



De 11 a 14 - NOVEMBRO DE 2024

**Inteligência Artificial
na Gestão de Operações:**
Limitações e possibilidades



REVISÃO DESCRITIVA DA LITERATURA SOBRE A TEORIA DAS RESTRIÇÕES

MIGUEL CHEN LEE - m203764@dac.unicamp.br
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - UNICAMP - FACULDADE DE
ENGENHARIA MECÂNICA-FEM

SUZANA REGINA MORO – smoro@unicamp.br
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - UNICAMP - FACULDADE DE
ENGENHARIA MECÂNICA-FEM

ÁREA: 1. 1. ENGENHARIA DE OPERAÇÕES E PROCESSOS DA PRODUÇÃO
SUBÁREA: 1.1 - GESTÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO E OPERAÇÕES

RESUMO: DIANTE DA CRESCENTE IMPORTÂNCIA DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES (THEORY OF CONSTRAINTS – TOC) NO CENÁRIO GLOBAL DA GESTÃO DE RECURSOS E PROCESSOS ORGANIZACIONAIS, ESTE TRABALHO APRESENTA UMA REVISÃO DA LITERATURA SOBRE A TOC, IDENTIFICANDO E ANALISANDO AS PRINCIPAIS TENDÊNCIAS E TEMAS DE PESQUISA GLOBAL RELACIONADOS À TOC. REALIZOU-SE UMA BUSCA DE ARTIGOS NAS BASES DE DADOS SCOPUS E WEB OF SCIENCE, QUE FORAM SELECIONADOS E CATEGORIZADOS SENDO FEITA A ANÁLISE E REFINAMENTO DA SELEÇÃO POR PALAVRA-CHAVE. OS RESULTADOS QUANTITATIVOS EM TERMOS DE EVOLUÇÃO TEMPORAL DA QUANTIDADE DE PUBLICAÇÕES, PRINCIPAIS PERIÓDICOS E AUTORES FORAM APRESENTADOS E REDES DE CO-OCORRÊNCIA DAS PALAVRAS-CHAVE FORAM ELABORADAS. DESTA MANEIRA, O TRABALHO FORNECE UMA VISÃO ATUALIZADA E ABRANGENTE DA TOC, DESTACANDO A CATEGORIZAÇÃO DOS TEMAS DE ESTUDOS E TAMBÉM MOSTRA AS ÁREAS PROMISSORAS PARA FUTURAS INVESTIGAÇÕES, TAIS COMO SUSTENTABILIDADE E INDÚSTRIA 4.0.

PALAVRAS-CHAVES: TEORIA DAS RESTRIÇÕES, TAMBOR-PULMÃO-CORDA - DRUM-BUFFER-ROPE (DBR), TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO OTIMIZADA - OPTIMIZED PRODUCTION TECHNOLOGY (OPT).

1. INTRODUÇÃO

A gestão eficaz dos recursos e processos é fundamental para o sucesso de qualquer organização (Goldratt e Cox, 2014). Assim, ao longo das últimas décadas, várias teorias e métodos têm sido desenvolvidos para aperfeiçoar o desempenho e a eficiência das empresas (Ikeziri et al., 2019).

Uma dessas teorias que tem ganhado destaque e reconhecimento global é a Teoria das Restrições (*Theory of Constraints* - TOC). A TOC foi introduzida por Eliyahu M. Goldratt em seu livro “A Meta” de 1984 (Ikeziri et al., 2019). O livro é fundamentado na ideia de que, em qualquer sistema complexo, existe pelo menos uma restrição que limita o desempenho geral do sistema (Goldratt e Cox, 2014). A identificação e eliminação dessa restrição podem levar a melhorias substanciais na eficiência e nos resultados de uma organização (Slack et al., 2018). Por este motivo, a TOC foi concebida para auxiliar organizações a alcançarem seus objetivos, propondo uma melhoria contínua.

Trazendo o contexto para o âmbito nacional, é notável o crescimento e reconhecimento do Brasil no cenário acadêmico internacional em relação às publicações relacionadas ao tema da TOC. Até 2017, o país conquistou uma posição de destaque ao ocupar o quinto lugar em termos de produção científica nessa área (Ikeziri et al., 2019). Esse feito reflete não apenas a importância crescente que a TOC tem adquirido nas práticas de gestão e operações, mas também se percebe a importância de se analisar a dedicação e a expertise dos pesquisadores brasileiros nesse campo.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é identificar tendências e trajetórias de desenvolvimento na pesquisa relacionada à TOC ao redor do mundo, visando entender suas implicações e resultados. Portanto, este trabalho propõe uma revisão descritiva da literatura (para este conceito ver Pará et al., 2025) sobre a TOC.

Além desta seção introdutória, que ofereceu uma visão geral do contexto e delineou os objetivos da pesquisa, o trabalho está organizado em outras quatro seções. Na seção 2 são destacados os conceitos fundamentais sobre a Teoria das Restrições, tais como o método Tambor-Pulmão-Corda (*Drum-Buffer-Rope* - DBR). A seção 3 detalha o método de pesquisa adotado, baseado na busca e análise de artigos nas bases de dados *Scopus* e *Web of Science*. A seção 4 concentra-se nos resultados obtidos durante a pesquisa, seguido por uma análise e discussão. Finalmente, a seção 5 encerra o trabalho com a conclusão das descobertas, contribuições e possíveis direções futuras de pesquisa no âmbito da TOC.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No início da década de 1980 o Dr. Eliyahu M. Goldratt deu início à aplicação dos princípios das ciências exatas para resolver desafios nas organizações, começando com o desenvolvimento da Tecnologia de Produção Otimizada (*Optimized Production Technology - OPT*) (Cox e Schleier, 2010). Segundo Slack et al. (2018), a “OPT é uma técnica e ferramenta baseada em computador que ajuda a programar os sistemas de produção no andamento ditado pelo recurso mais fortemente carregado – isto é, os gargalos”. Por este motivo, pode-se dizer que a OPT é uma abordagem prática que foi desenvolvida para implementar os princípios da TOC na gestão da produção, oferecendo ferramentas específicas para planejar, programar e controlar a produção, tendo em mente a eliminação dos gargalos e a maximização da produção.

