agentes não levam em conta o paradigma sistêmico nos seus modelos, isto é, existem variáveis de entrada de dados e variáveis de saída de dados, sendo transformados por meio de uma “caixa preta”. Já a dinâmica de sistemas oferece uma visão sistêmica, na qual as variáveis podem influenciar-se entre si, isto é, variáveis de entrada de dados podem receber informações de variáveis intermediárias e de variáveis de saída e vice versa (STERMAN, 2000).

Desta forma, com base nas interdependências entre os diferentes processos da logística direta e os da logística reversa, a dinâmica de sistemas pode ajudar a identificar pontos críticos ou gargalos no fluxo, a melhor configuração da rede de LR com base no custo-benefício, indicadores financeiros ao longo do tempo de implantação e operação bem como flutuações e efeito chicote da cadeia de suprimentos integrada (direta + reversa). Contudo, os estudos que utilizam dinâmica de sistemas no domínio da LR são relativamente novos e escassos, o que leva à necessidade de sistematizar e organizar a literatura existente, a fim de compreender o que já tem sido feito – em termos de modelamento e simulação – bem como as áreas onde ainda existem oportunidades de desenvolvimento futuro.

Assim, o objetivo do artigo é realizar um levantamento do desenvolvimento de modelos e aplicações de dinâmica de sistemas no domínio da logística reversa e áreas afins, por meio da bibliometria.

O artigo está dividido em cinco seções, sendo a primeira composta pela introdução. A segunda o referencial teórico. A terceira apresenta a metodologia utilizada na pesquisa. A quarta mostra os resultados da pesquisa, com base no portfólio de artigo e análise bibliométrica. E por último, o artigo apresenta as considerações finais para o seu encerramento.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Logística reversa

Vários têm sido os autores que oferecem definições de logística reversa (LR), entre eles Stock (1992), Carter e Ellram (1998) e Rogers e Tibben-Lembke (1999) dentre outros. A partir desses autores, conceituamos a LR como sendo “o processo de planejamento, implementação e controle do fluxo eficiente e de baixo custo de matérias primas, estoque em processo, produto acabado e informações relacionadas, desde o ponto de consumo até o ponto de origem, com o propósito de recuperação de valor ou descarte apropriado para coleta e tratamento de lixo”.

Para Stock (1998) a LR é um modelo sistêmico que aplica os melhores métodos da engenharia e da gestão da cadeia de suprimentos. Para o autor, a empresa que inicia o processo de LR ganha tanto na melhoria de uma imagem institucional positiva, quanto na visão de responsabilidade empresarial – meio ambiente e sociedade. Por outro lado, existe também o cumprimento à legislação, que em certos setores exige de mecanismos e políticas de gestão de resíduos bem como do reaproveitamento de materiais descartados (VAZ et al., 2013). Por este motivo, o projeto da rede de LR começa a ganhar importância, levantando por sua vez, questões importantes (FERGUSON; SOUZA, 2010):

- Qual é a estrutura de canais reversos mais adequada? Por exemplo, a manufatureira deve aproveitar sua rede existente de varejo, ou contratar uma terceirizada para coletar os produtos usados, ou deve coletá-los ela mesma dos consumidores finais?
- Qual é a melhor estratégia de coleta? Os produtos usados deveriam ser coletados do usuário final ou é melhor designar locais de entrega para esses produtos?
- Como influenciam os benefícios financeiros e a escolha da estratégia de coleta na estrutura da rede de LR?

2.2. Dinâmica de sistemas

A Dinâmica de Sistemas é uma metodologia de modelagem e simulação que se fundamenta no pensamento sistêmico (ou *systems thinking* em inglês) (OLIVEIRA et al., 2007), desenvolvendo explicações do comportamento do sistema em estudo, partindo das interações entre as diversas partes que o compõem, e utilizando padrões de comportamentos existentes (FIGUEIREDO, 2009).

Desta forma, pode-se dizer que, a principal diferença entre a dinâmica de sistemas e outras metodologias de simulação – mas especificamente, as metodologias centradas no processo e as metodologias baseadas em agentes – é a importância da estrutura do sistema – das estruturas de tomada de decisão, dos elementos físicos, das regras de decisão e de suas inter-relações – na explicação do comportamento do sistema em estudo.

