

# Em Busca de Conexões: Uma Investigação da Relação entre Indústria 4.0 e Design Thinking

Washington de Macedo Lemos  
washington.lemos@educanvas.com.br  
UnIDomBosco-RJ

Henrique Martins Rocha  
prof.henrique\_rocha@yahoo.com.br  
UERJ

Suzana Maia Nery

**Resumo:** Este artigo investiga a lacuna significativa e em grande parte inexplorada na pesquisa entre Indústria 4.0 (I4.0) e Design Thinking (DT), duas esferas conceituais intimamente ligadas à inovação e ao desenvolvimento tecnológico. Através de uma análise do Web of Science identificou-se uma notável discrepância, com apenas 24 publicações fazendo referência a ambos. Utilizando dados bibliográficos e análise de resumos, este estudo revela que apenas metade dos trabalhos identificados são oriundos de revistas científicas, destacando uma lacuna de pesquisa substancial. A análise correlacional dos dados normalizados do Google Trends demonstra uma associação linear positiva ( $r = 0,94$ ) entre as buscas pelos termos I4.0 e DT. O artigo argumenta que a integração entre I4.0 e DT pode abrir novas vias de inovação, solução de problemas complexos, e valorização para clientes e sociedade. Com uma perspectiva que se estende até a emergente Indústria 5.0, este estudo pede uma maior exploração da sinergia entre I4.0 e DT, ilustrando como essa abordagem pode servir para que as organizações gerem mais valor para seus clientes e para sociedade. A análise oferece uma contribuição vital para o entendimento da relação entre I4.0 e DT, apresentando uma base sólida para futuras investigações neste campo promissor.

**Palavras Chave:** Indústria 4.0 - Design Thinking - Inovação - Indústria 5.0 - Tecnologia

## 1. INTRODUÇÃO

A Indústria 4.0, caracterizada pela adoção de tecnologias avançadas, automação e conectividade, está transformando o cenário industrial. Por outro lado, o *Design Thinking*, com sua ênfase na empatia, colaboração e foco no cliente, fornece uma abordagem centrada no ser humano para a inovação. Este artigo explora a relação entre esses dois conceitos, argumentando que sua integração é não apenas benéfica, mas essencial para a inovação eficaz e sustentável.

Nesse sentido, o estudo aborda a necessidade de se estabelecer uma integração conceitual e prática entre a Indústria 4.0 e o *Design Thinking*, levantada a preocupação de que a implementação da Indústria 4.0 sem a devida consideração pelo *Design Thinking* pode levar a uma aquisição de tecnologia sem visão estratégica, resultando em soluções que, embora tecnologicamente avançadas, podem falhar em atender às necessidades reais dos clientes, destacando-se que a inovação precisa estar voltada ao cliente, não se resumindo à aquisição de tecnologia.

O artigo abre uma discussão crítica, instigando as empresas que estão focadas em implementar os conceitos da Indústria 4.0 a reavaliar a forma como isso é feito. A tese central é que, para implementar um processo de inovação que gere impactos reais nos negócios das empresas, é necessário focar toda a atenção em atender aos clientes, integrando a visão tecnológica da Indústria 4.0 com os princípios centrados no ser humano do *Design Thinking*. Ao explorar essa interação teórica, o artigo busca oferecer *insights* e orientações para aqueles que estão no caminho da transformação digital, enfatizando a importância de uma abordagem equilibrada e estratégica que alinhe a tecnologia com as demandas humanas. Ao fazer isso, contribui para uma compreensão mais profunda de como a Indústria 4.0 e o *Design Thinking* podem ser harmonizados para criar uma inovação verdadeiramente orientada para o cliente.

O presente artigo está estruturado da seguinte forma: na Seção 1 é apresentada a introdução do estudo, discutindo o contexto, a lacuna existente, bem como o objetivo da pesquisa e a sua justificativa. Na Seção 2 é discutido o referencial teórico utilizado nas análises e percurso metodológico. Em seguida, na Seção 3, são descritos o método de pesquisa e o caminho para atingir os objetivos do trabalho. A Seção 4 apresenta e discute os resultados da execução metodológica da pesquisa e a Seção 5 traz as conclusões do trabalho, seguida das referências bibliográficas.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

O presente artigo teve como pilares teóricos o *Design Thinking* (DT), em especial a sua caracterização como um método para a inovação centrada no cliente, e a Quarta Revolução Industrial, usualmente tratada como I4.0. Tais temas são explorados nas subseções que seguem.

### 2.1. DESIGN THINKING

O *Design Thinking* é uma abordagem inovadora que se tornou fundamental na resolução de problemas complexos e na promoção da inovação. Originado nos campos do *design* e da engenharia, a abordagem transcende a simples criação de produtos, alinhando-se à formulação de sistemas, serviços e estratégias. Essa metodologia é centrada no ser humano, colocando as necessidades e desejos dos usuários no coração do processo de *design*. Essa é a definição de Brown (2009), que junto com Kelley (2001) dão forma ao entendimento que temos hoje do que seja *Design Thinking*.

A metodologia do *Design Thinking* envolve três etapas interconectadas: inspiração, ideação e implementação. A etapa de inspiração exige uma imersão profunda no contexto do usuário, observando e compreendendo suas necessidades e desejos. A ideação envolve a

geração e exploração de ideias através de técnicas colaborativas. Já a implementação, por sua vez, concentra-se na prototipagem, teste e refinamento de soluções. Esse processo iterativo permite revisão e refinamento contínuos, oferecendo uma flexibilidade raramente vista em abordagens tradicionais (BROWN, 2009).

A empatia é outro elemento fundamental do *Design Thinking*, incentivando designers e profissionais a entender profundamente as necessidades, desejos e comportamentos das pessoas. É justamente essa ênfase na empatia que distingue o *Design Thinking* de outras abordagens, ao permitir uma conexão mais profunda com os usuários, clientes ou mercado e levando à uma criação mais significativa de soluções. A colaboração interdisciplinar também é enfatizada por Brown (2009), destacando a importância de equipes diversificadas e interdisciplinares na condução de soluções mais inovadoras e eficazes.

Importante destacar que o *Design Thinking* não se limita a uma única disciplina ou indústria. Sua aplicação em diversos campos, seja quando o assunto é orientação para o cliente (DUFFY; BRUCE; MOROKO, 2020), redesenhar negócios focando na inovação (MAGISTRETTI et al., 2022), saúde (ROBERTS et al., 2016) ou em educação (ÇEVİKER-ÇINAR; MURA; DEMIRBAĞ-KAPLAN, 2017) demonstra sua versatilidade e relevância em diferentes contextos. Essa universalidade, apoiada por uma mentalidade colaborativa e experimental, faz do *Design Thinking* uma ferramenta vital para a inovação em todos os níveis organizacionais, inclusive para a integração de processos e equipamentos, facilitando a implantação de aspectos da Indústria 4.0 (MESA et al., 2022).