Apesar de a Teoria das Restrições ter sido originada em resolver os problemas enfrentados no setor de produção de uma fábrica, Eliyahu Goldratt expandiu as suas ideias para diferentes áreas como: produção, cadeia de suprimentos, projetos, contabilidade, distribuição e varejo (Ikeziri et al, 2019). Em 1984, a disseminação significativa das ideias de Eliyahu Goldratt ocorreu com a publicação do livro “The Goal” (conhecido no Brasil como "A Meta"), escrito em colaboração com Jeff Cox.

De acordo com Goldratt, a Teoria das Restrições parte do princípio de que cada organização deve ser encarada como um sistema com uma meta. No contexto das organizações empresariais, a meta principal é definida como “geração de lucro, tanto no presente quanto no futuro” (Goldratt e Cox, 2014). Para toda e qualquer entidade organizacional, independentemente de ser de natureza empresarial ou não, deve apresentar pelo menos uma restrição que dificulta o sistema a alcançar a meta (Souza e Pires, 2010).

Sabendo que o foco principal da TOC se concentra na restrição do sistema, estas restrições podem ser classificadas em físicas e não-físicas (Marques e Cia, 1998). A restrição de natureza física está relacionada a fatores como a disponibilidade de materiais, a capacidade de produção, a logística e a demanda do mercado. Já as restrições não-físicas, também conhecidas como restrições políticas, estão vinculadas a questões de gestão e comportamentais, incluindo normas, procedimentos e práticas organizacionais convencionais (Mabin e Balderstone, 2003). Como mencionado anteriormente, na TOC, o termo “gargalo” refere-se a qualquer elemento ou parte de um sistema que limita a capacidade de todo o sistema, muitas vezes o gargalo receberá o nome de Recurso Restritivo de Capacidade (RRC) (Marques e Cia, 1998).

O método Tambor-Pulmão-Corda (*Drum-Buffer-Rope* - DBR) é uma técnica derivada da TOC, que surgiu como uma resposta à necessidade de lidar com restrições em sistemas de produção e melhorar a eficiência operacional (Goldratt e Cox, 2014). Por este motivo, a ideia central por trás do DBR é maximizar o desempenho do sistema, garantindo que a produção seja coordenada de maneira eficaz em torno da restrição (Marques e Cia, 1998).

Segundo a Teoria das Restrições, pode-se definir o sistema DBR como (Goldratt e Cox, 2014):

1. Tambor (*Drum*): representa a restrição crítica do sistema, ou seja, o ponto de produção que determina a taxa de produção de todo o sistema e dita o ritmo ou a batida para o sistema. A produção deve ser programada de acordo com a capacidade do Tambor.
2. Pulmão (*Buffer*): é um estoque estrategicamente colocado imediatamente antes da restrição. Ele atua como uma reserva para garantir que a restrição nunca fique ociosa devido à falta de material. O Pulmão evita interrupções na produção e mantém o Tambor funcionando constantemente.
3. Corda (*Rope*): é o mecanismo de programação que determina quais ordens de produção são liberadas para a fábrica. Ela garante que apenas produtos que estão no Pulmão e estão prontos para serem processados pela restrição sejam liberados para produção. Isso evita a sobrecarga da restrição e mantém o sistema equilibrado.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Revisões descritivas da literatura servem para coletar, codificar e analisar dados, buscando refletir a frequência dos tópicos, autores ou métodos encontrados na literatura existente (Paré et al., 2015). Os procedimentos de pesquisa adotados para a condução desta revisão de literatura basearam-se em outras revisões de literaturas amplamente citadas (e.g., Fahimnia et al., 2015) e na revisão de Ikeziri et al. (2019) conduzida no âmbito da TOC e que proporcionou uma análise abrangente dos estudos até então publicados, estabelecendo uma base sólida para o aprofundamento da pesquisa. Assim, a presente revisão bibliográfica busca atualizar o conhecimento existente, incorporando artigos publicados até 2023. Para tal, os procedimentos adotados envolvem: i) busca nas bases de dados; ii) análise inicial dos artigos (evolução temporal, principais periódicos e autores) e; iii) análise da co-ocorrência de palavras-chaves. Estes procedimentos metodológicos são descritos a seguir.

As palavras-chave usadas para busca nas bases de dados incluíram: “*Theory of Constraint**”, “*Drum Buffer Rope*” e “*Optimized Production Technology*”. É importante

ressaltar que não foram incluídas as abreviações nas buscas, tais como: “TOC”, “DBR” e “OPT”. A decisão de não incluir estas palavras nas buscas decorre do fato de que, ao inserir essas abreviações nas consultas, diversos artigos indesejados eram inadvertidamente selecionados. A exclusão dessas abreviações das buscas visa aprimorar a precisão e a relevância dos resultados, garantindo que as informações estejam mais alinhadas com os interesses da pesquisa.

Utilizando o campo de busca “*Article title, Abstract, Keywords*” na base de dados *Scopus* e selecionando o campo de busca “*All Fields*” na base de dados *Web of Science*, foram coletados e armazenados os artigos de periódicos (filtrando somente pelos textos dos tipos “*article*” e “*review article*”) para os termos de pesquisa definidos. As tentativas iniciais de busca resultaram em um total de 2372 artigos (1477 na *Scopus* e 895 na *Web of Science*).