A DS iniciou a partir das pesquisas do Jay Forrester no MIT, na década de 1960 quando da publicação do livro “*Industrial Dynamics*” (FORRESTER, 1961). Nele, Forrester encontrara que a principal causa para a flutuação da cadeia de suprimentos da *General Electric* era a estrutura de tomada de decisão, em relação, principalmente, às decisões sobre o ponto de reposição de estoques e à defasagem entre essas decisões e os impactos na cadeia.

Neste sentido, as aplicações da DS em cadeias de suprimento têm demonstrado os efeitos das regras de decisão, e de forma mais ampla, os aspectos comportamentais dos decisores, em relação ao desempenho das cadeias. Contudo, o uso e potenciais benefícios da DS em redes de logística reversa é ainda pouco reconhecido. Este trabalho tem como objetivo ajudar no processo de sistematização do conhecimento previamente publicado no tema para facilitar futuras aplicações da DS em redes de logística reversa, bem como ajudar com a disseminação do seu uso.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa apresentada neste artigo classifica-se, quanto aos fins, como exploratória e descritiva e, quanto aos meios, como bibliográfica (VERGARA, 2003). Exploratória, cujo objetivo foi gerar conhecimento nos pesquisadores, por meio da seleção e análise dos artigos científicos, publicados em periódicos indexados em bases de dados. E, descritiva por realizar a descrição de características dos artigos gerado a partir das percepções dos pesquisadores.

Para alcançar o objetivo proposto, foram utilizadas duas etapas:

- (i) Seleção do Portfólio Bibliográfico: Foram utilizadas três bases de dados do Portal CAPES (*Web of Science*, *Science Direct* e SCOPUS), usando seis combinações de palavras-chave relacionadas com a logística reversa e a dinâmica de sistemas.
- (ii) Análise Bibliométrica: A bibliometria foi utilizada para destacar os autores, as palavras-chave, os periódicos, os anos e os artigos relevantes sobre o tema.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Seleção do portfólio bibliográfico (PB)

A seleção dos artigos foi realizada no mês abril de 2015 nas bases de dados *Web of Science*, *Science Direct* e SCOPUS, usando como critérios para buscar a combinação de seis palavras-chave, conforme mostra a Tabela 1. Como houve interesse em entender mais a fundo o construto e suas origens, não houve qualquer recorte temporal, ou seja, todos os artigos selecionados foram analisados. O símbolo de truncamento “*” foi usado para ampliar o número de respostas, pois recupera plurais, expressões com mesmo radical e variações de grafias da palavra-chave.

Tabela 1 – Artigos encontrados nas bases de dados.

Palavra-chave	Base de Dados			Total artigo Filtrado*
	<i>Web of Science</i>	<i>Science Direct</i>	SCOPUS	
<i>“reverse logistics” AND “system dynamics”</i>	61	8	28	8
<i>“closed-loop supply chain” and “system dynamics”</i>	9	13	20	11
<i>“remanufacturing” AND “system dynamics”</i>	13	13	20	9
<i>“reverse supply chain” AND “system dynamics”</i>	5	12	11	8
<i>“recycl*” AND “system dynamics”</i>	67	312	93	12
<i>“green supply chain” AND “system dynamics”</i>	5	7	5	8
Total de artigos alinhados com o tema				56
Sem repetição/Disponível				25

* Artigos alinhados com o tema, sem repetição e disponíveis para leitura.

Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

O total de 702 artigos brutos encontrados passou por uma leitura inicial dos *abstracts*, com o objetivo de eliminar artigos que não estivessem alinhados com o tema. Para esta etapa alguns aspectos foram considerados: (i) presença de artigos repetidos/duplicados; (ii) alinhamento dos títulos dos artigos com o tema; (iii) alinhamento dos resumos dos artigos com o tema; e (iv) disponibilidade dos artigos na íntegra (texto completo) nas bases de dados. O Quadro 1 apresenta a lista final do portfólio, contendo 25 artigos, organizados pelo número de citações, obtidas a partir do Google Acadêmico.

Quadro 1 – Relação dos artigos alinhados com a pesquisa.

