



ConBRepro

XII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



ESG nas Engenharias

30 a 02
de dezembro 2022

A evolução do Sistema de Inovação de Hélice Tripla para modelos de Hélice Quádrupla, Quíntupla e N-Hélice: uma revisão narrativa

Autor 1

Elizane Maria de Siqueira Wilhelm – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Autor 2

João Luiz Kovaleski – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Autor 3

Luiz Alberto Pilatti – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Resumo: O desenvolvimento de Ciência, Tecnologia e Inovação (C,T&I) se assenta na colaboração institucional entre diversos atores, sendo o sistema de inovação de Hélice Tripla o mais utilizado mundialmente. Há pouco mais de uma década, outros modelos de Hélice tem sido abordados e a necessidade de melhorar a compreensão de como estes modelos de Hélice são entendidos é corrente. O presente estudo se propõe a analisar quais vieses vem sendo abordados nos debates sobre os sistemas de inovação de modelo Hélice. Para tanto, foi realizada uma revisão narrativa da literatura sobre tema, demonstrando haver lacunas a serem exploradas, quer seja em novos arranjos para o desenvolvimento de C,T&I atrelados aos desafios da Indústrias e sociedade 4.0 e 5.0, ou, pela necessidade de propositura de métricas, estudos empíricos e até mesmo de definições mais consensuais sobre a interação e sinergia entre os modelos de Hélice.

Palavras-chave: Hélice Tripla, Ciência, Tecnologia e Inovação, Transferência de Tecnologia

The evolution of the Triple Helix Innovation System for Quadruple Helix, Quintuple and N-Helix models: a narrative review

Abstract: The development of Science, Technology and Innovation (S,T&I) is based on institutional collaboration between different actors, with the triple helix innovation system as the most used worldwide. For just over a decade, other propeller models have been addressed and the need to improve the understanding of how these propeller models are understood is current. The present study proposes to analyze which biases have been addressed in the debates on the helix model innovation systems. To this end, a narrative review of the literature on the subject was carried out, demonstrating that there are gaps to be explored, whether in new arrangements for the development of S,T&I linked to the challenges of Industries and Society 4.0 and 5.0, or, due to the need to propose metrics, empirical studies and even more consensual definitions about the interaction and synergy between the propeller models.

Keywords: Triple Helix, Science, Technology and Innovation, Technology Transfer

1. Introdução

A sociedade do conhecimento é caracterizada por dinâmicas tecnológicas intensas e por novos desafios a serem enfrentados pelas organizações contemporâneas, atreladas a uma multiplicidade de agentes e interesses (OCDE E EUROSTAT, 2018). Neste cenário, está fortalecido o entendimento de que Ciência, Tecnologia e Inovação (C,T&I) são instrumentos fundamentais e determinantes para o desenvolvimento das nações, o crescimento econômico e sustentável, a geração de emprego, de renda e a criação de valor compartilhado (ARBIX, 2010; COSTA; MATIAS, 2020; OCDE E EUROSTAT, 2018).

Para desenvolver C,T&I, a colaboração institucional tornou-se crucial (JACKSON *et al.*, 2018). Governo e indústria, elementos clássicos das parcerias público-privadas, somaram-se a universidade. O resultado de processos criativos colaborativos envolvendo esses três agentes principais inspirou a criação do modelo de inovação de Hélice Tripla (ETZKOWITZ; LEYDESDORFF, 1995, 2000).

Do mesmo modo tornou-se mister considerar os desafios socioambientais como proporcionadores de grandes processos de aprendizagem gerando conhecimento e inovação (CARAYANNIS, ELIAS G; CAMPBELL, 2021; CARAYANNIS, ELIAS G; CAMPBELL; GRIGOROUDIS, 2021), associados ao desenvolvimento sustentável (CAI, 2022), culminando então na inclusão das perspectivas das Hélices Quádrupla e Quintupla ao modelo de Hélice Tripla já existente.