Para a análise inicial dos 2372 artigos encontrados, utilizou-se o software *Mendeley*. Este programa é um gerenciador de referências gratuito que pode ajudar a armazenar, organizar, anotar, compartilhar e citar referências e dados de pesquisa. Os artigos foram armazenados no formato RIS (do inglês, *Research Information System*) para incluir todas as informações essenciais do artigo, como título, nomes e afiliações dos autores, resumo, palavras-chave e referências.

Após inserir estes arquivos no *Mendeley*, somente os artigos que estavam na íntegra foram realmente adicionados, os artigos com dados incompletos, tais como a isenção de título, palavras-chaves vazias, a falta de referências, entre outros, foram automaticamente excluídos pelo próprio programa, totalizando 2314 artigos. Utilizando a própria ferramenta presente no gerenciador de artigos *Mendeley*, foram removidos todos os artigos que estavam duplicados. Após este filtro, foram armazenados no total 1664 artigos únicos.

Para a análise da estatística inicial, foi utilizado a linguagem de programação *Python* para realizar três análises distintas: 1- Quantidade de artigos publicados por ano; 2- Quantidade de artigos publicados por periódicos e 3- Quantidade de artigos publicados por autor.

Para uma análise mais detalhada, o arquivo RIS foi então submetido no software *VOSviewer*. Este é um software que permite criar e visualizar redes bibliométricas, que podem representar periódicos, pesquisadores ou publicações individuais. Essas redes são formadas com base em citações, acoplamento bibliográfico, cocitação ou relações de coautoria. Além disso, o *VOSviewer* possui ferramentas de mineração de texto que possibilitam a construção e visualização de redes de co-ocorrência de palavras-chave extraídas de um conjunto de literatura científica.

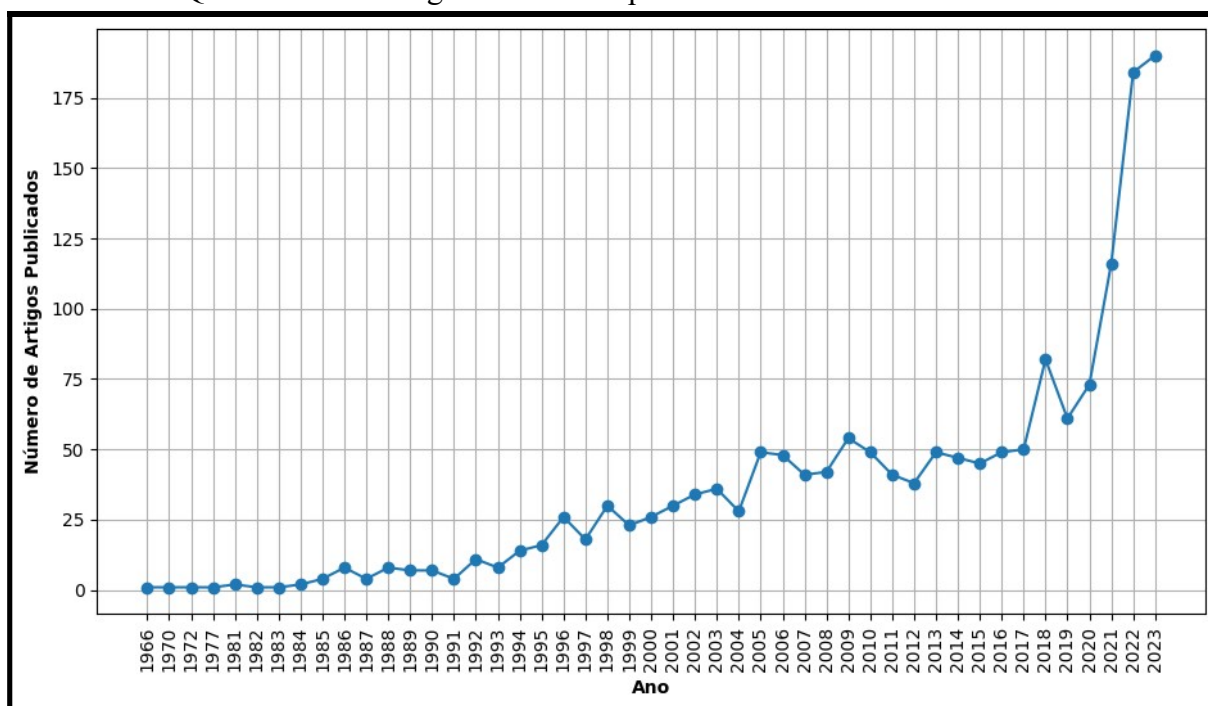
Depois de carregar o arquivo no *VOSviewer*, realizou-se o agrupamento das palavras-chave semelhantes, por exemplo: “*healthcare*” e “*health care*”. A diferenciação entre palavras com ou sem espaçamento pode resultar em redes fragmentadas e subestimar a verdadeira ocorrência destes conceitos. Além disso, removeu-se todas as palavras-chave utilizadas na busca nas bases de dados, tais como: “*Optimized Production Technology*”, “*Theory of constraints*”, “*Constraint Theory*” e todas as outras variações semelhantes ao termo da Teoria das Restrições.

Após a remoção das principais palavras-chave, foi gerado o gráfico da rede de ocorrência dessas palavras, juntamente com seus respectivos clusters. Por fim, foi utilizada a visualização por tempo para analisar a tendência dos estudos na área da teoria das restrições ao longo dos anos, mostrando a evolução e direção da pesquisa nesse campo específico.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra a evolução na quantidade de artigos publicados, com base nos 1664 artigos únicos encontrados.

FIGURA 1 – Quantidade de Artigos Publicados por Ano.



Fonte: Elaborado pelos autores, com base no banco de dados de *Scopus* e *Web of Science*.

