

## Um guia sobre DES aplicado a questões logísticas: um estudo bibliométrico

Rafaela Heloisa Carvalho Machado (UNIMEP) [rafaela.h.machado@gmail.com](mailto:rafaela.h.machado@gmail.com)

André Luis Helleno (UNIMEP) [alhelleno@unimep.br](mailto:alhelleno@unimep.br)

Alexandre Tadeu Simon (UNIMEP) [atsimon@unimep.br](mailto:atsimon@unimep.br)

### Resumo:

Gerentes de logística têm realizado esforço para assegurar destaque e competitividade em seus negócios. Diferentes ferramentas e abordagens têm auxiliando a gestão a alcançar melhores resultados e otimizar seus processos. Discrete Event Simulation (DES) é uma das abordagens aplicadas para avaliar os sistemas de logística, devido a sua inerente capacidade em lidar com complexidade e aleatoriedade. Diversos estudos demonstram a aplicação da simulação no campo da logística, no entanto, faltam estudos sistemáticos, cronológicos e sintetizadores indicando como este campo tem evoluído ao longo do tempo. Este artigo apresenta uma análise quantitativa da produção literária referente à aplicação de DES na área logística. Foram analisados 105 artigos extraídos da base de dados Scopus para a apresentação de análises agregadas. Softwares bibliométricos foram utilizados para apoiar o gerenciamento de dados. Os resultados foram discutidos sob as seguintes perspectivas: distribuição histórica, revistas, países, palavras-chave, autores mais publicados e classificação JCR. Este mapeamento sistemático da área auxilia na ilustração da evolução das publicações ao longo do tempo e identificação do cenário de pesquisa atual. Os resultados fornecem um roteiro sólido para uma investigação mais aprofundada sobre o tema e possíveis parcerias entre autores e universidades.

**Palavras chave:** Simulação de Eventos Discretos, Logística, Simulação, *Discrete Event Simulation*.

## A guide about DES applied to logistic issues: a bibliometric study

### Abstract

Logistics managers have been making efforts to assure prominence and competitiveness in their business. Several tools and approaches are helping the management to achieve better results and optimize process. Discrete Event Simulation (DES) is one of the approaches used to evaluate logistics systems, due to the inherent capability of dealing with the complexity and randomness. Several studies present the simulation applications at the logistic fields, however, lacking of systematic, chronological and synthesizing studies indicating how this field has evolved over time. This paper presents a quantitative analysis of the literature production about the use of DES at the logistic area. 105 articles extracted from Scopus database were analyzed to present aggregated data. Bibliometric softwares were used to support the data management. The results are discussed under the following perspectives: chronological distribution, journals, countries, keywords, authors with more publications and JCRs classification. This systematic mapping of the area helps to illustrate the publications evolution over time and identify the scenario of current research. The results provide a solid

roadmap for further research on the issue and possible partnerships between authors and universities.

**Key-words:** Discrete event simulation, Simulation, Logistic.

## 1. Introdução

Nas últimas décadas, gestores de logística têm conduzido pesquisas buscando garantir destaque e competitividade em seus negócios. Nesta área, a quantidade de dados e a complexidade do mercado fazem o uso de modelagem avançada e métodos computadorizados uma necessidade (FANT *et al.*, 2011).

*Discrete Event Simulation* (DES) pode ser aplicado para reproduzir operações com sistemas complexos (IANNONE *et al.*, 2016).. No entanto, em situações específicas, DES pode não ser aplicado com sucesso, encontrando dificuldades sobre a dinâmica, agentes e variáveis do evento (OLIVEIRA *et al.*, 2016). Apesar disso, DES é considerada a melhor abordagem para avaliar os sistemas de logística devido a sua inerente capacidade de lidar com complexidade e aleatoriedade (FANT *et al.*, 2011).

A dinâmica de sistema DES é formada por entidades, filas, recursos e eventos. As entidades são itens dinâmicos que seguem as regras determinadas no modelo para interagirem com o sistema. Filas são linhas em que as entidades citadas anteriormente aguardam o seu processamento. Os recursos irão processar as entidades que aguardam na fila. Os eventos ocorrem em um instante específico e podem alterar o estado das entidades e outras variáveis (IANNONE *et al.*, 2016). Esta estrutura, somada a utilização de distribuições estatísticas dos dados de entrada, permite que as complexidades do sistema sejam inseridas no modelo virtual.

Na cadeia de suprimentos, é necessário considerar as informações sobre entidades como oferta, demanda, custos, preços, produtividade das operações e condição temporais para tomar certas decisões. Por possibilitar a inclusão destas entidades, a simulação é a abordagem mais apropriada para modelar as questões da cadeia de suprimentos (MOBINI *et al.*, 2011), incluindo as operações logísticas.