Recentemente, pesquisas científicas tem relacionado dimensões do Sistema de Inovação de Hélice Quádrupla e Quintupla à Indústria 4.0 e Indústria 5.0, como expressões para desenvolvimentos avançados na sociedade, economia e democracia (CARAYANNIS, ELIAS G; MORAWSKA-JANCELEWICZ, 2022). Esta visão é reforçada pelo pensamento de que com o foco nos modelos emergentes de Indústria 4.0 e 5.0, é possível revisar diferentes blocos de construção conceituais, ilustrando como as economias modernas estão funcionando, baseadas no conhecimento e impulsionadas pela inovação (STEENKAMP, 2019).

Entretanto ainda existe a necessidade de uma melhor compreensão de como dos modelos de Hélice são entendidos (ETZKOWITZ; ZHOU, 2017). Os diversos modelos presentes na literatura são frequentemente adotados implicitamente por profissionais e formuladores de políticas públicas, sem, contudo, terem total elucidação teórica sobre o tema (GEBHARDT, 2020). Desse modo, o presente estudo se propõe a analisar quais vieses vem sendo abordados nos debates sobre os modelos de Hélice de inovação. Para tanto, será realizada uma revisão narrativa da literatura sobre tema.

Desse modo, este estudo está estruturado da seguinte forma: posterior a introdução é apresentada a metodologia, seguida dos resultados e discussões. Por fim, apresenta-se as conclusões e a proposta de estudo futuro.

2. Metodologia

Este artigo está construído com base em uma revisão de leitura do tipo narrativa, que permite o estabelecimento do estado da arte do tema pesquisado através de um compêndio qualitativo. Neste tipo de pesquisa é facultado ao autor a interpretação e a análise crítica dos achados da literatura (ECK; WALTMAN, 2009)

Ainda que na construção de uma revisão narrativa a busca das fontes não necessite ser pré-determinada (ECK; WALTMAN, 2009), para a construção do corpus da pesquisa, foram realizadas buscas em três bases de dados Web of Science, Science Direct e Scopus, no mês de julho de 2022, combinando os descritores “Triple Hélix”, “Science, Technology and Innovation” e “Technology Transfer”. Como critérios de inclusão, inicialmente, foram

utilizados estudos publicados sem corte temporal e artigos originais que analisaram o tema, resultando em 374 artigos.

A fim de organizar o portfólio bibliográfico, fez-se uso do gerenciador de referências Mendeley. Após a exportação dos artigos foram adotados critérios de exclusão, retirando-se publicações cujos títulos ou resumo fossem discordantes do tema e artigos duplicados, restando 254 artigos.

Destaca-se que, devido à quantidade de artigos, o portfólio bibliográfico relacionado ao sistemas de inovação de modelo Hélice passaram pela metodologia InOrdinatio, a qual é considerada uma metodologia de revisão sistemática que tem como objetivo direcionar a pesquisa, auxiliar na coleta dos dados e classificar os artigos com auxílio dos softwares JabRef, Mendeley e Microsoft Excel InOrdinatio (PAGANI; KOVALESKI; DE RESENDE, 2018) a fim de selecionar os artigos mais relevantes desta temática.

A metodologia leva em consideração o fator de impacto do periódico em que o artigo está disponível através da busca no site InCites, o ano de publicação do artigo e número de citações recebida por cada um, utilizando-se da fórmula conforme segue:

$$InOrdinatio = IF\ 1000 + \alpha * [10 - (Research\ Year - Publish\ Year)] + (Ci)$$

Fonte: Pagani, Kovaleski e Resende (2015)

A letra " α " utilizada na fórmula compreende o peso que se pretende atribuir ao ano de publicação, que pode variar entre 1 e 10. Nesta seleção de bibliografias foi adotado o peso 10 buscando uma seleção com publicações mais atuais.