## 2.2. A QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

O conceito de Indústria 4.0 surgiu pela primeira vez na Alemanha durante a Feira de Hannover em 2011, um dos maiores eventos industriais do mundo, e ganhou robustez conceitual no relatório patrocinado pelo Ministério da Educação e Pesquisa da Alemanha: *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the future of German manufacturing industry; final report of the Industrie 4.0 Working Group* (KAGERMANN et al., 2013). Nascido em um contexto marcado por rápidas mudanças tecnológicas e crescente globalização, o termo foi cunhado para descrever a próxima fase na evolução da fabricação e da produção industrial. As três primeiras revoluções industriais surgiram como resultado da mecanização, eletricidade e evoluções tecnológicas relacionadas à tecnologia da informação e comunicações, robótica e automação de processos. Agora, a introdução da Internet das Coisas, onde sistemas ciber-físicos, Big Data, Inteligência Artificial e Serviços no ambiente de manufatura está dando início a uma quarta revolução industrial, também chamada neste artigo de Indústria 4.0. (KAGERMANN et al., 2013), entendida como uma transformação profunda na maneira como a indústria opera.

Não se trata apenas de tecnologia; é uma redefinição de como as organizações criam valor, interagem com seus clientes e competem em um mercado global. As fábricas inteligentes levam à possibilidade da customização em massa (PINE II, 1999), de modo que demandas individuais do cliente sejam atendidas e mesmo itens únicos podem ser fabricados de forma lucrativa. Essa flexibilidade na produção, a eficiência operacional e uma integração mais estreita entre os vários atores da cadeia industrial são apenas alguns dos benefícios potenciais que esse conceito oferece. Se por um lado a Indústria 4.0 é, em si mesma, uma inovação, representando uma reconfiguração radical dos processos industriais tradicionais, por outro lado, ela atua como catalisadora da inovação, proporcionando as ferramentas e o ambiente necessário para que organizações explorem novas ideias, produtos, serviços e modelos de negócios.

A inovação na Indústria 4.0 tem potencial para colocar o cliente no centro da estratégia industrial, permitindo uma maior personalização e resposta às necessidades do mercado. No entanto, as potencialidades da Indústria 4.0 também trazem consigo desafios

significativos na implementação. A complexidade da integração de novas tecnologias, a necessidade de novas habilidades e competências, e os altos custos iniciais são algumas das dificuldades que as empresas enfrentam. Além disso, a mudança para uma mentalidade mais colaborativa e orientada para o cliente pode ser um desafio cultural para muitas organizações. Há também uma ambivalência na promessa tecnológica. Por um lado, exibe o caráter de uma techno-utopia com sua generalização de longo alcance. Por outro lado, esse discurso tem provocado posições cada vez mais céticas e críticas, enfatizando os riscos sociais e as consequências sociais negativas (FOBEL; KUZIOR, 2019).

Apesar desses desafios, a Indústria 4.0 continua a ser uma força motriz para a inovação e a transformação industrial. Sua adoção bem-sucedida exige uma compreensão profunda de sua natureza e um compromisso com uma abordagem que integre tecnologia com visão estratégica e foco no cliente. É um conceito dinâmico, complexo e profundamente interligado com o futuro da inovação industrial global. A Indústria 4.0 não é apenas uma mudança tecnológica; é uma mudança paradigmática que redefine a forma como a inovação é percebida e executada, com potencial para moldar a próxima era da produção industrial.

Na marca de dez anos da introdução da Indústria 4.0, a Comissão Europeia anunciou a Indústria 5.0: enquanto a Indústria 4.0 é considerada orientada para a tecnologia, a Indústria 5.0 é orientada para o valor (EUROPEAN COMMISSION, 2021; XU et al., 2021). A Indústria 5.0 reconhece o poder da indústria para alcançar objetivos sociais, além de empregos e crescimento, para se tornar um provedor de prosperidade, fazendo com que a produção respeite os limites do planeta e colocando o bem-estar do trabalhador da indústria no centro do processo de produção. A Indústria 5.0 complementaria o paradigma existente da Indústria 4.0, ao fazer com que a pesquisa e a inovação impulsionem a transição para uma indústria sustentável, centrada no ser humano e resiliente (EUROPEAN COMMISSION, 2021).

No documento que estabelece os princípios da Indústria 4.0 (KAGERMANN et al., 2013), a palavra “inovação” (*innovation*) é citada 52 vezes. Este documento indica textualmente uma quase equivalência entre os termos “Indústria 4.0” e “Inovação”: “Embora os novos processos de fabricação e redes horizontais de negócios encontrados na Indústria 4.0 precisem cumprir a lei, a legislação existente também precisará ser adaptada para levar em conta as novas inovações” (KAGERMANN et al., 2013, p. 7). Em seguida, o documento apresenta sua visão de que a Indústria 4.0 é mais que tecnologia, é um processo de inovação complexo que envolve sociedade e tecnologia:

A implantação da Indústria 4.0 não apenas fortalecerá a posição competitiva da Alemanha, mas também impulsionará soluções para desafios globais (por exemplo, eficiência de recursos e energia) e desafios nacionais (por exemplo, gerenciamento de mudanças demográficas). No entanto, é crucial considerar as inovações tecnológicas dentro de seu contexto sociocultural, uma vez que as mudanças culturais e sociais também são grandes impulsionadores da inovação por si só. (KAGERMANN et al., 2013, p. 14) (tradução nossa)

Desta maneira, fica evidente a relação intrínseca entre os conceitos de Indústria 4.0 e Inovação, sendo impossível uma robusta compreensão da Indústria 4.0 sem envolver um profundo conhecimento dos aspectos ligado à inovação. É justamente neste contexto que surge a necessidade do *Design Thinking*. Este artigo tem como foco justamente a identificação de uma lacuna de pesquisa e de processos de gestão da Indústria 4.0 em relação os mecanismos de inovação que colocam o cliente como centro do processo de decisão, como o *Design Thinking*.

### 3. MÉTODOS DA PESQUISA

A pesquisa que dá origem a este artigo classifica-se como de natureza aplicada, com uma abordagem quantitativa, em relação descritiva aos seus objetivos, e, no que diz respeito ao seu delineamento, configura-se como uma pesquisa bibliográfica (GIL, 2008; DA SILVA; MENEZES, 2005).