A principal motivação para esta pesquisa é analisar a literatura referente ao uso de DES nos campos de logística, uma vez que não foram identificadas pesquisas bibliométricas com este foco. Este artigo é um guia para os estudos e aplicações na área, mostrando dados como revistas com o maior número de publicações relacionadas, a distribuição do conhecimento ao redor do mundo e os principais autores.

Para atingir este objetivo, foi realizada a seleção das palavras-chave e a identificação dos artigos pertinentes ao estudo por meio da aplicação de filtros e análise de conteúdo. Com base nesta seleção, uma série de análises foi realizada por meio da utilização de softwares bibliométricos com o intuito de destacar o cenário literário.

Adicionalmente a seção introdutória, este artigo apresenta mais quatro seções. Na Seção 2 são apresentadas aplicações de DES na logística, identificadas nos artigos selecionados. A Seção 3 descreve a metodologia de pesquisa, juntamente com estatísticas resumidas sobre a tendência dos resultados da pesquisa quantitativa. A Seção 4 apresenta os resultados bibliométricos e suas respectivas análises. Finalmente, a Seção 5 conclui o artigo com a apresentação dos principais destaques da pesquisa e suas limitações.

## 2. DES na logística

Nesta seção é apresentado um breve apanhado sobre as aplicações de DES na logística. De acordo Tako e Robinson (2012), existe uma crença generalizada de que DES é mais adequado para a modelagem operacional e tática. A literatura apresenta estudos com DES sendo aplicado para a distribuição e planejamento da produção (SUPRIYANTO e NOCHE, 2011), regras de despacho, efeito chicote (CHATFIELD e PRITCHARD, 2013) e análise de demanda (VIDALAKIS, 2013), por exemplo. Este estudo abrange toda a gama de problemas modelados por DES abordando questões logísticas.

A fase da simulação em que o modelo é definido é uma das mais relevantes para a adesão da simulação à realidade. Para estabelecer as variáveis e premissas a serem consideradas na simulação, é imprescindível se basear em estudos anteriores como feito por Mobini *et al.* (2011).

Outra etapa da simulação é o processo de validação. Existem diferentes abordagens sendo aplicadas para validar o modelo virtual, como a comparação com o sistema real feita por Tromp *et al.* (2012). Shi *et al.* (2013) e Shi *et al.* (2014) contam com métodos descritos na literatura para a validação, como o uso de bootstrapping para fornecer resultados estatísticos válidos.

O conhecimento referente ao sistema que está sendo modelado é indispensável para o sucesso de simulação. Gestores e operadores do processo, usualmente, acompanham os autores dos estudos ao longo do projeto para verificar as saídas do modelo e validar a simulação como descrito em Iannoni e Morinato (2006), Shi *et al.* (2013) e Shi *et al.* (2014). Este trabalho é útil não apenas para a simulação, pois o conhecimento dos modeladores e dos gestores aumenta significativamente durante a modelagem (THOMAS, 2014).

Alguns autores não relatam o processo de validação no artigo como Mobini *et al.* (2011) e Mersai *et al.* (2013). No entanto, este processo é imprescindível para garantir que as simplificações e suposições feitas no modelo estão sendo implementadas corretamente para a representação do sistema real.

Apesar de a simulação em si não ser fornecer a solução ótima (NELSON, 2004) quando combinada com técnicas como *Hypercube Sampling* (LHS) e *Response Surface Methodology* (RSM) (SHI *et al.*, 2013), um modelo robusto pode ser modelado para conseguir a melhor solução para um sistema.

A literatura mostra que inovações na área de logística estão sendo apoiadas por DES. Tecnologias como o uso de *learning* paletes, que são capazes de realizar sua própria decisão de despacho e controle com base em seu conhecimento sobre a situação do sistema e do local, (MERSAI *et al.*, 2013), tem na simulação uma ferramenta para avaliar sua efetividade.

DES tem sido aplicado de maneiras diferentes em diversos setores. No setor alimentício, a técnica tem sido explorada para aprimorar a eficiência das atividades logísticas e, desta forma, diminuir os desperdícios. Tromp *et al.* (2012) aplica a simulação para testar um sistema dinâmico de data de validade em uma cadeia de produção de carne. Tromp *et al.* (2010) e Rijgersberg *et al.* (2010) aplicam DES para relacionar as atividades logísticas ao desenvolvimento de bactérias, que resultam na deterioração dos alimentos.

## 3. Método de pesquisa e dados iniciais

A fim de identificar artigos relevantes sobre DES aplicado à logística, foram analisadas as fontes de material acadêmico disponíveis. O banco de dados Scopus foi escolhido por abranger mais de 15.000 periódicos indexados, aceitar e publicar mais de 250.000 artigos por

ano e ser reconhecido como fonte confiável para estudos acadêmicos.