Analisando a Figura 1, percebe-se que até o final dos anos 90, a quantidade de publicações era bastante baixa na área da Teoria das Restrições, em até 25 artigos publicados por ano. Foi a partir do começo dos anos 2000 que começou o seu período inicial de

crescimento e expansão. É importante destacar que somente nos últimos cinco anos (2019 - 2023) foram produzidos 628 artigos, isto representa 37,74% de todos os artigos já publicados durante 58 anos (1966 - 2023). Portanto, esses resultados indicam que está ocorrendo um crescimento geométrico nas publicações, ressaltando ainda mais a importância da Teoria das Restrições.

As publicações estão distribuídas em 674 periódicos, sendo que os 10 periódicos com maior quantidade de publicações totalizam 368 desses artigos identificados, representando aproximadamente 22,12% de todos os artigos publicados. A Tabela 1 apresenta os 10 principais periódicos nos quais esses artigos estão concentrados.

TABELA 1 - Os 10 principais periódicos com publicações sobre a TOC.

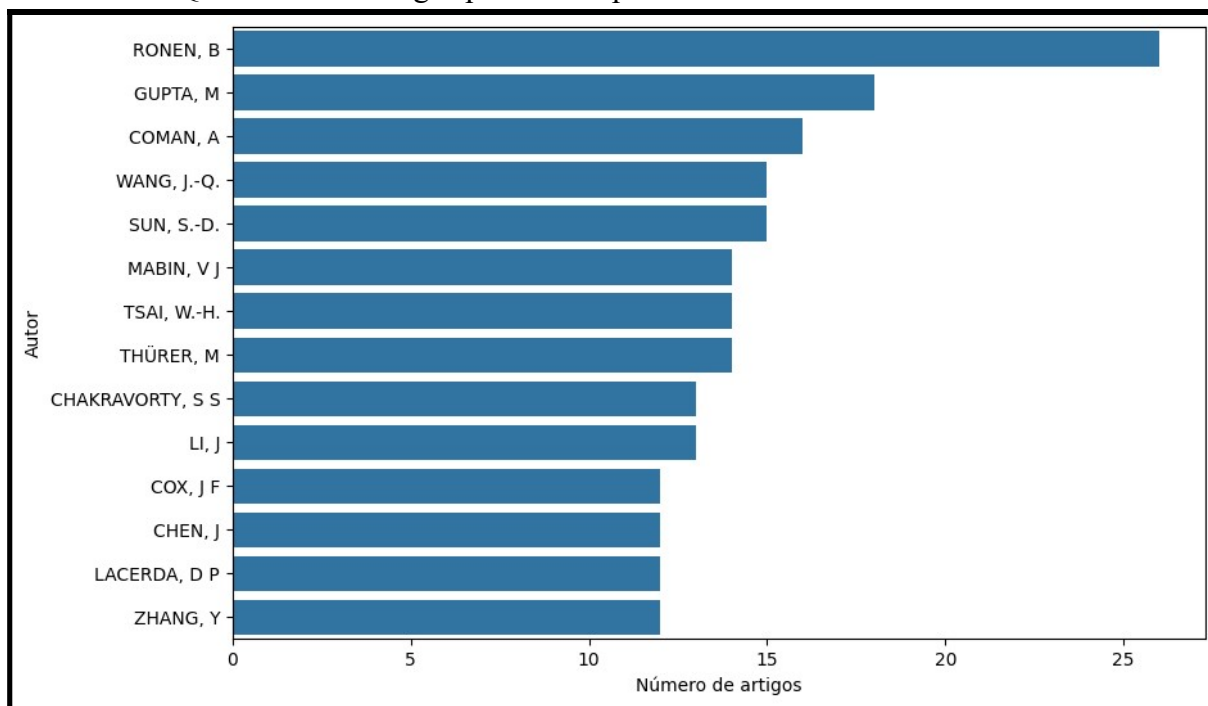
Ranking	Periódico	Quantidade
1.	<i>International Journal of Production Research</i>	123
2.	<i>IEEE Access</i>	40
3.	<i>IEEE Communications Letters</i>	37
4.	<i>Production Planning and Control</i>	32
5.	<i>IEEE Wireless Communications Letters</i>	28
6.	<i>International Journal of Production Economics</i>	27
7.	<i>Jisuanji Jicheng Zhizao Xitong/Computer Integrated Manufacturing Systems, CIMS</i>	27
8.	<i>Human Systems Management</i>	19
9.	<i>Production and Inventory Management Journal</i>	18
10.	<i>IEEE Transactions on Vehicular Technology</i>	17

Fonte: Autoria própria, com base no banco de dados de *Scopus* e *Web of Science*.

O presente ranking reforça a constatação de que a Teoria das Restrições (TOC) continua sendo vigorosamente estudada na área da engenharia da produção. A liderança destacada do *International Journal of Production Research*, com 123 artigos publicados e o expressivo número de artigos dedicados a essa temática em periódicos renomados, tais como *Production Planning and Control* e *International Journal of Production Economics*, sublinham a contínua importância e interesse acadêmico na aplicação e desenvolvimento da TOC no âmbito da Engenharia de Produção.

Por fim, o campo do autor foi extraído do arquivo de dados e a frequência de aparição de todos os autores foi registrada. A Figura 2 destaca os 14 principais autores contribuintes e a quantidade de artigos que eles escreveram ou co-escreveram.

FIGURA 2 - Quantidade de artigos publicados por autor.



Fonte: Elaborado pelos autores, com base no banco de dados de *Scopus* e *Web of Science*.

Analisando a Figura 2, percebe-se que alguns autores possuem a mesma quantidade de artigos publicados. Para facilitar a visualização do ranqueamento destes autores, elaborou-se a Tabela 2.