Após o ranqueamento dos artigos foram selecionados para análise os que apresentaram InOrdinatio igual ou superior a 97,00. Assim, o portfólio final foi composto por 25 estudos.

3. Resultados e discussões

A presente revisão narrativa foi realizada com 25 estudos selecionados com a produção científica veiculada em periódicos indexados nas bases de dados Web of Science, Scopus e Science Direct. Após a adoção dos critérios de exclusão listados na metodologia os estudos selecionados são os indicados na tabela 2

Tabela 2 – Estudos selecionados

	Autores	Artigo
01	Carayannis, E.G., Grigoroudis, E., Campbell, D.F.J., Meissner, D. e Stamati, D. (2018)	The ecosystem as helix: an exploratory theory-building study of regional co-opetitive entrepreneurial ecosystems as Quadruple/Quintuple Helix Innovation Models
02	Cai, Y. and Etzkowitz, H. (2020)	Theorizing the Triple Helix model: Past, present, and future
03	Sarpong, D., AbdRazak, A., Alexander, E. and Meissner, D. (2017)	Organizing practices of university, industry and government that facilitate (or impede) the transition to a hybrid triple helix model of innovation
04	Carayannis, E.G., Goletsis, Y. e Grigoroudis, E. (2018)	Composite innovation metrics: MCDA and the Quadruple Innovation Helix framework
05	Carayannis, E.G., Dezi, L., Gregori, G. e Calo, E. (2022)	Smart Environments and Techno-centric and Human-Centric Innovations for Industry and Society 5.0: A Quintuple Helix Innovation System View Towards Smart, Sustainable, and Inclusive Solutions
06	Carayannis, E.G., Grigoroudis, E., Stamati, D. and Valvi, T. (2021)	Social Business Model Innovation: A Quadruple/Quintuple Helix-Based Social Innovation Ecosystem
07	Costa, J. e Matias, J.C. (2020)	Open Innovation 4.0 as an Enhancer of Sustainable Innovation Ecosystems
08	Ibáñez, M.J., Guerrero, M., Yáñez-Valdés, C. e Barros-Celume, S. (2022)	Digital social entrepreneurship: the N-Helix response to stakeholders' COVID-19 needs

- 09 Hernández-Trasobares, A. e Murillo-Luna, J.L. (2020) The effect of triple helix cooperation on business innovation: The case of Spain
- 10 Leydesdorff, L. e Lawton Smith, H. (2022) Triple, Quadruple, and Higher-Order Helices: Historical Phenomena and (Neo-)Evolutionary Models
- 11 Datta, S., Saad, M. e Sarpong, D. (2019) National systems of innovation, innovation niches, and diversity in university systems
- 12 Carayannis, E.G. e Campbell, D.F.J. (2021) Democracy of Climate and Climate for Democracy: the Evolution of Quadruple and Quintuple Helix Innovation Systems
- 13 Zhang, Y., Chen, K. e Fu, X. (2019) Scientific effects of Triple Helix interactions among research institutes, industries and universities
- 14 López-Rubio, P., Roig-Tierno, N. and Mas-Verdú, F. (2022) Assessing the Origins, Evolution and Prospects of National Innovation Systems
- 15 Cai, Y. and Lattu, A. (2022) Triple Helix or Quadruple Helix: Which Model of Innovation to Choose for Empirical Studies?
- 16 Carayannis, E.G. e Morawska-Jancelewicz, J. (2022) The Futures of Europe: Society 5.0 and Industry 5.0 as Driving Forces of Future Universities
- 17 Souzanchi Kashani, E. e Roshani, S. (2019) Evolution of innovation system literature: Intellectual bases and emerging trends
- 18 Carayannis, E.G., Campbell, D.F.J. e Grigoroudis, E. (2021) Helix Trilogy: the Triple, Quadruple, and Quintuple Innovation Helices from a Theory, Policy, and Practice Set of Perspectives
- 19 Morawska-Jancelewicz, J. (2021) The Role of Universities in Social Innovation Within Quadruple/Quintuple Helix Model: Practical Implications from Polish Experience
- 20 Cai, Yuzhuo (2022) Neo-Triple Helix Model of Innovation Ecosystems: Integrating Triple, Quadruple and Quintuple Helix Models
- 21 Wang, X., Wang, Z., e Jiang, Z. (2021) Configurational differences of national innovation capability: a fuzzy set qualitative comparative analysis approach
- 22 Barcellos-Paula, L., De la Vega, I. e Gil-Lafuente, A.M. (2021) The Quintuple Helix of Innovation Model and the SDGs: Latin-American Countries' Case and Its Forgotten Effects
- 23 Carayannis, E.G. e Campbell, D.F. (2022) Towards an Emerging Unified Theory of Helix Architectures (EUTOHA): Focus on the Quintuple Innovation Helix Framework as the Integrative Device
- 24 Lew, Y.K. e Park, J. (2021) The evolution of N-helix of the regional innovation system: Implications for sustainability
- 25 Ma, L., Liu, Z., Huang, X. e Li, T. (2019) The Impact of Local Government Policy on Innovation Ecosystem in Knowledge Resource Scarce Region: Case Study of Changzhou, China