A pesquisa utiliza um método de três etapas para a coleta de dados e avaliação do campo. Essas etapas são divididas da seguinte forma:

1. Definição dos termos apropriados de pesquisa: Buscando identificar de forma objetiva os artigos que estudam questões logísticas a pesquisa inicial utilizou os termos *Discrete event simulation* e *Logistic*. No entanto, verificamos pela leitura dos títulos dos artigos que diversos estudos sobre *Discrete Event Logistic Systems* (DELS), foram incluídos na busca. DELS, refere-se a contatos da rede de suprimentos pela qual pessoas e bens de fluem (MÖNCH, 2011), e não está inserida no escopo deste estudo. Assim, o termo *Discrete event simulation* foi pesquisado utilizando aspas para atingir o grupo de artigos almejado.
2. Resultados da pesquisa inicial: A seleção dos artigos foi realizada utilizando o campo "título, resumo, palavras-chave" na base de dados Scopus e usando as palavras-chave definidas anteriormente. Inicialmente, foram encontrados 460 artigos. Em seguida, o escopo da busca foi limitado selecionando apenas artigos escritos no idioma Inglês, excluindo capítulo de livros, revistas e artigos de conferências. Como resultado, 159 artigos permaneceram na amostra. O Scopus exibiu as 10 áreas (campos disciplinares) que mais contribuíram para esse banco de dados, sendo estas, apresentadas na Tabela 1. Visando obter um enfoque computacional e técnico nas análises foram selecionadas 3 áreas: *Engineering*, *Computer Science* e *Decision Science*. A área *Business, Management and Accounting* foi considerada fora do escopo por abranger assuntos contábeis, que não condizem com o foco da pesquisa. Um artigo pode estar listado em mais de um campo disciplinar, dependendo das áreas de contribuição identificadas pela Scopus. Um processo de seleção foi realizado para a certificação de que apenas artigos que estejam efetivamente utilizando DES no campo de logística fossem incluídos. Em alguns casos, isso pôde ser verificado pela leitura do título, enquanto em outras situações, foi necessária a leitura do resumo ou até mesmo do texto principal do artigo. Foram excluídos artigos citando os termos buscados apenas como exemplos de utilização de teorias ou estudando empresas de logística, mas em questões não especificamente logísticas. 105 artigos foram escolhidos para a análise de dados. Posteriormente, os resultados da pesquisa foram armazenados em formato CVS e RIS. A Figura 1 apresenta o esquema do critério para a pesquisa.

| Campos disciplinares                       | Nº de artigos |
|--------------------------------------------|---------------|
| <i>Engineering</i>                         | 74            |
| <i>Computer Science</i>                    | 64            |
| <i>Decision Science</i>                    | 47            |
| <i>Mathematics</i>                         | 40            |
| <i>Business, Management and Accounting</i> | 39            |
| <i>Social Science</i>                      | 18            |
| <i>Agricultural and Biological Science</i> | 12            |
| <i>Economics, Econometrics and Finance</i> | 8             |
| <i>Energy</i>                              | 8             |
| <i>Medicine</i>                            | 8             |