AUTOR	ANO	TÍTULO	PERIÓDICO	QT. CITAÇÃO
Vlachos, Georgiadis e Iakovou	2007	<i>A system dynamics model for dynamic capacity planning of remanufacturing in closed-loop supply chains</i>	<i>Computers & Operations Research</i>	287
Georgiadis e Vlachos	2004	<i>The effect of environmental parameters on product recovery</i>	<i>European Journal of Operational Research</i>	199
Georgiadis e Besiou	2008	<i>Sustainability in electrical and electronic equipment closed-loop supply chains: A System Dynamics approach</i>	<i>Journal of Cleaner Production</i>	118
Koh, Gunasekaran e Tseng	2012	<i>Cross-tier ripple and indirect effects of directives WEEE and RoHS on greening a supply chain</i>	<i>International Journal of Production Economics</i>	66
Georgiadis e Besiou	2010	<i>Environmental and economical sustainability of WEEE closed-loop supply chains with recycling: a system dynamics analysis</i>	<i>International Journal of Advanced Manufacturing Technology</i>	61
Yuan, Shen, Hao e Lu	2011	<i>A model for cost-benefit analysis of construction and demolition waste management throughout the waste chain</i>	<i>Conservation and Recycling</i>	58
Georgiadis e Athanasiou	2010	<i>The impact of two-product joint lifecycles on capacity planning of remanufacturing networks</i>	<i>European Journal of Operational Research</i>	52
Georgiadis e Athanasiou	2013	<i>Flexible long-term capacity planning in closed-loop supply chains with remanufacturing</i>	<i>European Journal of Operational Research</i>	37
Besiou, Georgiadis e Van Wassenhove	2012	<i>Official recycling and scavengers: Symbiotic or conflicting?</i>	<i>European Journal of Operational Research</i>	31
Adenso-Diaz, Moreno, Gutierrez e Lozano	2012	<i>An analysis of the main factors affecting bullwhip in reverse supply chains</i>	<i>International Journal of Production Economics</i>	23
Stasinopoulos, Compston, Newell e Jones	2012	<i>A system dynamics approach in LCA to account for temporal effects-a consequential energy LCI of car body-in-whites</i>	<i>International Journal of Life Cycle Assessment</i>	22
Farel, Yannou, Ghaffari e Leroy	2013	<i>A cost and benefit analysis of future end-of-life vehicle glazing recycling in France: A systematic approach</i>	<i>Conservation and Recycling</i>	21
Poles	2013	<i>System Dynamics modelling of a production and inventory system for remanufacturing to evaluate system improvement strategies</i>	<i>International Journal of Production Economics</i>	20

AUTOR	ANO	TÍTULO	PERIÓDICO	QT. CITAÇÃO
Mafakheri e Nasiri	2013	<i>Revenue sharing coordination in reverse logistics</i>	<i>Journal of Cleaner Production</i>	19
Das e Dutta	2013	<i>A system dynamics framework for integrated reverse supply chain with three way recovery and product exchange policy</i>	<i>Computers & Industrial Engineering</i>	17
Georgiadis	2013	<i>An integrated System Dynamics model for strategic capacity planning in closed-loop recycling networks: A dynamic analysis for the paper industry</i>	<i>Simulation Modelling Practice and Theory</i>	14
Tian, Govindan e Zhu	2014	<i>A system dynamics model based on evolutionary game theory for green supply chain management diffusion among Chinese manufacturers</i>	<i>Journal of Cleaner Production</i>	14
Georgiadis e Besiou	2009	<i>Environmental strategies for electrical and electronic equipment supply chains: Which to choose?</i>	<i>Sustainability</i>	12
Jain, Lindskog, Andersson e Johansson	2013	<i>A hierarchical approach for evaluating energy trade-offs in supply chains</i>	<i>International Journal of Production Economics</i>	12
Wang, Chang, Chen, Zhong e Fan	2014	<i>Impact of subsidy policies on recycling and remanufacturing using system dynamics methodology: a case of auto parts in China</i>	<i>Journal of Cleaner Production</i>	9
Hsueh e Yan	2013	<i>A Multimethodology Contractor Assessment Model for Facilitating Green Innovation: The View of Energy and Environmental Protection</i>	<i>Scientific World Journal</i>	7
Li, Shene Alshawi	2014	<i>Measuring the impact of prefabrication on construction waste reduction: An empirical study in China</i>	<i>Conservation and Recycling</i>	4
Papachristos	2014	<i>Transition inertia due to competition in supply chains with remanufacturing and recycling: A systems dynamics model</i>	<i>Environmental Innovation and Societal Transitions</i>	4
Golroudbary e Zahraee	2015	<i>System dynamics model for optimizing the recycling and collection of waste material in a closed-loop supply chain</i>	<i>Simulation Modelling Practice and Theory</i>	2
López, Bringas, Iniestra e Vargas	2014	<i>Simulacion de la tasa de reciclaje de productos electronicos: Un modelo de dinámica de sistemas para la red de logística inversa</i>	<i>Contaduria y administracion</i>	0

Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

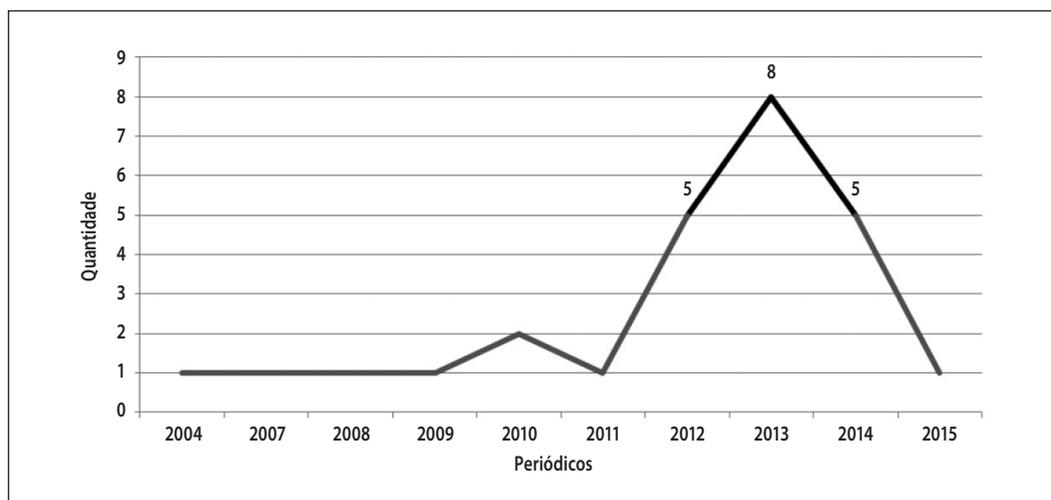
4.2. Análise bibliométrica

Os resultados da análise bibliométrica são apresentados na seguinte ordem: (i) evolução do tema, (ii) relevância dos periódicos, (iii) reconhecimento científico dos artigos; (iv) autores de maior destaque; e (v) palavras-chave mais frequentes identificadas no portfólio.

I) Evolução do tema

De acordo com a Figura 1, a partir de 2011 houve uma tendência do crescimento constante de pesquisas até 2013, demonstrando um interesse crescente, por parte dos pesquisadores, em explorar o uso da dinâmica de sistemas em redes de logística reversa. De fato, 19 artigos (73% do total do portfólio) foram publicados a partir de 2012.

Figura 1 – Periodicidade de publicação.



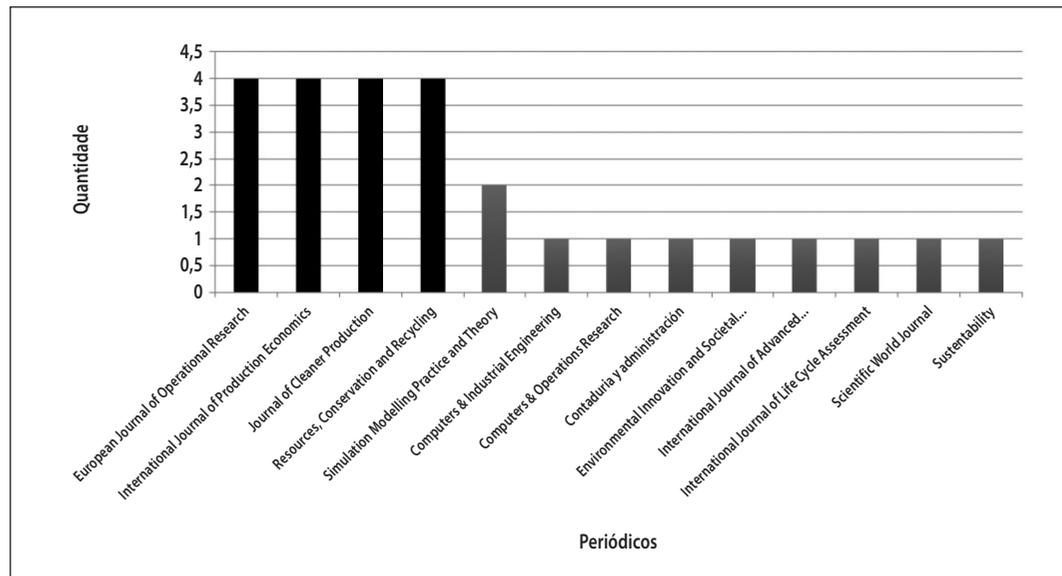
Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