A coleta de dados foi realizada na base de dados Web of Science, a qual apresenta grande cobertura de indexação de periódicos em diversas áreas do conhecimento. Nesta base, a busca foi realizada em 6 de agosto de 2023 com objetivo de identificar o panorama de publicações sobre os seguintes assuntos: (1) Indústria 4.0 – Pesquisou-se os termos "Industry 4.0" OR "Forth Industrial Revolution" em todos os campos lógicos disponíveis; (2) *Design Thinking* - Pesquisou-se os termos "Design Thinking" em todos os campos lógicos disponíveis; e (3) Interseção entre Indústria 4.0 e *Design Thinking* - Pesquisou-se os termos "Industry 4.0" OR "Forth Industrial Revolution" AND "Design Thinking" em todos os campos lógicos disponíveis.

Observa-se que os termos da pesquisa ("Industry 4.0", "Forth Industrial" e "Design Thinking") não ficaram restritos aos campos título, resumo e palavras-chaves, visando se expandir ao máximo a pesquisa exploratória para verificar, identificando o máximo de artigos possíveis neste momento. As buscas foram feitas sem qualquer recorte temporal.

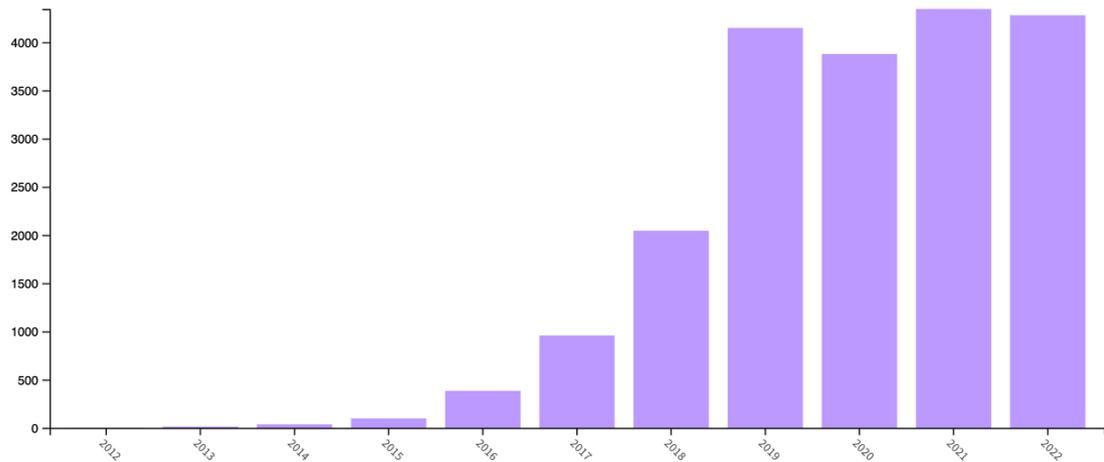
A partir dos resultados do item (3), referente à interseção entre Indústria 4.0 e *Design Thinking*, os trabalhos encontrados foram analisados, tendo sido coletados os dados bibliométricos relevantes para análise e, também, uma análise individualizada de cada um dos artigos a partir dos seus resumos, considerando três aspectos:

- 1) Tecnologia da Indústria 4.0 – Qual tecnologia referente a indústria 4.0 é referenciada no artigo.
- 2) Contexto de Aplicação da Indústria 4.0 – Como foi a aplicação desta tecnologia e do conceito da Indústria 4.0 no trabalho proposto.
- 3) Como foi o uso de Design Thinking – Como é usado o *Design Thinking* no trabalho proposto.

Além da busca no Web of Science e análise dos dados, também foi pesquisada a incidência de buscas pelos termos "Industry 4.0" e "Design Thinking" no Google Trends, para identificar se havia similaridade no interesse público sobre esses assuntos. Os dados provenientes do Google Trends foram normalizados e a eles aplicado um teste de correlação.

### 4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

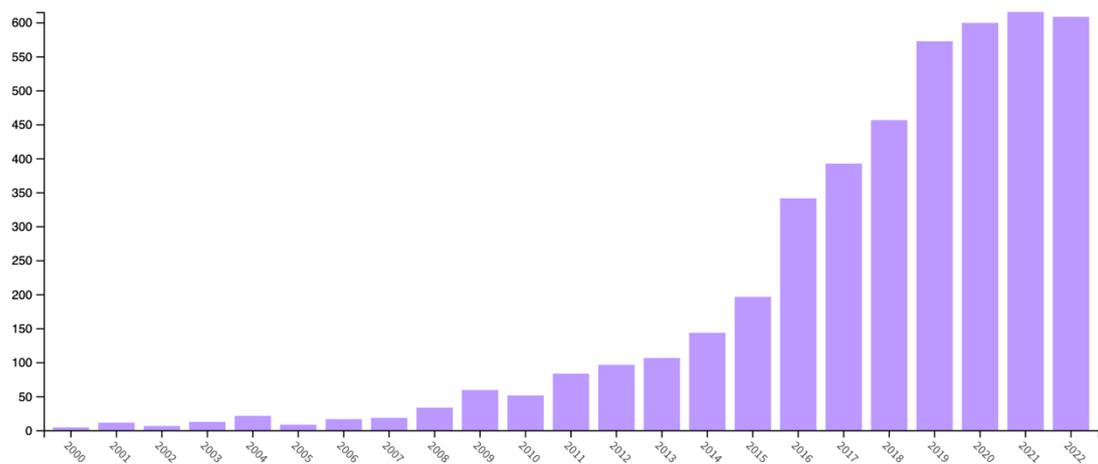
Primeiramente, para verificar a tendência de publicações sobre Indústria 4.0, distribuiu-se os registros ao longo dos anos encontrados. A visualização gráfica desta distribuição pode ser conferida na Figura 1. Foram encontradas 20.177 publicações na *Web of Science*.