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Nas discussões que permeiam os estudos analisados observou-se que há uma preocupação a cerca do impacto da política na formação dos (eco)sistemas de inovação, especialmente em locais onde os recursos iniciais de conhecimento, como universidades e institutos de pesquisa, são limitados. Este tema foi abordado no estudo apresentado por MA *et al.*, (2019). Já um escopo analítico dos estudos empíricos do desenvolvimento de C,T&I a partir do modelo sistema de inovação de Hélice foi elencado através do trabalho de Wang, Wang e Jiang, (2021), que realizaram pesquisa exploratória sobre os efeitos do HT na perspectiva de institutos acadêmicos comparando resultados de países desenvolvidos e em desenvolvimento.

Sarpong *et al.*, (2017) examinaram como as práticas de organização da indústria, universidade e governo facilitam (ou impedem) a transição dos países em desenvolvimento para um modelo híbrido de Trípla Hélice de inovação. Através do desenvolvimento de uma estrutura baseada em conhecimento Datta, Saad e Sarpong (2019), contribuíram oferecendo uma ferramenta que auxilie na identificação dos nichos de inovação disponíveis nos quais o setor universitário pode se especializar e realizar sua contribuição aos modelos de Hélice.

A partir da aplicação do índice Sigma, Souzanchi Kashani e Roshani, (2019) realizaram estudo que contribuições que vão além da fronteira no campo, mas também as bases intelectuais sobre a evolução dos sistemas de inovação, a inserção e interação do modelo de Hélice Tríplice. Por outro lado Zhang, Chen e Fu (2019) buscaram ampliar o escopo analítico dos estudos empíricos sobre sistemas de inovação de Hélice Tríplice, através de pesquisa exploratória sobre os efeitos da Hélice Tríplice na perspectiva de institutos acadêmicos. As discussões apresentadas reforçaram a importância do modelo para o desenvolvimento da C,T&I.

Hernández-Trasobares e Murillo-Luna (2020), concluíram que quanto maior o número de agentes do modelo de sistema de inovação de Hélice Tríplice que cooperam, maiores são as chances de resultados de inovação empresarial, confirmando o efeito sinérgico entre os diferentes agentes. Essa sinergia é reforçada por Cai e Etzkowitz (2020) ao apresentarem o modelo de Hélice Tríplice como uma opção vantajosa para o desenvolvimento de C,T&I, dada a redução de complexidade frente a outros modelos. Destacaram ainda, que o modelo se tratar de uma estrutura integradora dos insights de múltiplas abordagens para estudos de inovação e que foi fortalecido ao longo do tempo por vários conceitos das ciências sociais.