O primeiro artigo em tratar Dinâmica de Sistemas nos processos de Logística Reversa ocorreu no ano de 2004, “*The effect of environmental parameters on product recovery*” escrito pelos autores Patroklos Georgiadis e Dimitrios Vlachos. O artigo trata de questões econômicas e ambientais que são as principais forças motrizes para o desenvolvimento de cadeias de suprimentos de malha fechada, considerando a recuperação de produtos. As questões ambientais examinadas são o “efeito da empresa com a imagem verde” na procura dos clientes, a obrigação de tomar de volta impostas pela legislação, e as campanhas estaduais para o descarte adequado de produtos usados. O modelo inclui todos os principais estoques de produtos novos, usados e recuperados e os fluxos entre eles (GEORGIADIS; VLACHOS, 2004).

II) Relevância dos periódicos

A segunda análise refere-se à relevância dos periódicos do Portfólio Bibliográfico, apresentada na Figura 2. Os 25 artigos alinhados com o tema foram publicados em 13 periódicos, sendo os mais destacados *European Journal of Operational Research*, *International Journal of Production Economics*, *Journal of Cleaner Production* e *Resources, Conservation and Recycling* com 4 artigos respectivamente.

Figura 2 – Periódicos.



Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Ainda, de acordo com a Figura 2, salienta-se a maior proporção de periódicos da área ambiental e da sustentabilidade (5 periódicos), seguido por periódicos gerais da engenharia de produção (3 periódicos), periódicos especializados em pesquisa operacional (3 periódicos) e dois periódicos da área de gestão em geral.

II) Reconhecimento científico dos artigos

A próxima análise refere-se ao reconhecimento científico de cada artigo do PB, mediante a identificação do número de vezes que o artigo foi citado, por outros artigos científicos, assim, utilizou-se o Google Acadêmico para identificar estes números, conforme apresentado no Quadro 1 acima.

Conforme o Quadro 1, os três artigos mais citados são de autoria do Patroklos Georgiadis, sendo que dois deles também foram de autoria do Dimitrios Vlachos.

O artigo com maior número de citações (287 citações) foi “*A system dynamics model for dynamic capacity planning of remanufacturing in closed-loop supply chains*”, dos autores Dimitrios Vlachos, Patroklos Georgiadis e Eleftherios Iakovou do ano de 2007. O artigo utiliza um modelo de dinâmica de sistemas para simular diferentes políticas de planejamento de capacidade em usinas de remanufatura. A originalidade do artigo centra-se no uso de variáveis ambientais, para a avaliação da capacidade – além das variáveis econômicas (VLACHOS; GEORGIADIS; IAKOVOU, 2007).

O segundo artigo mais citado (199 citações) é o já mencionado anteriormente como sendo o primeiro trabalho publicado sobre o tema logística reversa e dinâmica de sistemas, “*The effect of environmental parameters on product recovery*” escrito pelos autores Patroklos Georgiadis e Dimitrios Vlachos em 2004.

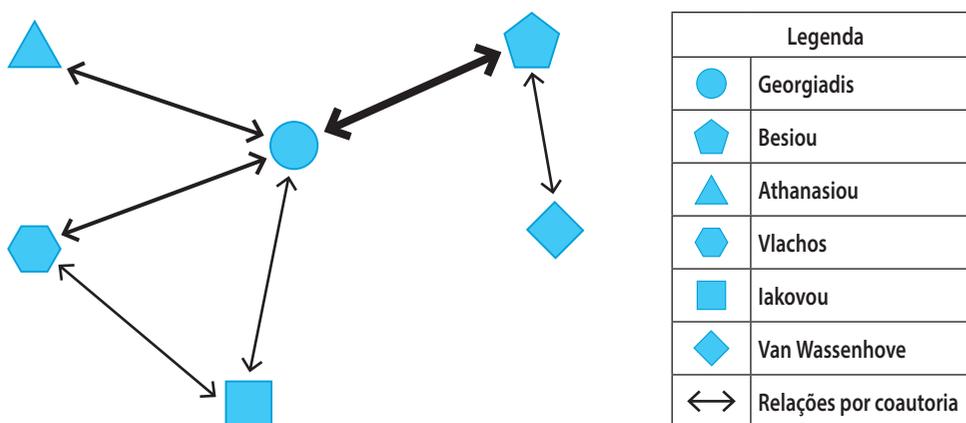
Por fim, o terceiro mais citado (118 citações) é o artigo “*Sustainability in electrical and electronic equipment closed-loop supply chains: A System Dynamics approach*” de 2008, dos autores Patroklos Georgiadis e Maria Besiou. O artigo trata da inclusão de fatores de motivação ambiental (imagem verde empresarial) e de inovação tecnológica (*design for environment*) no modelo de dinâmica de sistemas, previamente desenvolvido pelo P. Georgiadis, e aplicado ao caso da recuperação de componentes elétricos na Grécia (GEORGIADIS; BESIOU, 2008).