Tabela 1: Campos disciplinares

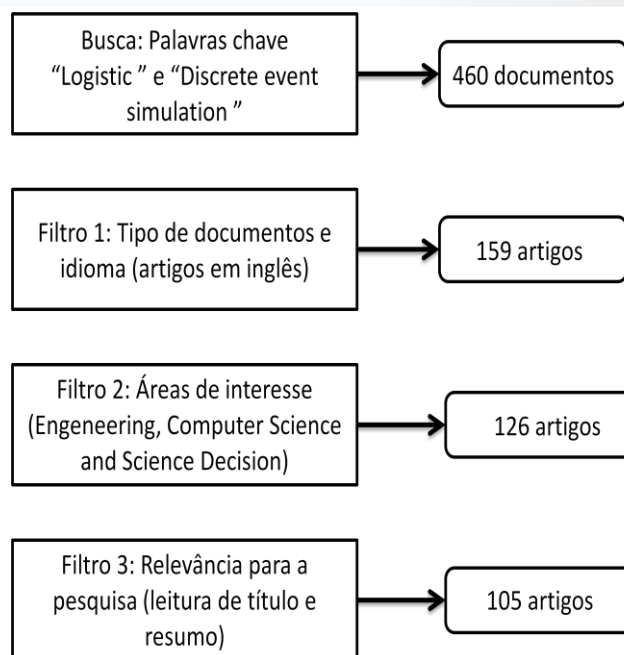


Figura 1: Filtros da busca  
 Fonte: Elaborada pelo próprio autor

3. **Análise de dados:** A análise bibliométrica fornece estatísticas de dados como cronologia, revistas, afiliação institucional, palavras-chave e autores (FAHIMNIA *et al.*, 2015). Os índices de estudos bibliométricos podem transmitir um painel do impacto da pesquisa, dependendo do número de citações utilizadas (AMODIO, 2014). Por isso, é necessário embasar a pesquisa em artigos e materiais de confiança para realizar uma consistente e profunda análise. Dois softwares foram utilizados para o estudo: BibExcel e VOS viewer. Além destes, Excel e GPS Visualizer foram utilizadas como ferramentas de apoio. BibExcel foi escolhido para este estudo devido à sua capacidade e flexibilidade para modificar e/ou ajustar os dados de entrada importados de várias bases de dados e a capacidade de fornecer uma análise abrangente para o uso em uma variedade de aplicações informáticas, incluindo Excel e VOS Viewer (PERSSON *et al.*, 2009). VOS Viewer foi escolhido devido à sua capacidade de trabalhar com grandes conjuntos de dados e desenvolver uma gama de opções de análise e investigações inovadoras (FAHIMNIA *et al.*, 2015), criando imagens intuitivas que auxiliam a análise dos dados.

#### 4. Análise bibliométrica

Esta seção apresenta as estatísticas obtidas a partir do estudo bibliométrico. Identificar os principais pesquisadores em diferentes regiões geográficas pode ser útil para estudantes e profissionais que estão interessados na aplicação de pesquisas relacionadas aos temas DES e logística com pesquisadores de diversas universidades.

A Figura 2 mostra a tendência em quantidade de artigos publicados traçada a partir do ano de 1998 até 2015 (os artigos mais antigos encontrados segundo os critérios de pesquisa foram do ano de 1998). A figura mostra um crescimento acentuado no número de publicações desde 2012. O ano de 2013 obteve o maior número de artigos publicados, indicando o pico de publicações na área.

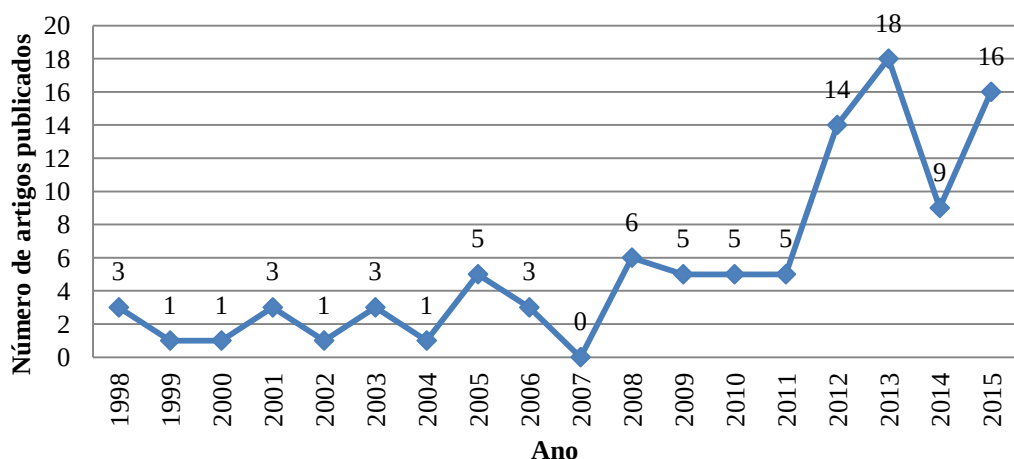


Figura 2: Distribuição anual dos artigos

A Tabela 2 apresenta a contribuição de revistas que obtiveram mais de 4 artigos sobre modelagem logística. O Fator de Impacto dos 10 periódicos que mais publicaram artigos relacionados à modelagem de DES para questões logísticas, indexado pelo *Journal Citation Reports -JCR (ISI Web of Knowledge, 2015)*, é mostrado na Tabela 3. O JCR é um indicador que possibilita avaliar de forma quantitativa a influência dos periódicos mundiais de maior destaque utilizando estatísticas com base em dados de citação.