Os painéis de avaliação de Inovação nacionais e regionais usando uma abordagem de análise de decisão de múltiplos critérios (MCDA) foram revisados por Carayannis, Goletsis e Grigoroudis (2018), a partir do contexto da estrutura do sistema de inovação de Hélice Quádrupla, objetivando identificar a importância de cada ator. Carayannis *et al.*, (2018), contribuíram destacando o modelo de Hélice quádrupla como enfatizador da importância de integrar a perspectiva do público midiático e cultural, resultando em um ecossistema emergente de conhecimento e inovação fractal, bem configurado para a economia e a sociedade do conhecimento.

Os modelos de Hélice triple e Hélice quádrupla foram comparados por Cai e Lattu (2022) a partir das perspectivas de como eles foram introduzidos e discutidos na literatura e aprimorados e quão úteis eles são para abordar os processos de C,T&I na sociedade contemporânea. Costa e Matias (2020), defendem que a sociedade contemporânea pode, a partir de modelos de sistema de inovação aberta, potencializar os ecossistemas de inovação sustentável e impulsionar a transição digital.

Nesse caminho Carayannis, Campbell e Grigoroudis (2021) destacam que os conceitos de sistemas de inovação de Hélice Quádrupla e Quáintupla são baseadas na democracia e na ecologia. Ainda, que as implicações para a estratégia, política e prática destes modelos de Hélice são múltiplas e incorporam aspectos da Indústria 5.0 e da Sociedade 5.0. Em outro pesquisa, a partir das evidências surgidas de um estudo de caso e da aplicação de uma metodologia MCDA, Carayannis, *et al.*, (2022) identificaram quais são as melhores soluções para a implementação sistema de inovação de Hélice Quáintupla para soluções inteligentes, sustentáveis e inclusivas para a indústria e a sociedade 5.0.

Os sistemas de inovação de Hélice quádrupla e Quáintupla baseados na democracia e na ecologia foram defendidos por Carayannis e Campbell (2021), os quais afirmaram que a efetividade destes modelos depende de que o regime político que os hospeda seja democrático em essência, não apenas na forma. Carayannis *et al.*, (2021) reforçaram a importância dos sistemas de Hélice Quádrupla e Quáintupla ao afirmarem que o enfrentamento dos diferentes problemas da sociedade (fome, emprego, educação, proteção ambiental), podem ter como chave a inovação socioambiental por eles proporcionada.

Nessa perspectiva um conjunto de recomendações para as universidades desenvolverem canais de distribuição de educação, pesquisa e inovação no contexto do modelo de Hélice Quáintupla e da sociedade 5.0 foi apresentado por Carayannis e Morawska-Jancelewicz (2022). Os autores ressaltam que a digitalização abre novas perspectivas para as

universidades e *stackholders* e pode se tornar um dos principais impulsionadores de sua mudança. Morawska-Jancelewicz (2021), substancia o papel das universidades nos modelos de Hélice Quádrupla e Quintupla, desempenhando um papel importante na promoção de inovações técnicas para sociais.

O modelo de Teoria Unida Emergente de Arquiteturas Helicoidais (EUTOHA) foi apresentado por Carayannis e Campbell (2022). Conforme os autores, trata-se de um modelo de inovação de Hélice Quintupla representando uma construção e modalidade mais abrangente, significativa e valiosa, ao contemplar as cinco principais dimensões centrais das economias do conhecimento modernas: ambiente, sociedade civil, governo, universidade e indústria. O modelo de Hélice Quintupla foi destacado por Barcellos-Paula, De La Veja e Gil-Lafuente (2021), que através da aplicação de um algoritmo de Lógica Fuzzy, propuseram dois modelos de tomada de decisão baseados na inter-relação entre os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e o Modelo de Inovação de Hélice Quintupla.