III) Autores de maior destaque

Com base na análise bibliométrica e o Quadro 1 acima, foi possível identificar os autores com maior número de publicações, são eles Patroklos Georgiadis (9 artigos), Maria Besiou (3 artigos), Efstratios Athanasiou (2 artigos) e Dimitrios Vlachos (2 artigos). Todos os outros autores publicaram apenas 1 artigo.

É importante ressaltar que os autores em destaque como os mais produtivos publicam em coautoria, conforme mostra a Figura 3. Dada a atual estrutura da rede de coautoria, o autor Georgiadis é considerado um nó central, mantendo relação com os demais autores com mais de dois artigos publicados com a temática desta pesquisa.

Figura 3 – Rede de coautoria entre os principais autores.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2015.

IV) Palavras-chave mais frequentes

As palavras-chave são recuperadas de cada um dos artigos do portfólio, do campo do mesmo nome, para logo serem agrupados. O objetivo desta identificação é levantar, a partir do próprio portfólio, a coleção de termos mais comuns – utilizados pelos autores da área – para referir-se a este campo de estudo.

Essas informações são relevantes para identificar padrões no uso de terminologias e permite também avaliar se as palavras-chave utilizadas no processo de “seleção do portfólio” foram acertadas (conforme mostra a tabela 2).

Tabela 2 – Palavras-chave.

PALAVRAS-CHAVE	QTD
<i>System dynamics</i>	17
<i>Reverse logistics</i>	4
<i>Remanufacturing</i>	4
<i>Recycling</i>	4
<i>Simulation</i>	4
<i>Supply chain management</i>	4
<i>Waste management</i>	3
<i>Capacity planning</i>	3
<i>Supply chain</i>	2
<i>Sustainability</i>	2

Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Pode-se observar que as palavras-chave utilizadas na busca dos artigos nas bases de dados são relevantes por serem encontradas nos artigos usadas pelos autores. Desta maneira, a Figura 4 apresenta as evidências das palavras mais relevantes dos títulos dos artigos, uma vez que, as palavras que se encontram em destaque são aquelas que mais se repetem e representam o escopo das temáticas de cada artigo.

P. Georgiadis é o autor central na rede de coautoria sobre Dinâmica de Sistemas e Logística Reversa, este elo central na rede tem forte relação com Besiou, Athanasiou e Vlachos.

Verificou-se que, no recorte de tempo investigado, a relação de artigos sobre Dinâmica de Sistemas e Logística Reversa tem um ápice de publicações nos anos de 2012. Isso está relacionado a busca por políticas, metodologias, planejamento envolvendo a tecnologia, o social e a economia mais sustentável, considerados assuntos em voga na agenda mundial de países desenvolvidos e em desenvolvimento.

As limitações desta pesquisa, ocorridas na bibliometria, foram: i) delimitação do campo amostral, pois neste trabalho foi utilizada apenas três bases de dados; ii) utilização de trabalhos somente internacionais; iii) utilização apenas de periódicos, não considerando teses, dissertações, monografias, congressos e livros.

Finalmente, como recomendações para pesquisas futuras sugerem-se: i) a utilização de mais banco de dados do portal da Capes; ii) considerar banco de dados nacionais e iii) utilização de outros trabalhos, como teses, dissertações, livros e congressos científicos.