| Periódico                                                                  | Publicações por ano |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          | Total     |
|----------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
|                                                                            | 1998                | 2001     | 2002     | 2003     | 2005     | 2006     | 2008     | 2009     | 2010     | 2011     | 2012     | 2013     | 2014     | 2015     | 2016     |           |
| <i>Simulation</i>                                                          | 3                   | 1        |          |          |          |          |          |          |          | 1        |          |          |          | 1        |          | 6         |
| <i>International Journal of Production Economics</i>                       |                     |          |          |          | 1        | 1        | 1        |          |          |          | 1        |          |          | 1        |          | 5         |
| <i>Journal of the Operational Research Society</i>                         |                     |          |          | 1        |          |          |          |          |          |          | 2        | 1        | 1        |          |          | 5         |
| <i>European Journal of Operational Research</i>                            |                     | 2        |          |          | 1        |          |          |          |          |          |          | 1        | 1        |          |          | 5         |
| <i>International Journal of Production Research</i>                        |                     |          |          |          |          |          |          | 1        | 1        |          | 1        | 1        | 1        |          |          | 5         |
| <i>Journal of Simulation</i>                                               |                     |          |          |          |          |          |          | 1        | 1        |          |          | 1        |          |          | 1        | 4         |
| <i>Mathematical Problems in Engineering</i>                                |                     |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          | 1        | 2        |          |          | 3         |
| <i>Simulation Modelling Practice and Theory</i>                            |                     |          | 1        |          |          |          |          | 1        |          |          |          |          |          |          | 1        | 3         |
| <i>International Journal of Advanced Manufacturing Technology</i>          |                     |          |          |          | 1        |          |          |          |          |          |          | 1        |          |          | 1        | 3         |
| <i>Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review</i> |                     |          |          | 1        |          |          |          |          |          |          |          | 2        |          |          |          | 3         |
| <b>Total</b>                                                               | <b>3</b>            | <b>3</b> | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>1</b> | <b>1</b> | <b>3</b> | <b>2</b> | <b>1</b> | <b>4</b> | <b>8</b> | <b>5</b> | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>42</b> |

Tabela 2: Distribuição anual dos periódicos

| Periódico                                                                  | JCR   |
|----------------------------------------------------------------------------|-------|
| <i>Simulation</i>                                                          | 0,640 |
| <i>International Journal of Production Economics</i>                       | 2,782 |
| <i>Journal of the Operational Research Society</i>                         | 1,225 |
| <i>European Journal of Operational Research</i>                            | 2,679 |
| <i>International Journal of Production Research</i>                        | 1,693 |
| <i>Journal of Simulation</i>                                               | 1,164 |
| <i>Mathematical Problems in Engineering</i>                                | 0,644 |
| <i>Simulation Modelling Practice and Theory</i>                            | 1,188 |
| <i>International Journal of Advanced Manufacturing Technology</i>          | 1,568 |
| <i>Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review</i> | 2,279 |

Tabela 3: Fator de Impacto – JCR

Segundo Alves (2016), JCR é o principal indicador bibliométrico conhecido pela comunidade científica. Quanto maior o indicador JCR, maior a influência e a importância da revista e, por consequência, mais relevantes são suas publicações.

No entanto, a avaliação do índice por si só pode não ser suficiente. Seglen (1994) recomenda que o indicador seja avaliado associado a outro índice, como número de citações.

Podemos verificar que as revistas com o maior número de publicações são classificadas segundo o JCR, mostrando que artigos de periódicos bem avaliados estão incluídos na seleção do estudo. Na Tabela 3 as revistas são apresentadas de acordo com o número de artigos selecionados para o estudo, começando com o periódico Simulação que possui 6 publicações. Entre estas revistas, International Journal of Economics Production, que possui 5 artigos selecionados neste estudo, é o periódico com maior fator de impacto JCR e maior número de citações.

As afiliações dos primeiros autores de cada artigo foram extraídas do arquivo RIS. Utilizando BibExcel e GPS Visualizer, foi possível mapear as localizações geográficas das organizações que contribuíram para o estudo, como apresentado na Figura 3.



Figura 3: Localização geográfica das contribuições institucionais  
Fonte: Elaborado pelo autor com auxílio do sistema GPS Visualizer

A Europa demonstra uma densa contribuição, distribuída entre vários países. Na América, os Estados Unidos obtiveram contribuições significativas relacionadas ao tema DES aplicado a questões logísticas. Países de outros continentes também aparecem em destaque no mapa, porém, com menores contribuições, mostrando que a Europa, de uma maneira geral, e os Estados Unidos são o centro da pesquisa sobre o assunto.

Os países que mais contribuíram para a pesquisa são Estados Unidos, Itália, Alemanha e Holanda, como mostrado na Tabela 4. Estes dados confirmam a análise da Figura 3, mostrando que Estados Unidos e países da Europa, concentram a produção de artigos relacionados ao tema de pesquisa.

| País           | Número de publicações |
|----------------|-----------------------|
| Estados Unidos | 17                    |
| Itália         | 12                    |
| Alemanha       | 10                    |
| Holanda        | 10                    |
| Espanha        | 5                     |
| China          | 4                     |
| Brasil         | 4                     |
| Noruega        | 3                     |
| Inglaterra     | 3                     |
| Finlândia      | 3                     |
| Irlanda        | 3                     |

Tabela 4: Países que mais publicaram

Análise de palavras-chave foi realizada de utilizando o software VOS Viewer. Seguindo as instruções oferecidas pelo sistema, somente as palavras com mais de 5 ocorrências foram selecionadas. Desta forma, 24 palavras-chave foram selecionadas e agrupadas. A Tabela 5 demonstra as 9 palavras-chave mais utilizadas.