TABELA 2 - Classificação dos autores de acordo com a quantidade de artigos publicados.

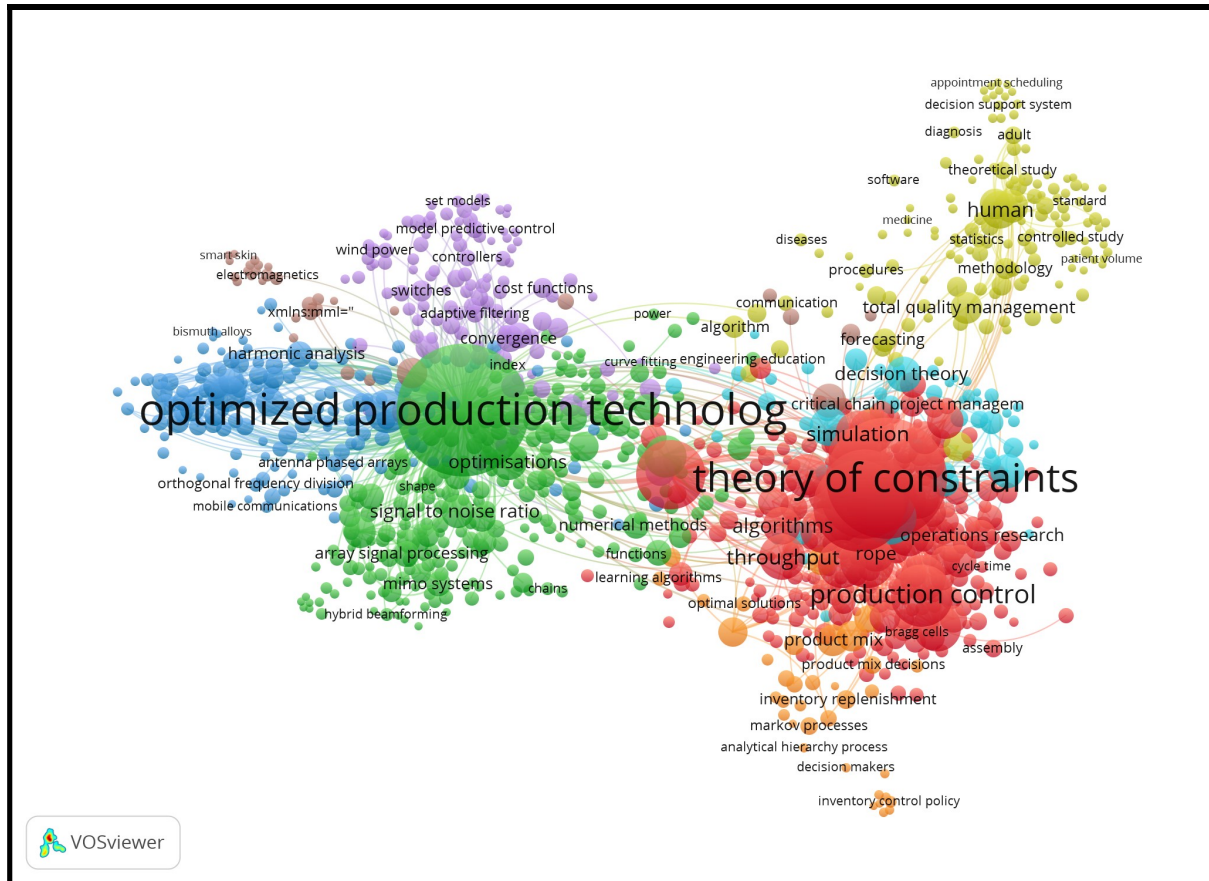
Ranking	Autor	Quantidade de artigos
1.	<i>Ronen, B</i>	26
2.	<i>Gupta, M</i>	18
3.	<i>Coman, A</i>	16
4.	<i>Wang, J.-Q. ; Sun, S.-D.</i>	15
5.	<i>Mabin, V J ; Tsai, W.-H. ; Thürrer, M</i>	14
6.	<i>Chakravorty, S S ; Li, J</i>	13
7.	<i>Cox, J F ; Chen, J ; Lacerda, D P ; Zhang, Y</i>	12

Fonte: Autoria própria, com base no banco de dados de *Scopus* e *Web of Science*.

É importante ressaltar que as posições dos autores foram definidas de acordo com o número de artigos, ou seja, por exemplo, Wang, J.Q. e Sun, S.D. ocupam o posto de 4º lugar, ambos com 15 artigos publicados. Analisando a Tabela 2, percebe-se que o Dr. Daniel Pacheco Lacerda está na posição 7º entre os autores que mais contribuem na área da TOC, com 12 artigos publicados, mostrando a contribuição do Brasil no desenvolvimento e disseminação da Teoria das Restrições.

Com base nos 1664 artigos únicos encontrados, foi então gerada a rede de co-ocorrência das palavras-chave destas publicações. A Figura 3 mostra o resultado obtido.