**Figura 1:** Resultados para "Industry 4.0" or "Forth Industrial Revolution"  
**Fonte:** os autores

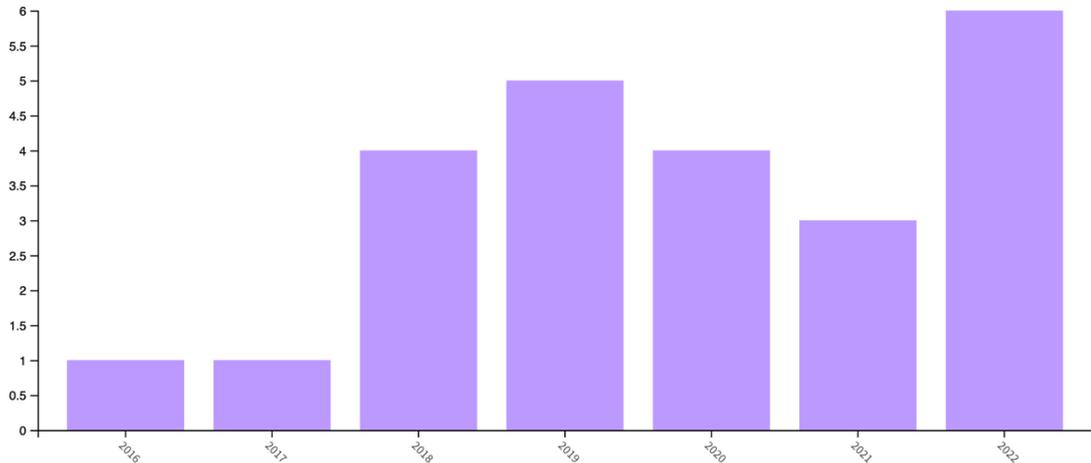
Os resultados indicam que o primeiro artigo a trazer um termo relativo à Indústria 4.0 apareceu em 2012 e que, desde então, houve um crescimento acelerado nos últimos dez anos, chegando a registrar o pico até o momento de elaboração do presente artigo, de 4.343 artigos publicados em 2021, sendo que em 2022 o número manteve aproximadamente constante, com 4.298 artigos publicados.

Quanto ao *Design Thinking*, foram encontrados 4.446 trabalhos na *Web of Science*, sendo o primeiro artigo a trazer o termo do ano 2000. Nota-se na Figura 2 que o número de publicações que trazem o termo *Design Thinking* começa a ganhar volume em torno dos anos de 2013 e 2014, a partir do qual o crescimento se acelera chegando à máxima de 615 publicações no ano de 2021 e mantendo-se aproximadamente estável 2022, com 608 trabalhos registrados.



**Figura 2:** Resultados para "Design Thinking"  
**Fonte:** os autores

Sobre o histórico de publicações que faziam alusão aos dois termos, Indústria 4.0 e *Design Thinking*, foram encontradas apenas 24 publicações que atendem ao critério definido (apresentar "Industry 4.0" OR "Forth Industrial Revolution" AND "Design Thinking" em qualquer um dos campos lógicos disponíveis no *Web of Science*). A visualização gráfica da distribuição ao longo do tempo das publicações que atendem este critério pode ser conferida na Figura 3.



**Figura 3:** Resultados para "Industry 4.0" or "Forth Industrial Revolution" AND "Design Thinking"

Fonte: os autores

Percebe-se que o volume de trabalhos é exíguo, mantendo-se entre três e seis trabalhos anuais desde 2018, sendo que antes disso, registrou-se tão-somente duas publicações: uma em 2016 e a outra em 2107, como pode ser visto na Figura 4. Este resultado evidencia uma lacuna na pesquisa que envolva a relação entre a Indústria 4.0 e o *Design Thinking*.

Exibindo  de 7 entradas

Selecionar todos <input type="checkbox"/>	Campo: Anos da publicação	Contagem do registro	% de 24
<input type="checkbox"/>	2022	6	25.000%
<input type="checkbox"/>	2021	3	12.500%
<input type="checkbox"/>	2020	4	16.667%
<input type="checkbox"/>	2019	5	20.833%
<input type="checkbox"/>	2018	4	16.667%
<input type="checkbox"/>	2017	1	4.167%
<input type="checkbox"/>	2016	1	4.167%

Tabela de dados de análise

Refinar a pesquisa levará você de volta aos resultados da pesquisa

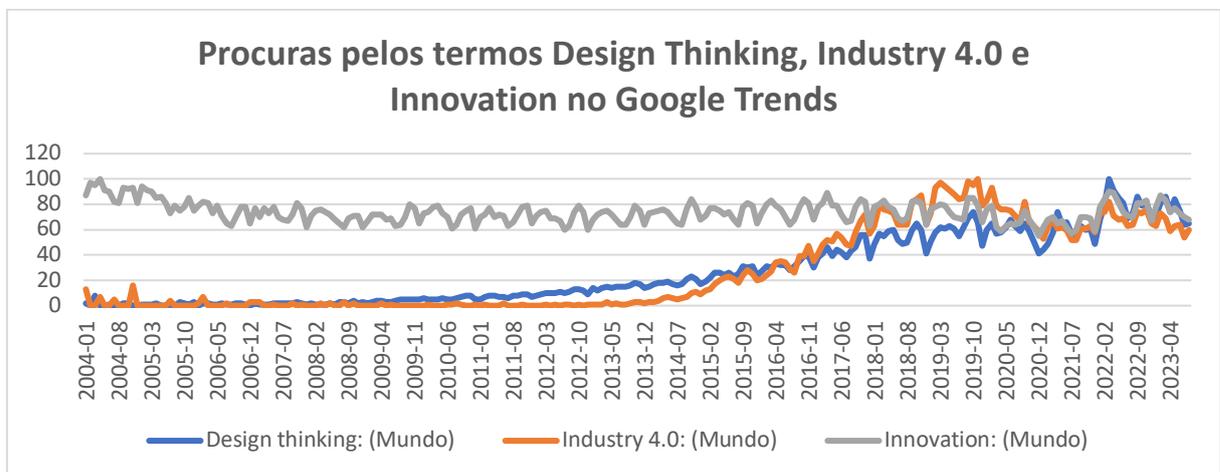
- Colunas de dados exibidas em tabela  
 Todas as linhas de dados (até 100.000)

**Figura 4:** Número de trabalhos que relacionam Indústria 4.0 e *Design Thinking*

Fonte: os autores

A análise dos 24 trabalhos encontrados mostrou que apenas 12 (doze) são de revistas científicas, sendo os demais trabalhos oriundos de congressos e conferências, como pode ser visto no Apêndice I, o qual apresenta as informações bibliográficas dos trabalhos em questão. Na análise individualizada dos resumos dos mesmos, considerando os aspectos citados na seção anterior, i.e., (1) Tecnologia da Indústria 4.0; (2) Contexto de Aplicação da Indústria 4.0; e (3) Como foi o uso de *Design Thinking*, constatou-se que quatro trabalhos não apresentavam qualquer tecnologia de Indústria 4.0 de modo explícito em seu conteúdo, apenas citando genericamente o termo, estando caracterizados como N/A no Apêndice II.

Além disso, percebe-se na Figura 5 que a pesquisa no Google Trends pelos termos relacionados aos três conceitos aqui abordados (Industry 4.0, Design Thinking e Innovation) apresenta um resultado que sugere que, quando há o aumento de interesse pelo termo Indústria 4.0, esse aumento também é percebido pelo aumento de buscas por *Design Thinking*, sugerindo que o contexto induz à necessidade de se conhecer um dos assuntos, também afeta o outro.