| Palavra-chave                    | Ocorrência |
|----------------------------------|------------|
| <i>Discrete event simulation</i> | 74         |
| <i>Logistic</i>                  | 55         |
| <i>Simulation</i>                | 39         |
| <i>Supply chain</i>              | 22         |
| <i>Computer simulation</i>       | 20         |
| <i>Supply chain management</i>   | 14         |
| <i>Optimization</i>              | 12         |
| <i>Simulation model</i>          | 11         |
| <i>Transportation</i>            | 10         |

Tabela 5: Palavras-chave mais utilizadas

O software VOS Viewer oferece uma série de análises gráficas baseadas na co-ocorrência dos itens analisados (VAN ECK e WALTMAN, 2010). O sistema mostra a conexão entre termos e autores relacionados, proporcionando a divisão em grupos denominados clusters. Cada cluster é representado por uma cor e agrega todos itens considerados similares. O tamanho dos círculos dos mapas demonstra o número de ocorrência do item e a proximidade entre dois itens demonstra seu grau de relação, quanto mais próximos, mais relacionados (VAN ECK *et al.*, 2010).

A análise de clusters das 24 palavras-chave é apresentada na Figura 4. As cores representam a divisão de aglomerados entre as palavras, sendo que cada uma representa um cluster. Esta

análise fornece suporte às pesquisas para selecionar os termos corretos de busca. Ao analisar os dados, verificamos que variadas formas de escrita são utilizados para se referir a DES como *Discrete-event simulation*, *Discrete event simulation* e *Discrete Events Simulation*, mostrando uma falta de padrão para o termo. Entre os formatos, *Discrete event simulation* é o mais aplicado pelos autores. Para este estudo, palavras com escritas similares foram substituídas por uma única escrita, para a uniformização dos dados e maior confiabilidade na formação dos clusters.

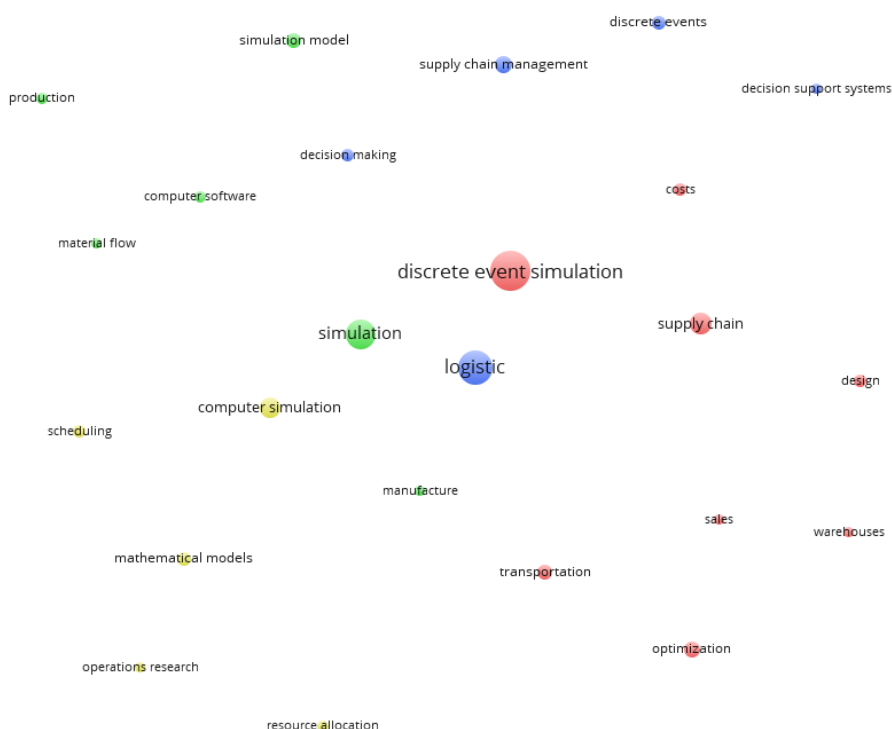


Figura 4: Palavras-chave mais utilizadas

Fonte: Elaborado pelo autor com auxílio do sistema VOS viewer

Quanto mais importante um item, maior será a sua escrita e o seu círculo representativo (VAN ECK e WALTMAN, 2010). Verificamos que as palavras-chave Discrete Event Simulation, Logistic e Simulation receberam destaque na representação, confirmando os dados apresentados na Tabela 5.

Analisando os clusters percebemos que o agrupamento em vermelho é formado por palavras ligadas a logística de distribuição. O agrupamento amarelo consiste em termos relacionados a logística interna e aplicações de modelos matemáticos. O cluster verde é formado por palavras ligadas a tomada de decisão. O agrupamento do cluster azul não foi identificado.

A Tabela 6 fornece um esboço dos autores com mais publicações entre os artigos selecionados, considerando todos os autores de cada artigo.