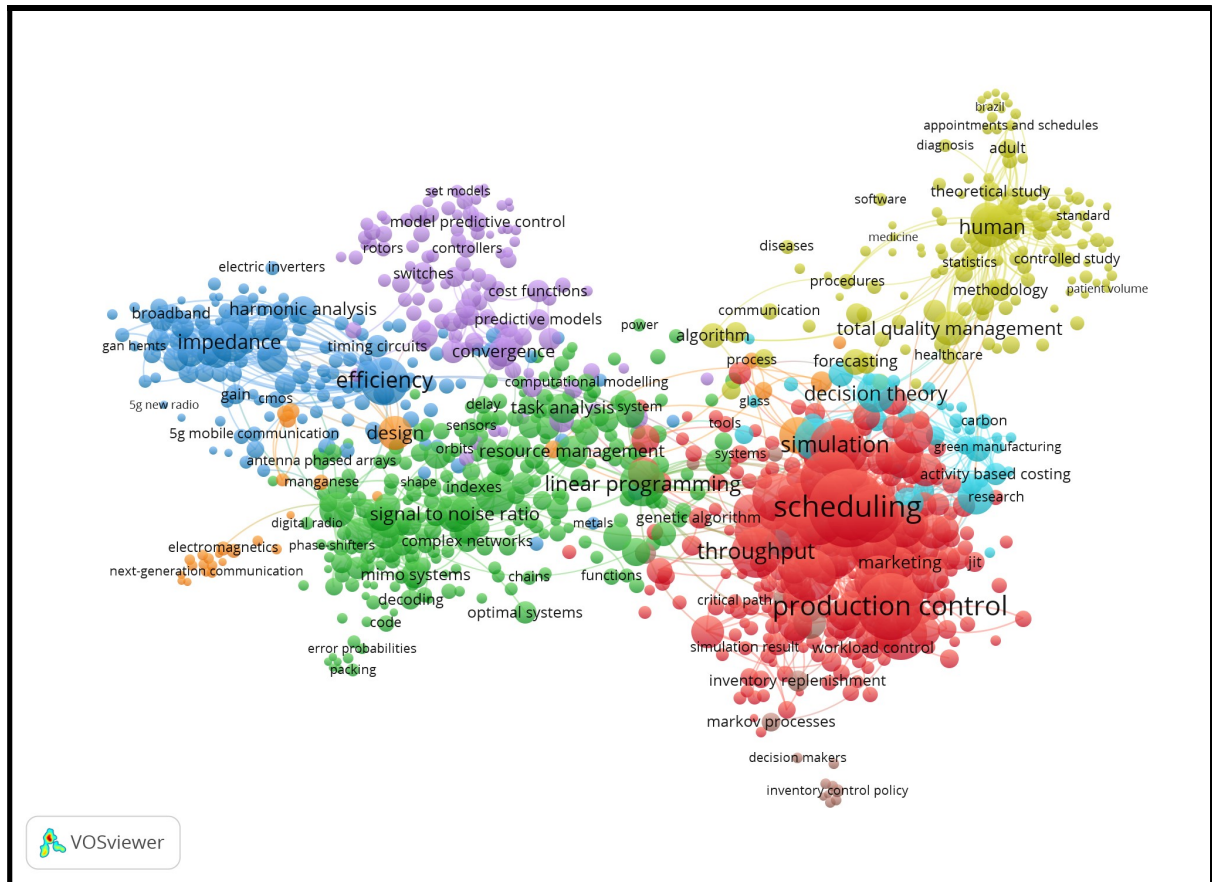
FIGURA 3 – Visualização da rede de co-ocorrência das palavras-chave.



Fonte: Vosviewer, com base no arquivo RIS de autoria própria.

Analisando a Figura 3, percebe-se de forma clara e nítida que as palavras que aparecem com mais frequência são: “*Optimized Production Technology*” e “*Theory of Constraint*”. Esse resultado era esperado, pois durante a busca realizada nos bancos de dados *Scopus* e *Web of Science*, especificamente essas palavras-chave foram inseridas no processo da pesquisa. Por este motivo estas palavras e outras similares foram retiradas e uma nova rede de co-ocorrência foi gerada. A Figura 4 ilustra a nova configuração da rede de co-ocorrência das palavras-chave presentes nos 1664 artigos analisados.

FIGURA 4 - Rede de co-ocorrência das palavras-chave com filtro.



Fonte: Vosviewer, com base no arquivo RIS de autoria própria.

Conforme pode ser visto na Figura 4, com a aplicação do filtro, essa nova rede está dividida em seis principais *clusters* (cores). Cada uma dessas cores representa diferentes áreas de estudo dentro do tema em questão, conforme apresenta o Quadro 1.

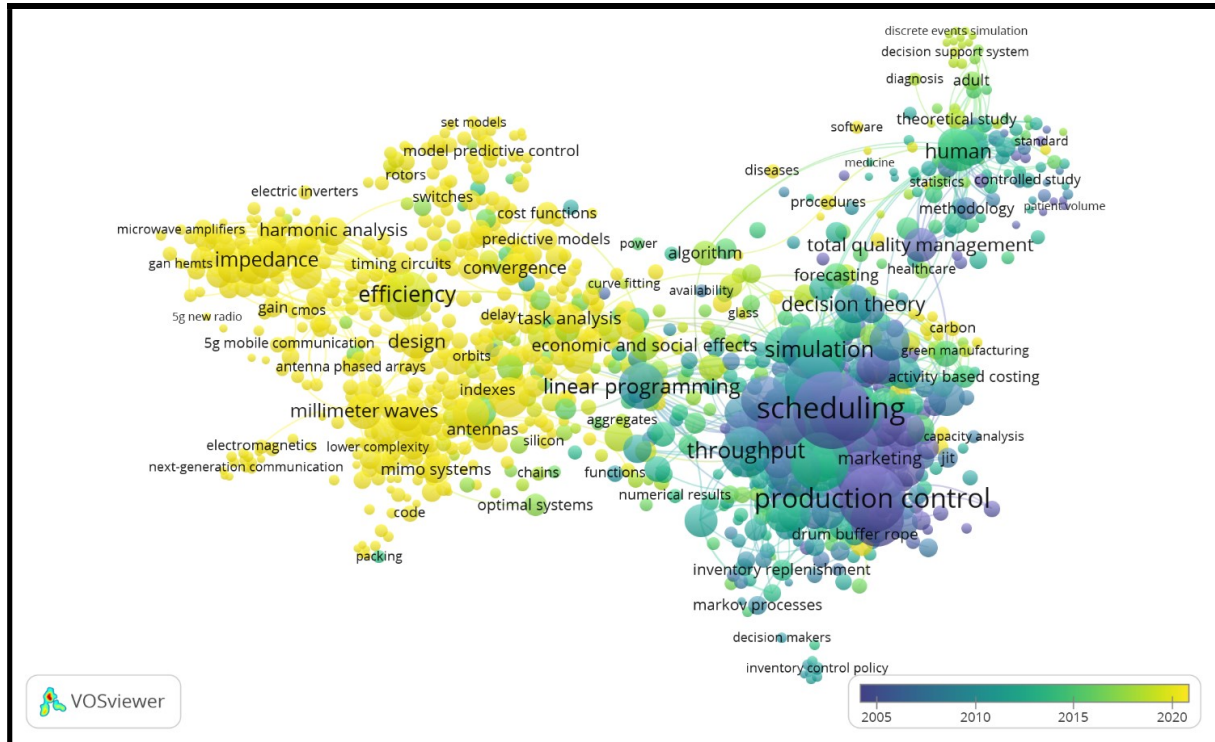
QUADRO 1 - Classificação dos *clusters* de publicações por palavras-chaves.