REFERÊNCIAS

ADENSO-DIAZ, B.; MORENO, P.; GUTIERREZ, E.; LOZANO, S. An analysis of the main factors affecting bullwhip in reverse supply chains. **International Journal of Production Economics**, v. 135, n. 2, p. 917-928, 2012.

ARROYO-LÓPEZ, P.; VILLANUEVA-BRINGAS, M.; GAYTAN-INIESTRA, J.; GARCIA-VARGAS, M. Simulación de la tasa de reciclaje de productos electrónicos: Un modelo de dinámica de sistemas para la red de logística inversa. **Contaduría y administración**, v. 59, n. 1, p. 9-41, 2014.

BESIOU, M.; GEORGIADIS, P.; VAN WASSENHOVE, L. N. Official recycling and scavengers: Symbiotic or conflicting? **European Journal of Operational Research**, v. 218, n. 2, p. 563-576, 2012.

BORSHCHEV, A.; FILIPPOV, A. From System Dynamics and Discrete Event to Practical Agent Based Modeling: Reasons, Techniques, Tools. *In: PROCEEDINGS OF THE 22ND INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE SYSTEM DYNAMICS SOCIETY*. Oxford, England. **Anais...** The System Dynamics Society, 2004.

CARTER, C. R.; ELLRAM, L. M. Reverse Logistics: A Review of the Literature and Framework for Future Investigation. **Journal of Business Logistics**, v. 19, n. 1, p. 85-102, 1998.

DAS, D.; DUTTA, P. A system dynamics framework for integrated reverse supply chain with three way recovery and product exchange policy. **Computers & Industrial Engineering**, v. 66, n. 4, p. 720-733, 2013.

- FAREL, R.; YANNOU, B.; GHAFFARI, A.; LEROY, Y. A cost and benefit analysis of future end-of-life vehicle glazing recycling in France: A systematic approach. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 74, n. 0, p. 54-65, 2013.
- FERGUSON, M. E.; SOUZA, G. C. **Closed-loop supply chains: new developments to improve the sustainability of business practices**. CRC Press, 2010.
- FIGUEIREDO, P. Estudo da difusão da tecnologia móvel celular no Brasil: uma abordagem com o uso de Dinâmica de Sistemas. **Produção**, v. 19, n. 1, p. 230-245, 2009.
- FORRESTER, J. W. **Industrial Dynamics**. Cambridge MA: Productivity Press, 1961.
- GEORGIADIS, P. An integrated System Dynamics model for strategic capacity planning in closed-loop recycling networks: A dynamic analysis for the paper industry. **Simulation Modelling Practice and Theory**, v. 32, n. 0, p. 116-137, 2013.
- GEORGIADIS, P.; ATHANASIOU, E. The impact of two-product joint lifecycles on capacity planning of remanufacturing networks. **European Journal of Operational Research**, v. 202, n. 2, p. 420-433, 2010.
- _____. Flexible long-term capacity planning in closed-loop supply chains with remanufacturing. **European Journal of Operational Research**, v. 225, n. 1, p. 44-58, 2013.
- GEORGIADIS, P.; BESIOU, M. Sustainability in electrical and electronic equipment closed-loop supply chains: A System Dynamics approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 16, p. 1665-1678, 2008a.
- _____. Sustainability in electrical and electronic equipment closed-loop supply chains: A System Dynamics approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 16, n. 15, p. 1665-1678, 2008b.
- GEORGIADIS, P.; BESIOU, M. Environmental strategies for electrical and electronic equipment supply chains: Which to choose? **Sustainability**, v. 1, n. 3, p. 722-733, 2009.
- GEORGIADIS, P.; BESIOU, M. Environmental and economical sustainability of WEEE closed-loop supply chains with recycling: a system dynamics analysis. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 47, n. 5-8, p. 475-493, 2010.
- GEORGIADIS, P.; VLACHOS, D. The effect of environmental parameters on product recovery. **European Journal of Operational Research**, v. 157, n. 2, p. 449-464, 2004a.
- _____. The effect of environmental parameters on product recovery. **European Journal of Operational Research**, v. 157, p. 449-464, 2004b.
- GOLROUDBARY, S. R.; ZAHRAEE, S. M. System dynamics model for optimizing the recycling and collection of waste material in a closed-loop supply chain. **Simulation Modelling Practice and Theory**, v. 53, n. 0, p. 88-102, 2015.