**Figura 5:** Procura pelos termos Industry 4.0, Design Thinking e Innovation no Google Trends (2004 a 2023)

Fonte: os autores

A análise do coeficiente de correlação ( $r$ ) entre *Industry 4.0* e *Design Thinking*, utilizando os dados normalizados oriundos do *Google Trends*, disponíveis no **APÊNDICE III**, resulta que existe uma correlação entre as duas sequências numéricas, com o valor de  $r$  igual a 0,94. A interpretação deste resultado é que existe uma associação linear positiva entre as duas variáveis, ou seja, além de graficamente a Figura 5 sugerir a existência de uma correlação entre a incidência de buscas pelos termos Indústria 4.0 e *Design Thinking*, estatisticamente podemos chegar à mesma conclusão.

Desta forma, de posse dessas informações, infere-se:

- 1) Uma lacuna na pesquisa relacionando Indústria 4.0 e *Design Thinking*,
- 2) Uma evidente aproximação conceitual entre os dois termos provenientes do contexto de inovação;
- 3) Uma correlação estabelecida entre a incidência de busca dos dois termos (Indústria 4.0 e *Design Thinking*)

## 5. POR QUE A IDENTIFICAÇÃO DESSA LACUNA É IMPORTANTE?

Como apresentado por inúmeros autores, o *Design Thinking* está intimamente ligado aos processos de inovação, sendo uma ferramenta presente em diferentes *frameworks* de inovação (BROWN, 2009; ROBERTS et al., 2016; ÇEVIKER-ÇINAR; MURA; DEMIRBAĞ-KAPLAN, 2017; DUFFY; BRUCE; MOROKO, 2020; MAGISTRETTI et al., 2022).

Desta forma seria intuitivo supor que as iniciativas de Indústria 4.0 estivessem relacionadas a abordagens de *Design Thinking*. Porém, tendo por base as pesquisas acadêmicas, não é isso que se percebe. Assim sendo, mostra-se relevante estabelecer um estudo aprofundado de como os conceitos de Indústria 4.0 podem se beneficiar da abordagem de *Design Thinking*. Essa abordagem abre caminhos para novas formas de pensar, solucionar problemas complexos e abordar os desafios e oportunidades emergentes na paisagem tecnológica e organizacional contemporânea. Com sua ênfase na colaboração, inovação e empatia, o *Design Thinking* se apresenta como uma pedra angular para a criatividade e inovação sustentável em um mundo em constante mudança, permitindo para a Indústria 4.0 se desenvolva sob uma ótica focada à criação de valor para os clientes e para a sociedade no geral, caminhando assim para o que a União Europeia (2021) chamou de Indústria 5.0.

## 6. REFERÊNCIAS

**BROWN, T.** Change by Design: How Design Thinking Transforms Organizations and Inspires Innovation. [s.l.] Harper Business, 2009.

**ÇEVIKER-ÇINAR, G.; MURA, G. & DEMIRBAĞ-KAPLAN, M.** Design Thinking: A New Road Map In Business Education. *The Design Journal*, v. 20, n. sup1, p. S977–S987, 28 jul. 2017.

**DA SILVA, E. L. & MENEZES, E. M.** Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. UFSC, Florianópolis, 4a. edição, v. 123, 2005.

**DUFFY, S.; BRUCE, K. & MOROKO, L.** Customer Orientation: Its Surprising Origins, Tumultuous Development and Place in the Future of Marketing thought and Practice. *Australasian Marketing Journal*, v. 28, n. 4, p. 181–188, 27 nov. 2020.

**EUROPEAN COMMISSION, DIRECTORATE-GENERAL FOR RESEARCH AND INNOVATION**, Breque, M., De Nul, L., Petridis, A., *Industry 5.0 : towards a sustainable, human-centric and resilient European industry*, Publications Office of the European Union, 2021. Disponível em <<https://data.europa.eu/doi/10.2777/308407>>. Acesso em 06 ago 2023.

**FOBEL, P. & KUZIOR, A.** The future (Industry 4.0) is closer than we think. Will it also be ethical? 2019Disponível em: <<https://pubs.aip.org/aip/acp/article/667307>>

**GIL, A. C.** Métodos e técnicas de pesquisa social. [s.l.] 6. ed. Editora Atlas SA, 2008.

**KAGERMANN, H. et al.** Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the future of German manufacturing industry; final report of the Industrie 4.0 Working Group. [s.l.] Forschungsunion, 2013.

**KELLEY, T.** The art of innovation: Lessons in creativity from IDEO, America's leading design firm. [s.l.: s.n.].

**MAGISTRETTI, S. et al.** Framing the multifaceted nature of design thinking in addressing different innovation purposes. *Long Range Planning*, v. 55, n. 5, p. 102163, out. 2022.

**MESA, D. et al.** Implementing a Design Thinking Approach to De-Risk the Digitalisation of Manufacturing SMEs. *Sustainability*, v. 14, n. 21, p. 14358, 2 nov. 2022.



**PINE II, J.** Mass Customization: The New Frontier in Business Competition. Ontario: McGraw-Hill Ryerson Agency, 1999.

**ROBERTS, J. P. et al.** A design thinking framework for healthcare management and innovation. *Healthcare*, v. 4, n. 1, p. 11–14, mar. 2016.

**XU, X. et al.** Industry 4.0 and Industry 5.0—Inception, conception and perception. *Journal of Manufacturing Systems*, v. 61, p. 530–535, out. 2021.

## APÊNDICE I - Relação dos 24 artigos listados pelo *Web of Science* com as respectivas autorias e dados bibliométricos. (organizados por número de citações)