A evolução do estudo sobre abordagens de Hélice Tríplice para a investigação de sistemas regionais de inovação, identificando a evolução de Hélice Tríplice para vários modelos de “N-Hélice” gravitando em torno de stakeholders, internacionalização, especialização e conservação ecológica foi examinada por Lew e Park (2021). Essas transições de Hélices Tríplices para Hélices Quádruplas, Quintuplas ou N-Hélice, foram criticadas por (Leydesdorff e Lawton Smith (2022), os quais argumentam que as Hélices podem ser decompostas e recombinadas em Hélices Tríplices interativas, não alterando a trajetória do regime de Hélices e possibilitando uma variedade de trajetórias.

O modelo Neo-triple Hélice de ecossistemas de inovação foi proposto por (CAI, 2022), o qual sugere a integração dos sistemas de inovação de Hélice nos modelos Triplo, Quádruplo e Quintuplo. Segundo o autor, essa proposição esclarece debates sobre diferentes modelos de inovação helicoidal, avança abordagens helicoidais por meio da construção de sinergias e pode orientar pesquisas empíricas e design de políticas sobre ecossistemas de inovação. López-Rubio, Roig-Tierno e Mas-Verdú, (2022), foram além, incluindo no debate sobre os modelos de inovação baseado em Hélices a proposição da Hélice Sêxtupla como uma estrutura analítica que reúne inovação e empreendedorismo.

Por fim, a importância dos sistemas de Hélice de Inovação em questões contemporâneas é destacado por Ibáñez *et al.*, (2022), ao evidenciar a rápida resposta das “N-Helix” às recentes necessidades impostas pelo COVID-19. Constatou que nestes modelos as contribuições conjuntas possibilitam que uma hélice supra as deficiências da outra alcançando um equilíbrio de resultados. O estudo destacou que a pandemia intensificou as interações e fomentou o empreendedorismo social e indicou que os modelos apresentam respostas aos diferentes tipos de demanda da sociedade moderna.

4. Conclusões

O presente estudo se propõe a analisar quais vieses vem sendo abordados nos debates sobre os modelos de Hélice de inovação. Para tanto, foi realizada uma revisão narrativa da literatura sobre tema.

A pesquisa expressa que os diferentes vieses ora buscam unificar os modelos de Hélice Quádrupla e quintupla ao modelo de Hélice tripla, ora o ampliam seu escopo para múltiplas Hélices; demonstrando haver lacunas a serem exploradas, quer seja em novos arranjos para o desenvolvimento de C,T&I atrelados aos desafios das Indústrias e sociedades 4.0 e 5.0, ou, pela necessidade de propositura de métricas, estudos empíricos e até mesmo de definições mais consensuais sobre a interação e sinergia entre os modelos de Hélice.