- HSUEH, S.-L.; YAN, M.-R. A Multimethodology Contractor Assessment Model for Facilitating Green Innovation: The View of Energy and Environmental Protection. **Scientific World Journal**, v. 2013, 2013.
- JAIN, S.; LINDSKOG, E.; ANDERSSON, J.; JOHANSSON, B. A hierarchical approach for evaluating energy trade-offs in supply chains. **International Journal of Production Economics**, v. 146, n. 2, p. 411-422, 2013.
- KOH, S. C. L.; GUNASEKARAN, A.; TSENG, C. S. Cross-tier ripple and indirect effects of directives WEEE and RoHS on greening a supply chain. **International Journal of Production Economics**, v. 140, n. 1, p. 305-317, 2012.
- LI, Z.; SHEN, G. Q.; ALSHAWI, M. Measuring the impact of prefabrication on construction waste reduction: An empirical study in China. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 91, n. 0, p. 27-39, 2014.
- MAFAKHERI, F.; NASIRI, F. Revenue sharing coordination in reverse logistics. **Journal of Cleaner Production**, v. 59, n. 0, p. 185-196, 2013.
- OLIVEIRA, F. P. S. D.; SOUZA, R.L.R.; MEDEIROS JÚNIOR, J.V.; ANEZ, M.E.M. Aplicação da Simulação Empresarial no ensino da graduação. **Revista Gestão da Produção e Operações**, v. 2, n. 07, p. 43-49, 2007.
- PAPACHRISTOS, G. Transition inertia due to competition in supply chains with remanufacturing and recycling: A systems dynamics model. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 12, n. 0, p. 47-65, 2014.
- POLES, R. System Dynamics modelling of a production and inventory system for remanufacturing to evaluate system improvement strategies. **International Journal of Production Economics**, v. 144, n. 1, p. 189-199, 2013.
- ROGERS, D. S.; MELAMED, B.; LEMBKE, R. S. Modeling and analysis of reverse logistics. **Journal of Business Logistics**, v. 33, n. 2, p. 107-117, 2012.
- ROGERS, D. S.; TIBBEN-LEMBKE, R. S. Going backwards: reverse logistics trends and practices. **Reverse Logistics Executive Council Pittsburgh**, PA, 1999.
- STASINOPOULOS, P.; COMPSTON, P.; NEWELL, B.; JONES, H.M. A system dynamics approach in LCA to account for temporal effects-a consequential energy LCI of car body-in-whites. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 17, n. 2, p. 199-207, 2012.
- STERMAN, J. D. **Business Dynamics**. Systems Thinking and Modeling for a complex world. Boston: Mc Graw Hill Higher Education, 2000.
- STOCK, J. R. Reverse logistics. **Council of Logistics Management**, 1992.

STOCK, J. R. Development and implementation of reverse logistics programs. In: ANNUAL CONFERENCE PROCEEDINGS, COUNCIL OF LOGISTICS MANAGEMENT, 1998. Disponível em: < <https://trid.trb.org/view.aspx?id=477300>>. Acesso em 18 out 2015.

TIAN, Y.; GOVINDAN, K.; ZHU, Q. A system dynamics model based on evolutionary game theory for green supply chain management diffusion among Chinese manufacturers. *Journal of Cleaner Production*, v. 80, n. 0, p. 96-105, 2014.

VAZ, C. R.; GRABOT, B.; URIONA-MALDONADO, M.; SELIG, P.M. Some reasons to implement reverse logistics in companies. *International Journal of Environmental Technology and Management*, v. 16, n. 5, p. 467-479, 2013.

VERGARA, S. C. *Projetos e relatórios de pesquisa em administração*. Sao Paulo: Atlas, 2003.

VLACHOS, D.; GEORGIADIS, P.; IAKOVOU, E. A system dynamics model for dynamic capacity planning of remanufacturing in closed-loop supply chains. *Computers & Operations Research*, v. 34, n. 2, p. 367-394, 2007.

WANG, Y.; CHANG, X.; CHEN, Z.; ZHONG, Y.; FAN, T. Impact of subsidy policies on recycling and remanufacturing using system dynamics methodology: a case of auto parts in China. *Journal of Cleaner Production*, v. 74, n. 0, p. 161-171, 2014.

YUAN, H. P.; SHEN, L.Y.; HAO, J.J.L.; LU, W.S. A model for cost-benefit analysis of construction and demolition waste management throughout the waste chain. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 55, n. 6, p. 604-612, 2011.