#	Autores	Artigo	Origem	Tipo	Número de Citações	Data da publicação
1	Caputo, F; Greco, A; D'Amato, E; Notaro, I; Spada, S	On the use of Virtual Reality for a human-centered workplace design	AIAS2017 - 46TH CONFERENCE ON STRESS ANALYSIS AND MECHANICAL ENGINEERING DESIGN	Proceedings Paper	28	2018
2	Liu, A; Lu, SCY	A crowdsourcing design framework for concept generation	CIRP ANNALS-MANUFACTURING TECHNOLOGY	Article	22	2016
3	Vrana, J; Singh, R	NDE 4.0-A Design Thinking Perspective	JOURNAL OF NONDESTRUCTIVE EVALUATION	Article	17	2021
4	Kolsch, P; Herder, CF; Zimmermann, V; Aurich, JC	A novel concept for the development of availability-oriented business models	9TH CIRP INDUSTRIAL PRODUCT/SERVICE-SYSTEMS (IPSS) CONFERENCE: CIRCULAR PERSPECTIVES ON PRODUCT/SERVICE-SYSTEMS	Proceedings Paper	14	2017
5	Vrana, J	The Core of the Fourth Revolutions: Industrial Internet of Things, Digital Twin, and Cyber-Physical Loops	JOURNAL OF NONDESTRUCTIVE EVALUATION	Article	12	2021
6	Barbosa, AMC; Saisse, MCP	HYBRID PROJECT MANAGEMENT FOR SOCIOTECHNICAL DIGITAL TRANSFORMATION CONTEXT	BRAZILIAN JOURNAL OF OPERATIONS & PRODUCTION MANAGEMENT	Article	12	2019
7	Bartoloni, S; Calo, E; Marinelli, L; Pascucci, F; Dezi, L; Carayannis, E; Revel, GM; Gregori, GL	Towards designing society 5.0 solutions: The new Quintuple Helix - Design Thinking approach to technology	TECHNOVATION	Article	9	2022
8	Bauer, W; Pokorni, B; Findeisen, S	Production Assessment 4.0-Methods for the Development and Evaluation of Industry 4.0 Use Cases	ADVANCES IN MANUFACTURING, PRODUCTION MANAGEMENT AND PROCESS CONTROL	Proceedings Paper	9	2019
9	Jagannathan, S; Ra, S; Maclean, R	Dominant recent trends impacting on jobs and labor markets-An Overview	INTERNATIONAL JOURNAL OF TRAINING RESEARCH	Article	8	2019
10	de Paula, D; Marx, C; Wolf, E; Dremel, C; Cormican, K; Uebernickel, F	A managerial mental model to drive innovation in the context of digital transformation	INDUSTRY AND INNOVATION	Article	6	2023
11	Cappelletti, F; Rossi, M; Germani, M	How de-manufacturing supports circular economy linking design and EoL- a literature review	JOURNAL OF MANUFACTURING SYSTEMS	Review	6	2022
12	Pfeiffer, S; Lee, H; Held, M	Doing Industry 4.0 - participatory design on the shop floor in the view of engineering employees	CUADERNOS DE RELACIONES LABORALES	Article	5	2019
13	Mesa, D; Renda, G; Gorkin, R; Kuys, B; Cook, SM	Implementing a Design Thinking Approach to De-Risk the Digitalisation of Manufacturing SMEs	SUSTAINABILITY	Article	3	2022
14	Masuda, Y; Zimmermann, A; Shepard, DS; Schmidt, R; Shirasaka, S	An Adaptive Enterprise Architecture Design for a Digital Healthcare Platform Toward Digitized Society - Industry 4.0, Society 5.0	2021 IEEE 25TH INTERNATIONAL ENTERPRISE DISTRIBUTED OBJECT COMPUTING CONFERENCE WORKSHOPS (EDOCW 2021)	Proceedings Paper	3	2021
15	Sarangi, S; Jain, P; Bhatt, P; Choudhury, SB; Pal, M; Kallamkuth, S; Pappula, S; Boraht, K	Effective Plantation Management with Crowd-sensing and Data-driven Insights: A Case Study on Tea	2020 IEEE GLOBAL HUMANITARIAN TECHNOLOGY CONFERENCE (GHTC)	Proceedings Paper	3	2020
16	Kumar, S	Innovation of Products, Services and Business processes in ASEAN through Design Thinking	ADVANCES IN CIVIL ENGINEERING AND SCIENCE TECHNOLOGY	Proceedings Paper	2	2018
17	Muraier, N	Design Thinking: Using Photo Prototyping for a user-centered Interface Design for Pick-by-Vision Systems	11TH ACM INTERNATIONAL CONFERENCE ON PERVASIVE TECHNOLOGIES RELATED TO ASSISTIVE ENVIRONMENTS (PETRA 2018)	Proceedings Paper	2	2018
18	Satpathy, S; Dash, KK; Mohapatra, M	A Study on the New Design Thinking for Industrial Revolution 4.0, Requirements and Graduate Readiness	RUPKATHA JOURNAL ON INTERDISCIPLINARY STUDIES IN HUMANITIES	Article	1	2020
19	Aston, J; Freire, RP	The Car as a Transformer	INTELLIGENT HUMAN SYSTEMS INTEGRATION 2020	Proceedings Paper	1	2020
20	Burreli, G; Ermini, S; Bernabini, D; Lorusso, M; Gelli, F; Frustace, D; Rizzo, A	Smart Retrofitting by Design Thinking Applied to an Industry 4.0 Migration Process in a Steel Mill Plant	2020 9TH MEDITERRANEAN CONFERENCE ON EMBEDDED COMPUTING (MECO)	Proceedings Paper	1	2020
21	Sanchez, RV; Siguencia, JF; Villacis, M; Cabrera, D; Cerrada, M; Heredia, F	Combining Design Thinking and Agile to Implement Condition Monitoring System: A Case Study on Paper Press Bearings	IFAC PAPERSONLINE	Proceedings Paper	0	2022
22	Labanava, A; Dreyling, RM; Mortati, M; Liiv, I; Pappel, I	Capacity Building in Government: Towards Developing a Standard for a Functional Specialist in AI for Public Services	FUTURE DATA AND SECURITY ENGINEERING. BIG DATA, SECURITY AND PRIVACY, SMART CITY AND INDUSTRY 4.0 APPLICATIONS, FDSE 2022	Proceedings Paper	0	2022
23	Di Prete, B; Rebaglio, A; Crippa, D; Lonardo, E	LAMP&D: A DESIGN DRIVEN PROCESS FOR A COLLABORATIVE AND PLAYFUL LEARNING EXPERIMENT IN THE MIDDLE SCHOOL	12TH INTERNATIONAL CONFERENCE OF EDUCATION, RESEARCH AND INNOVATION (ICERI2019)	Proceedings Paper	0	2019
24	Sedlar, U; Kos, A; Pustisek, M; Bester, J; Pogacnik, M; Mali, L; Stojmenova Duh, E	Tackling the Challenges of ICT Innovation and Talents for Industry 4.0	IPSI BGD TRANSACTIONS ON INTERNET RESEARCH	Article	0	2018

## APÊNDICE II - Relação dos 24 artigos listados pelo *Web of Science* com as respectivas tecnologias de Indústria 4.0 e Design Thinking.