#/ cor do cluster	Palavras-chaves principais	Descrição das principais características do cluster	Exemplos de publicações
1/Vermelho	<i>inventory control, strategic planning, production control, scheduling</i>	Relacionadas à aplicações práticas da TOC na indústria de manufatura, abrangendo desde o controle de produção até a estratégia de planejamento	• <i>Dynamic planned lead times in production planning and control systems: does the lead time syndrome matter?</i> (Thürer et al., 2023) • <i>Critical chain project management for a highway construction project with a focus on theory of constraints</i> (Sarkar et al., 2021)
2/Amarelo	<i>human, total quality management</i>	Estudos relacionados a aspectos humanos e área da saúde, com foco na qualidade total	• <i>Identifying and addressing the underlying core problems in healthcare environments: An illustration using an emergency department game</i> (Bacelar-Silva et al., 2021) • <i>Integrating DMAIC approach of Lean Six Sigma and theory of constraints toward quality improvement in healthcare</i> (Ahmed, 2019)
3/Azul	<i>impedance, efficiency, harmonic analysis</i>	Foco em otimizar recursos e processos para melhorar o desempenho nas telecomunicações. A busca por eficiência é um objetivo contínuo, e esses estudos exploram maneiras de maximizar resultados com os recursos disponíveis	• <i>Bandwidth Extension of Doherty Power Amplifier Using Complex Combining Load with Noninfinity Peaking Impedance</i> (Yang et al., 2019) • <i>Design of a 17-24-GHz High-Efficiency Power Amplifier for Satellite Communications</i> (Yi et al., 2023)
4/Roxo	<i>model predictive control, cost functions, predictive models</i>	Termos intrinsecamente relacionados à Indústria 4.0, com integração de tecnologias de inteligência artificial e a digitalização dos processos industriais	• <i>A New Model Predictive Current Controller for Grid-Connected Converters in Unbalanced Grids</i> (Andrew et al., 2023) • <i>A Simplified Algorithm of Finite Set Model Predictive Control for Three-Phase CHB-based BESSs</i> (Xie et al., 2024)
5/Ciano	<i>carbon, green manufacturing</i>	área da sustentabilidade, Através dessa abordagem, busca-se promover uma economia mais sustentável e de baixa emissão de carbono utilizando os conhecimentos da TOC	• <i>Production decision model with carbon tax for the knitted footwear industry under activity-based costing</i> (Tsai; Jhong, 2019) • <i>Green activity-based costing production decision model for recycled paper</i> (Hsieh et al., 2020)
6/Verde	<i>linear programming, signal to noise ratio, task analysis</i>	área técnica computacional - multidisciplinar e uma zona de transição, onde a teoria das restrições deixa de ser um tema exclusivo da área de produção, transitando ao longo dos anos para áreas de estudos mais recentes	• <i>New Global MuSyQ GPP/NPP Remote Sensing Products From 1981 to 2018</i> (Wang et al., 2021) • <i>Velocity Domain-based Distributed Pursuit-Encirclement Control for Multi-USVs with Incomplete Information</i> (Liu et al., 2024)

Fonte: Autoria própria, com base no banco de dados de *Scopus* e *Web of Science* e análise no *VOSviewer*.

Com todos os *clusters* definidos, é possível proceder à análise da rede de co-ocorrência das palavras-chave ao longo dos anos. A Figura 5 ilustra a rede de co-ocorrência segmentada por ano.

FIGURA 5 - Rede de co-ocorrência segmentada por ano.



Fonte: Vosviewer, com base no arquivo RIS de autoria própria.

De acordo com a Figura 5, observa-se que o foco da pesquisa na área da Teoria das Restrições tem evoluído ao longo dos anos. Nos anos iniciais, a maioria dos estudos concentrou-se no *cluster* 1 (Controle da Produção). Posteriormente (2010-2015), houve uma migração para os *clusters* 2 (Saúde) e 5 (Sustentabilidade). Em seguida, a pesquisa passou pela zona de transição e multidisciplinar do *cluster* 6 (Técnico Computacional), culminando nos últimos anos nos *clusters* 3 (Telecomunicações) e 4 (Indústria 4.0). Dessa forma, evidencia-se a tendência mundial de estudos na área da TOC.