Referências

- ARBIX, G. Inovação e Desenvolvimento. In: ARBIX, G. et al.,(Org.). **Inovação: estratégia de sete países**. Brasília - DF: Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI, 2010. p. 65–91.
- BARCELLOS-PAULA, L.; DE LA VEGA, I.; GIL-LAFUENTE, A. M. The Quintuple Helix of Innovation Model and the SDGs: Latin-American Countries' Case and Its Forgotten Effects. **Mathematics**, v. 9, n. 4, p. 91–113, 20 fev. 2021.
- CAI, Y. Neo-Triple Helix Model of Innovation Ecosystems: Integrating Triple, Quadruple and Quintuple Helix Models. **Triple Helix**, v. 9, n. 1, p. 76–106, 7 abr. 2022.
- CAI, Y.; ETZKOWITZ, H. Theorizing the Triple Helix model: Past, present, and future. **Triple Helix**, v. 7, n. 2, p. 217–229, 27 jun. 2020.
- CAI, Y.; LATTU, A. Triple Helix or Quadruple Helix: Which Model of Innovation to Choose for Empirical Studies? **Minerva**, v. 60, n. 2, p. 257–280, 28 jun. 2022.
- CARAYANNIS, E G et al., Smart Environments and Techno-centric and Human-Centric Innovations for Industry and Society 5.0: A Quintuple Helix Innovation System View Towards Smart, Sustainable, and Inclusive Solutions. **Journal of The Knowledge Economy**, v. 13, n. 2, p. 926–955, 2022.
- CARAYANNIS, ELIAS G.; MORAWSKA-JANCELEWICZ, J. The Futures of Europe: Society 5.0 and Industry 5.0 as Driving Forces of Future Universities. **Journal of the Knowledge Economy**, 5 jan. 2022.
- CARAYANNIS, ELIAS G et al., “Mode 3” universities and academic firms: thinking beyond the box trans-disciplinarity and nonlinear innovation dynamics within cooperative entrepreneurial ecosystems. **International Journal of Technology Management**, v. 77, n. 1/2/3, p. 145, 2018.
- CARAYANNIS, ELIAS G et al., Social Business Model Innovation: A Quadruple/Quintuple Helix-Based Social Innovation Ecosystem. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 68, n. 1, p. 235–248, fev. 2021.
- CARAYANNIS, ELIAS G; CAMPBELL, D. F. J. Democracy of Climate and Climate for Democracy: the Evolution of Quadruple and Quintuple Helix Innovation Systems. **Journal of the Knowledge Economy**, v. 12, n. 4, p. 2050–2082, 15 dez. 2021.
- CARAYANNIS, ELIAS G; CAMPBELL, D. F. J. Towards an Emerging Unified Theory of Helix Architectures (EUTOHA): Focus on the Quintuple Innovation Helix Framework as the Integrative Device. **Triple Helix**, v. 9, n. 1, p. 65–75, 4 abr. 2022.
- CARAYANNIS, ELIAS G; CAMPBELL, D. F. J.; GRIGOROUDIS, E. Helix Trilogy: the Triple, Quadruple, and Quintuple Innovation Helices from a Theory, Policy, and Practice Set of Perspectives. **Journal of the Knowledge Economy**, p. 1–30, 25 jun. 2021.
- CARAYANNIS, ELIAS G; GOLETISIS, Y.; GRIGOROUDIS, E. Composite innovation metrics: MCDA and the Quadruple Innovation Helix framework. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 131, p. 4–17, jun. 2018.
- CARAYANNIS, ELIAS G; MORAWSKA-JANCELEWICZ, J. The Futures of Europe: Society 5.0 and Industry 5.0 as Driving Forces of Future Universities. **Journal of the Knowledge Economy**, 5 jan. 2022.
- COSTA, J.; MATIAS, J. C. O. Open Innovation 4.0 as an Enhancer of Sustainable Innovation Ecosystems. **Sustainability**, v. 12, n. 19, p. 8112, 1 out. 2020.