#	Nome do Artigo	Tecnologia da Indústria 4.0	Contexto de Aplicação da Indústria 4.0	Uso de Design Thinking
1	On the use of Virtual Reality for a human-centered workplace design	Realidade Virtual	Design e otimização de linhas de montagem automotivas	Integração com engenharia e métodos executivos para design centrado no humano
2	A crowdsourcing design framework for concept generation	N/A	A indústria 4.0 foi apenas citada como exemplo e contexto do artigo. Sem aprofundar.	Usado para abstrair inteligência de design a partir de avaliações de clientes
3	NDE 4.0-A Design Thinking Perspective	Sensores Inteligentes, CPS	Controle de qualidade e garantia de segurança em fabricação	Abordagem de design thinking para definir objetivos e esclarecer propósito
4	A novel concept for the development of availability-oriented business models	N/A	Desenvolvimento de modelos de negócios orientados à disponibilidade	Métodos de design thinking, incluindo análise de persona, mapeamento de rede de valor, etc.
5	The Core of the Fourth Revolutions: Industrial Internet of Things, Digital Twin, and Cyber-Physical Loops	IIoT, Gêmeos Digitais, CPS	Melhoria da eficiência na fabricação, design, logística, etc.	N/A (O foco está na tecnologia em si)
6	HYBRID PROJECT MANAGEMENT FOR SOCIOTECHNICAL DIGITAL TRANSFORMATION CONTEXT	Computação em Nuvem, IIoT	Implementação de Transformação Digital em Indústrias Discretas	Modelo híbrido "Stage-Gate - Agile - Design Thinking" para suportar a transformação digital
7	Towards designing society 5.0 solutions: The new Quintuple Helix - Design Thinking approach to technology	IIoT, Integração de Tecnologias da Indústria 4.0	Soluções centradas no ser humano para desafios sociais, como saúde	Aplicação de Design Thinking ao modelo Quintuple Helix para integrar tecnologia na sociedade
8	Production Assessment 4.0-Methods for the Development and Evaluation of Industry 4.0 Use Cases	N/A	Desenvolvimento e avaliação de casos de uso na produção industrial	Utilização do método Design Thinking com foco no papel humano no processo de design de casos de uso
9	Dominant recent trends impacting on jobs and labor markets-An Overview	Inteligência Artificial	Mercado de trabalho global	Reimaginação do desenvolvimento de habilidades e treinamento
10	A managerial mental model to drive innovation in the context of digital transformation	Big Data e Análise de Dados, Computação em Nuvem	Inovação nos negócios	Identificar e priorizar estratégias comportamentais para o pensamento de design
11	How de-manufacturing supports circular economy linking design and EoL- a literature review	Robótica Avançada, Impressão 3D	Economia Circular	Abordagem do pensamento de design ao longo do Ciclo de Vida do Produto
12	Doing Industry 4.0 - participatory design on the shop floor in the view of engineering employees	Sistemas Ciber-Físicos, Sensores Inteligentes	Planta automotiva	Investigação da participação dos trabalhadores na implementação da Indústria 4.0
13	Implementing a Design Thinking Approach to De-Risk the Digitalisation of Manufacturing SMEs	Computação em Nuvem, IIoT	Fabricação em PMEs	Utilização de design thinking para selecionar e implementar tecnologias
14	An Adaptive Enterprise Architecture Design for a Digital Healthcare Platform Toward Digitized Society - Industry 4.0, Society 5.0	Digitalização, IIoT, IA	Saúde Digital	Utilização de design thinking e metodologias ágeis para superar limitações
15	Effective Plantation Management with Crowd-sensing and Data-driven Insights: A Case Study on Tea	IIoT, IA, Sensores Inteligentes	Gestão de plantações	Aplicação de conceitos de design thinking para desenvolver interfaces amigáveis
16	Innovation of Products, Services and Business processes in ASEAN through Design Thinking	Realidade Aumentada, Impressão 3D	Inovação em ASEAN	Utilização do design thinking para melhorar o design de produtos, serviços e processos de negócios
17	Design Thinking: Using Photo Prototyping for Pick-by-Vision Systems	Realidade Aumentada	Interface de design para sistemas Pick-by-Vision na indústria automotiva	Desenvolvimento de Photo Prototyping para AR
18	A Study on the New Design Thinking for Industrial Revolution 4.0, Requirements and Graduate Readiness	Inteligência Artificial	Prontidão de graduados para a Revolução Industrial 4.0	Análise da prontidão de graduados e requisitos da indústria
19	The Car as a Transformer	Robótica Avançada	Design de veículos e inovação tecnológica na indústria automotiva	Atividades criativas para estimular o processo de design
20	Smart Retrofitting by Design Thinking Applied to an Industry 4.0 Migration Process in a Steel Mill Plant	IIoT, Big Data, Sensores Inteligentes	Transição para a Indústria 4.0 em uma planta siderúrgica	Metodologia de retrofitting baseada em Design Thinking
21	Combining Design Thinking and Agile to Implement Condition Monitoring System: A Case Study on Paper Press Bearings	Sensores Inteligentes	Implementação de um sistema de detecção de falhas em mancais de prensa	Combinação de metodologias ágeis e Design Thinking
22	Capacity Building in Government: Towards Developing a Standard for a Functional Specialist in AI for Public Services	Inteligência Artificial	Desenvolvimento de capacidades e treinamento em IA para o setor público	Pesquisa preliminar sobre competências necessárias
23	LAMP&D: A DESIGN DRIVEN PROCESS FOR A COLLABORATIVE AND PLAYFUL LEARNING EXPERIMENT IN THE MIDDLE SCHOOL	Impressão 3D	Aprendizagem colaborativa e lúdica na escola média, envolvendo prototipagem digital	Método de ensino orientado ao design
24	Tackling the Challenges of ICT Innovation and Talents for Industry 4.0	N/A	Inovação, pesquisa e desenvolvimento em TIC no contexto da Indústria 4.0	Pensamento de design orientado à solução e prototipagem

N/A – Indica que o referido trabalho não apresenta uma tecnologia de Indústria 4.0 de modo explícito em seu conteúdo, apenas citando genericamente um dos termos de entrada ("*Industry 4.0*" or "*Forth Industrial Revolution*"). Em uma análise futura mais criteriosa esse artigo possivelmente será descartado.