Este fato não implica a ausência de estudos recentes nas demais categorias. Embora a tendência mundial atual se concentre no desenvolvimento da Indústria 4.0, o foco das pesquisas globais tende a se direcionar predominantemente para esta área uma vez que há um grande investimento de capital envolvido. Contudo, é importante notar que ainda há pesquisas significativas em outras categorias. Desta maneira, a análise por ano facilita a identificação de períodos de maior intensidade de pesquisa, bem como mudanças significativas nas áreas temáticas abordadas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho analisou a literatura sobre a TOC, destacando o crescimento geométrico nas publicações sobre a temática nos últimos anos. Além disso, destaca-se que as publicações concentram-se em periódicos renomados da área da Engenharia de Produção, com destaque para o *International Journal of Production Research*.

De acordo com a análise da co-ocorrência de palavras-chaves, as publicações foram classificadas em principais temas de estudo da Teoria das Restrições, identificando seis diferentes *clusters* de pesquisa, destacando a emergência nos últimos anos de pesquisas nos *clusters* de Telecomunicações e Indústria 4.0. Portanto, essa abordagem da revisão descritiva da literatura permite que pesquisadores e profissionais observem como o interesse e a produção científica no âmbito da TOC evoluíram ao longo dos anos.

No entanto, apesar das contribuições para a compreensão da literatura sobre a TOC, algumas limitações do estudo devem ser destacadas. A primeira limitação reside na seleção das palavras-chave utilizadas. Em segundo lugar, a fonte de dados foi limitada aos artigos encontrados nas bases de dados *Scopus* e *Web of Science*, o que sugere que uma análise mais abrangente exigiria a inclusão de artigos de todas as bases de dados disponíveis. Por fim, a análise atualizada dos artigos foi baseada apenas na leitura dos resumos, não sendo feita uma análise detalhada de cada um dos *clusters*, que poderia servir para direcionar estudos futuros no âmbito da TOC.

REFERÊNCIAS

- AHMED, S. Integrating DMAIC approach of Lean Six Sigma and theory of constraints toward quality improvement in healthcare. **Reviews on Environmental Health**, v. 34, n. 4, p. 427–434, 2019.
- ANDREW, E. T.; AHMED, K. H.; HOLLIDAY, D. A new model predictive current controller for grid-connected converters in unbalanced grids. **IEEE Transactions on Power Electronics**, v. 37, n. 8, p. 9175–9186, 2022.
- BACELAR-SILVA, G. M. et al. Identifying and addressing the underlying core problems in healthcare environments: An illustration using an emergency department game. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 19, p. 10083, 2021.
- COX, J. F.; SCHLEIER, J. **Theory of Constraints Handbook**. New York, NY: McGraw-Hill Professional, 2010.
- FAHIMNIA, B.; SARKIS, J.; DAVARZANI, H. Green supply chain management: A review and bibliometric analysis. **International Journal of Production Economics**, v. 162, p. 101–114, 2015.
- GOLDRATT, E.; COX, J. **A Meta: Um Processo de Melhoria Contínua**. 2. ed. São Paulo: Nobel, 2014.
- HSIEH, C.-L.; TSAI, W.-H.; CHANG, Y.-C. Green activity-based costing production decision model for recycled paper. **Energies**, v. 13, n. 10, p. 2413, 2020.
- IKEZIRI, L. M. et al. Theory of constraints: review and bibliometric analysis. **International Journal of Production Research**, v. 57, n. 15–16, p. 5068–5102, 2019.
- LIU, Y. et al. Velocity domain-based distributed pursuit-encirclement control for multi-USVs with incomplete information. **IEEE Transactions on Intelligent Vehicles**, v. 9, n. 2, p. 3246–3257, 2024.
- MABIN, V. J.; BALDERSTONE, S. J. The performance of the theory of constraints methodology: Analysis and discussion of successful TOC applications. **International Journal of Operations & Production Management**, p. 568–595, 2003.
- MARQUES, J. A. V. DA C.; CIA, J. N. DE S. Teoria das restrições e contabilidade gerencial: interligando contabilidade a produção. **RAE**, v. 38, n. 3, p. 34–46, 1998.
- PARÉ, G.; TRUDEL, M.C.; JAANA, M.; KITSIOU, S. Synthesizing information systems knowledge: A typology of literature reviews. **Information & Management**, v. 52, n. 2, p. 183–199, 2015.
- SARKAR, D.; JHA, K. N.; PATEL, S. Critical chain project management for a highway construction project with a focus on theory of constraints. **International Journal of Construction Management**, v. 21, n. 2, p. 194–207, 2021.
- SLACK, N.; BRANDON-JONES, A.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 8ª Ed. Editora São Paulo, Gen Atlas. 2018. 856 p.

SOUZA, F.; PIRES, S. R. I. Theory of constraints contributions to outbound logistics. **Management Research Review**, v. 33, n. 7, p. 683–700, 2010.

THÜRER, M. et al. Dynamic planned lead times in production planning and control systems: does the lead time syndrome matter? **International Journal of Production Research**, v. 61, n. 4, p. 1268–1282, 2023.

TSAI, W.-H.; JHONG, S.-Y. Production decision model with carbon tax for the knitted footwear industry under activity-based costing. **Journal of Cleaner Production**, v. 207, p. 1150–1162, 2019.

WANG, J. et al. New global MuSyQ GPP/NPP remote sensing products from 1981 to 2018. **IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing**, v. 14, p. 5596–5612, 2021.

XIE, Y. et al. A simplified algorithm of finite set model predictive control for three-phase CHB-based BESSs. **IEEE Journal Of Emerging and Selected Topics in Power Electronics**, p. 1–1, 2024.

YANG, Z. et al. Bandwidth extension of Doherty power amplifier using complex combining load with noninfinity peaking impedance. **IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques**, v. 67, n. 2, p. 765–777, 2019.

YI, C. et al. Design of a 17–24-GHz high-efficiency power amplifier for satellite communications. **IEEE Microwave and Wireless Technology Letters**, v. 33, n. 2, p. 188–191, 2023.