Entre os 105 artigos analisados, 58 possuem classificação JCR. A Figura 5 mostra a distribuição destes 58 artigos. Analisando o gráfico percebemos que a maior parte dos artigos se concentra em valores abaixo de 3. Podemos verificar também que apenas 3 artigos apresentam classificação maior do que este valor.

| Autores                 | Nº de artigos publicados |
|-------------------------|--------------------------|
| Scholz-Reiter, B.       | 6                        |
| Mehrsai, A.             | 4                        |
| Tromp, S.O.             | 4                        |
| Karimi, H.R.            | 3                        |
| Rijgersberg, H.         | 3                        |
| Thoben, K.D.            | 3                        |
| Van Der Vorst, J.G.A.J. | 3                        |
| Wenzel, S.              | 3                        |

Tabela 6: Autores com maior número de contribuições

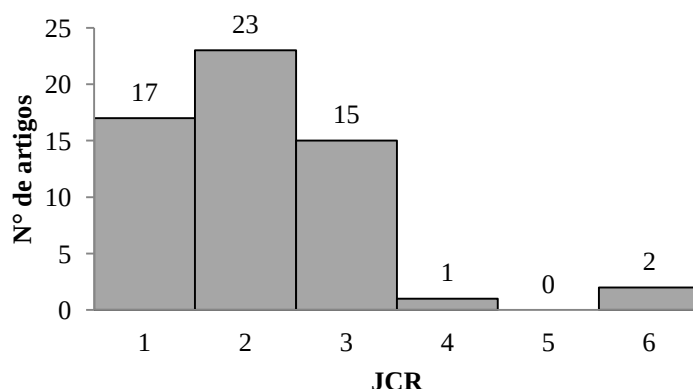


Figura 5: Distribuição da classificação JCR

## 5. Conclusão

DES se estabeleceu como uma abordagem de simulação importante. O número de publicações em questões logísticas confirma esta tendência. Com base em 105 publicações da Scopus, este estudo bibliométrico fornece uma visão geral do campo de pesquisa e identifica alguns pontos significativos durante todo o período investigado. A abordagem de pesquisa foi implementada utilizando as ferramentas de análise bibliométrica Bibexcel e VOSviewer para avaliar quantitativamente a literatura. Estes softwares possuem ferramentas complementares e, juntos, eles forneceram uma análise completa para atender ao escopo do artigo.

As seguintes conclusões podem ser relatadas a partir deste estudo:

1. A análise de frequência mostrou que os documentos relativos a aplicação de DES a questões logísticas aumentaram significativamente depois de 2012. O ano de 2013 apresentou a maior quantidade de publicações durante o período analisado.
2. Cinco periódicos se destacaram como os principais relacionados ao tema: *Simulation*; *International Journal of Production Economics*; *Journal of the Operational Research Society*; *European Journal of Operational Research* e *International Journal of Production Research*.
3. Todas as 10 revistas que mais contribuíram para o estudo tem classificação de JCR. Isto indica que periódicos bem reconhecidos estão incluídos na gama de artigos analisados.
4. As origens geográficas das pesquisas são distribuídas de forma desigual entre os países. A

maior parte das pesquisas é conduzida por pesquisadores em universidades localizadas em Estados Unidos, Itália, Alemanha e Holanda.

5. Palavras-chave mais utilizadas foram: *Discrete event simulation*, *Logistic* e *Simulation*.
6. Analisando as contribuições oito autores foram destacados com mais publicações na área.
7. Entre a gama de artigos 58 foram publicados em periódicos com classificação JCR. Estas classificações são geralmente menores que 3.

Devido ao foco desta pesquisa, incluindo apenas os artigos que utilizam DES em questões logísticas, as análises de clusters de autores foram pouco significativas para alcançar conclusões relacionadas ao tema. Mesmo com as limitações, este estudo pode ser útil para novos pesquisadores estabelecerem sua programação de pesquisa neste campo. Os dados coletados e as observações realizadas podem auxiliar pesquisadores e estudantes interessados na realização de parcerias para pesquisas na área em diversas universidades.