### APÊNDICE III – Dados provenientes do *Google Trends* utilizados para calcular o índice de Correlação.

Ano-mês	Incidência de procura (Dados Normalizados)			Ano-mês	Incidência de procura (Dados Normalizados)			Ano-mês	Incidência de procura (Dados Normalizados)		
	Design thinking: (Mundo)	Industry 4.0: (Mundo)	Innovation: (Mundo)		Design thinking: (Mundo)	Industry 4.0: (Mundo)	Innovation: (Mundo)		Design thinking: (Mundo)	Industry 4.0: (Mundo)	Innovation: (Mundo)
2004-01	2	13	87	2011-01	5	0	70	2018-01	48	63	78
2004-02	0	0	97	2011-02	7	1	72	2018-02	57	79	80
2004-03	8	0	95	2011-03	8	0	77	2018-03	55	76	83
2004-04	0	7	100	2011-04	8	0	70	2018-04	59	75	78
2004-05	0	0	91	2011-05	7	0	72	2018-05	60	73	76
2004-06	1	0	90	2011-06	7	2	71	2018-06	52	64	69
2004-07	0	5	82	2011-07	6	0	63	2018-07	49	64	67
2004-08	0	0	81	2011-08	8	0	66	2018-08	50	64	69
2004-09	2	0	93	2011-09	8	0	72	2018-09	60	82	82
2004-10	2	0	92	2011-10	9	1	78	2018-10	65	84	83
2004-11	0	16	93	2011-11	9	0	79	2018-11	60	87	81
2004-12	0	0	81	2011-12	7	0	65	2018-12	41	64	64
2005-01	1	0	94	2012-01	8	0	71	2019-01	51	73	76
2005-02	1	0	91	2012-02	9	0	74	2019-02	58	93	78
2005-03	1	0	90	2012-03	10	1	75	2019-03	62	97	80
2005-04	2	0	85	2012-04	10	0	69	2019-04	61	94	79
2005-05	0	0	86	2012-05	10	1	69	2019-05	63	91	74
2005-06	0	0	81	2012-06	11	0	67	2019-06	61	88	70
2005-07	1	4	73	2012-07	10	1	60	2019-07	55	84	69
2005-08	0	0	79	2012-08	11	1	63	2019-08	62	85	68
2005-09	3	0	75	2012-09	13	0	74	2019-09	69	98	85
2005-10	2	0	78	2012-10	13	1	79	2019-10	74	95	85
2005-11	1	0	85	2012-11	12	0	74	2019-11	66	100	79
2005-12	3	0	75	2012-12	9	1	60	2019-12	47	79	66
2006-01	0	2	79	2013-01	14	1	68	2020-01	60	83	76
2006-02	2	7	82	2013-02	12	1	72	2020-02	65	93	79
2006-03	2	0	81	2013-03	14	1	74	2020-03	57	79	62
2006-04	1	0	73	2013-04	15	3	75	2020-04	58	76	59
2006-05	1	0	79	2013-05	14	1	72	2020-05	62	76	63
2006-06	2	0	71	2013-06	15	2	68	2020-06	68	75	65
2006-07	1	2	65	2013-07	15	1	64	2020-07	63	71	64
2006-08	1	0	63	2013-08	15	1	64	2020-08	59	67	66
2006-09	2	0	70	2013-09	16	2	70	2020-09	65	82	75
2006-10	2	0	78	2013-10	18	3	79	2020-10	59	66	68
2006-11	1	0	78	2013-11	17	3	75	2020-11	51	63	63
2006-12	0	3	65	2013-12	14	2	64	2020-12	41	59	55
2007-01	2	3	77	2014-01	15	3	73	2021-01	44	53	62
2007-02	1	3	70	2014-02	17	3	74	2021-02	49	62	68
2007-03	1	0	77	2014-03	18	4	75	2021-03	58	68	70
2007-04	1	0	73	2014-04	18	6	76	2021-04	74	61	65
2007-05	2	1	78	2014-05	19	7	74	2021-05	64	62	67
2007-06	2	0	70	2014-06	17	6	69	2021-06	66	60	62
2007-07	2	0	68	2014-07	16	5	65	2021-07	57	52	57
2007-08	2	0	67	2014-08	17	6	64	2021-08	53	52	60
2007-09	2	2	72	2014-09	21	7	77	2021-09	63	61	70
2007-10	3	0	81	2014-10	23	10	84	2021-10	60	61	70
2007-11	2	1	77	2014-11	21	11	78	2021-11	61	63	69
2007-12	1	0	62	2014-12	17	9	68	2021-12	49	58	59
2008-01	2	0	71	2015-01	19	12	71	2022-01	68	73	78
2008-02	1	0	75	2015-02	22	13	77	2022-02	80	74	84
2008-03	1	2	76	2015-03	26	17	77	2022-03	100	82	90
2008-04	1	0	74	2015-04	26	20	75	2022-04	91	71	89
2008-05	2	2	72	2015-05	24	22	72	2022-05	85	68	81
2008-06	1	0	68	2015-06	26	23	74	2022-06	81	69	74
2008-07	3	0	65	2015-07	23	21	68	2022-07	69	63	71
2008-08	3	3	62	2015-08	25	18	64	2022-08	73	64	70
2008-09	2	0	69	2015-09	31	24	78	2022-09	86	74	81
2008-10	4	2	71	2015-10	30	28	81	2022-10	79	73	81
2008-11	2	0	71	2015-11	31	25	79	2022-11	82	76	83
2008-12	3	0	62	2015-12	24	20	65	2022-12	69	65	67
2009-01	2	0	67	2016-01	27	21	73	2023-01	71	63	78
2009-02	3	0	72	2016-02	31	24	80	2023-02	81	73	87
2009-03	4	0	72	2016-03	30	27	83	2023-03	86	69	83
2009-04	4	2	72	2016-04	33	34	79	2023-04	74	59	74
2009-05	3	0	68	2016-05	32	35	76	2023-05	84	63	77
2009-06	3	1	69	2016-06	32	34	70	2023-06	75	64	73
2009-07	4	0	63	2016-07	28	29	64	2023-07	64	54	70
2009-08	5	0	64	2016-08	31	26	68	2023-08	65	60	68
2009-09	5	0	70	2016-09	35	39	78				
2009-10	5	0	80	2016-10	39	39	84				
2009-11	5	0	77	2016-11	39	47	81				
2009-12	5	0	65	2016-12	30	35	68				
2010-01	6	0	73	2017-01	38	41	78				
2010-02	5	1	74	2017-02	41	48	81				
2010-03	5	0	78	2017-03	46	52	89				
2010-04	5	0	79	2017-04	39	51	79				
2010-05	6	0	73	2017-05	44	57	79				
2010-06	5	1	70	2017-06	42	54	72				
2010-07	5	1	61	2017-07	38	48	66				
2010-08	6	2	64	2017-08	43	47	67				
2010-09	7	1	72	2017-09	46	58	78				
2010-10	8	0	75	2017-10	56	67	84				
2010-11	8	0	77	2017-11	56	72	82				
2010-12	5	1	61	2017-12	37	57	63				