- DATTA, S.; SAAD, M.; SARPONG, D. National systems of innovation, innovation niches, and diversity in university systems. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 143, p. 27–36, 2019.
- ECK, N. J. VAN; WALTMAN, L. How to normalize cooccurrence data? An analysis of some well-known similarity measures. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 60, n. 8, p. 1635–1651, ago. 2009.
- ETZKOWITZ, H.; LEYDESDORFF, L. The dynamics of innovation: from National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of university–industry–government relations. **Research Policy**, v. 29, n. 2, p. 109–123, fev. 2000.
- ETZKOWITZ, H.; LEYDESDORFF, L. The Triple Helix--University-Industry-Government Relations: A Laboratory for Knowledge Based Economic Development. **Review EAST**, v. 14, n. 1, p. 14–19, 1995.
- ETZKOWITZ, H.; ZHOU, C. Hélice Tríplice: inovação e empreendedorismo universidade-indústria-governo. **Estudos Avançados**, v. 31, n. 90, p. 23–48, maio 2017.
- GEBHARDT, C. The Impact of Participatory Governance on Regional Development Pathways: Citizen-driven Smart, Green and Inclusive Urbanism in the Brainport Metropolitan Region. **Triple Helix**, v. 6, n. 1, p. 69–110, 6 mar. 2020.
- HERNÁNDEZ-TRASOBARES, A.; MURILLO-LUNA, J. L. The effect of triple helix cooperation on business innovation: The case of Spain. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 161, p. 120296, dez. 2020.
- IBÁÑEZ, M. J. et al., Digital social entrepreneurship: the N-Helix response to stakeholders' COVID-19 needs. **The Journal of Technology Transfer**, v. 47, n. 2, p. 556–579, 30 abr. 2022.
- JACKSON, P. et al., University–industry collaboration within the triple helix of innovation: The importance of mutuality. **Science and Public Policy**, v. 45, n. 4, p. 553–564, 1 ago. 2018.
- LEW, Y. K.; PARK, J. The evolution of N-helix of the regional innovation system: Implications for sustainability. **Sustainable Development**, v. 29, n. 2, p. 453–464, 26 mar. 2021.
- LEYDESDORFF, L.; LAWTON SMITH, H. Triple, Quadruple, and Higher-Order Helices: Historical Phenomena and (Neo-)Evolutionary Models. **Triple Helix**, v. 9, n. 1, p. 6–31, 4 mar. 2022.
- LÓPEZ-RUBIO, P.; ROIG-TIERNÓ, N.; MAS-VERDÚ, F. Assessing the Origins, Evolution and Prospects of National Innovation Systems. **Journal of the Knowledge Economy**, v. 13, n. 1, p. 161–184, 6 mar. 2022.
- MA, L. et al., The Impact of Local Government Policy on Innovation Ecosystem in Knowledge Resource Scarce Region: Case Study of Changzhou, China. **Science, Technology and Society**, v. 24, n. 1, p. 29–52, 3 mar. 2019.
- MORAWSKA-JANCELEWICZ, J. The Role of Universities in Social Innovation Within Quadruple/Quintuple Helix Model: Practical Implications from Polish Experience. **Journal of the Knowledge Economy**, p. 1–42, 20 jun. 2021.
- OCDE E EUROSTAT. **Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation**. 4th. ed. Paris/Eurostat, Luxembourg: OECD, 2018. Disponível em: <https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/oslo-manual-2018_9789264304604-en>. (The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities). Acessado em 15/06/2022.

- PAGANI, R. N.; KOVALESKI, J. L.; DE RESENDE, L. M. M. Avanços na composição da Methodi Ordinatio para revisão sistemática de literatura. **Ciência da Informação**, v. 46, n. 2, p. 161–187, 2018.
- PAGANI, R. N.; KOVALESKI, J. L.; RESENDE, L. M. Methodi Ordinatio: a proposed methodology to select and rank relevant scientific papers encompassing the impact factor, number of citation, and year of publication. **Scientometrics**, v. 105, n. 3, p. 2109–2135, 12 dez. 2015.
- SARPONG, D. et al., Organizing practices of university, industry and government that facilitate (or impede) the transition to a hybrid triple helix model of innovation. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 123, p. 142–152, 2017.
- SOUZANCHI KASHANI, E.; ROSHANI, S. Evolution of innovation system literature: Intellectual bases and emerging trends. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 146, p. 68–80, set. 2019.
- STEENKAMP, R. J. The quadruple helix model of innovation for Industry 4.0. **Acta Commercii**, v. 19, n. 1, p. 1–10, 2019.
- WANG, X.; WANG, Z.; JIANG, Z. Configurational differences of national innovation capability: a fuzzy set qualitative comparative analysis approach. **Technology Analysis & Strategic Management**, v. 33, n. 6, p. 599–611, 3 jun. 2021.
- ZHANG, Y.; CHEN, K.; FU, X. Scientific effects of Triple Helix interactions among research institutes, industries and universities. **Technovation**, v. 86–87, p. 33–47, ago. 2019.