## Referências

- ALVES, A.D., YANASSE, H.H., SOMA, N.Y. *An analysis of bibliometric indicators to JCR according to Benford's law*. Scientometrics, p. 1-11, 2016.
- AMODIO, P., BRUGNANO, L. *Recent advances in bibliometric indexes and the PaperRank problem*. Journal of Computational and Applied Mathematics, vol 267, p. 182-194, 2014.
- CHATFIELD, D.C., PRITCHARD, A.M. *Returns and the bullwhip effect*. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, vol 49, p. 159-175, 2013.
- FANTI, M. P., IACOBELLIS, G., UKOVICH, W., BOSCHIAN, V., GEORGOULAS, G., STYLIOS, C. *A simulation based Decision Support System for logistics management*. Journal of Computational Science, vol 10, p. 86-96, 2015.
- FAHIMNIA, B., SARKIS, J., DAVARZANI, H. *Green supply chain management: A review and bibliometric analysis*. International Journal of Production Economics, vol 162, p. 101-114, 2015.
- IANNONI, A. P., MORABITO, R. *A discrete simulation analysis of a logistic supply system*. Transportation Research Part E, vol 42, p. 191-210, 2006.
- IANNONE, R., MIRANDA, S., PRISCO, L., RIEMMA, S., SARNO, D. *Proposal for a flexible discrete event simulation model for assessing the daily operation decisions in a Ro-Ro terminal*. Simulation Modelling Practice and Theory, vol 61, p. 28-46, 2016.
- MEHRSAI, A., KARIMI, H.-R., THOBEN, K.-D., SCHOLZ-REITER, B. *Application of learning pallets for real-time scheduling by the use of radial basis function network*. Neurocomputing, vol.101, p. 82-93, 2013.
- MOBINI, M., SOWLATI, T., SOKHANSANJ, S. *Forest biomass supply logistics for a power plant using the discrete-event simulation approach*. Applied Energy, vol.88, p. 1241-1250, 2011.
- MÖNCH, L., LENDERMANN, P., MCGINNIS, L. F., SCHIRRMANN, A. *A survey of challenges in modelling and decision-making for discrete event logistics systems*. Computers in Industry, vol. 62, p. 557-567, 2011.
- NELSON, B.L. *Stochastic simulation research in management science*. Management Science, vol 50, p. 855-868, 2004.
- OLIVEIRA, J. B., LIMA, R. S., MONTEVECHI, J. A. B. *Perspectives and relationships in Supply Chain Simulation: A systematic literature review*. Simulation Modelling Practice and Theory. V 62, p. 166-191, 2016.
- PERSSON, O., DANELL, R., SCHNEIDER, J.W. *How to use Bibexcel for various types of bibliometric analysis*. Celebrating Scholarly Communication Studies, vol 5, p. 89, 2009.
- RIJGERSBERG, H., TROMP, S., JACXSENS, L., UYTENDAELE, M. *Modeling logistic performance in quantitative microbial risk assessment*. Risk Analysis, vol 30, p. 20-31, 2010.
- SEGLE, P.O. *Causal Relationship between Article Citedness and Journal Impact*. Journal of the American Society for Information Science, vol. 45, n.1, 1994.

**SHI, W., LIU, Z., SHANG, J., CUI, Y.** Multi-criteria robust design of a JIT-based cross-docking distribution center for an auto parts supply chain. *European Journal of Operational Research*, vol.229, p. 695-706, 2013.

**SHI, W., SHANG, J., LIU, Z., ZUO, X.** Optimal design of the auto parts supply chain for JIT operations: Sequential bifurcation factor screening and multi-response surface methodology. *European Journal of Operational Research*, vol.236, p. 664-676, 2014.

**SUPRIYANTO, I., NOCHE, B.** Fuzzy multi-objective linear programming and simulation approach to the development of valid and realistic master production schedule. *Logistics Journal*, 2011.

**TAKO, A.A., ROBINSON, S.** The application of discrete event simulation and system dynamics in the logistics and supply chain context. *Decision Support Systems*, vol.52, p. 802-815, 2012.

**MONKS, T., ROBINSON, S., KOTIADIS, K.** Learning from discrete-event simulation: Exploring the high involvement hypothesis. *European Journal of Operational Research*, vol 235, p. 195-205, 2014.

**TROMP, S. O., RIJGERSBERG, H., PEREIRA DA SILVA, F., BARTELS, P.** Retail benefits of dynamic expiry dates - Simulating opportunity losses due to product loss, discount policy and out of stock. *International Journal of Production Economics*, vol.139, p. 14-21, 2012.

**TROMP, S. O., RIJGERSBERG, H., FRAZ, E.** Quantitative microbial risk assessment for *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enterica*, and *Listeria monocytogenes* in leafy green vegetables consumed at salad bars, based on modeling supply chain logistics. *Journal of Food Protection*, vol 73, p. 1830-1840, 2010.

**VAN ECK, N. J., WALTMAN, L.** Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, vol 84, p. 523-538, 2010.

**VAN ECK, N.J., WALTMAN, L., DEKKER, R., VAN DEN BERG, J.** A Comparison of Two Techniques for Bibliometric Mapping: Multidimensional Scaling and VOS. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, vol 61, p. 2405-2416, 2010.

**VIDALAKIS, C., TOOKEY, J. E., SOMMERVILLE, J.** Demand uncertainty in construction supply chains: A discrete event simulation study. *Journal of the Operational Research Society*, vol 64, p. 1194-1204, 2013.