

## INSTRUMENTOS PARA ANÁLISE FÍSICA OU QUÍMICA: CENÁRIO DE INSERÇÃO NA INDÚSTRIA 4.0

**Luma Isadora Henrique de Araújo; Hélio Arruda Câmara Neto; Hernandes Luiz da Silva Rodrigues; Alissa Gabriela Barbosa de Melo; Zulmara Virgínia de Carvalho**

*Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, Brasil  
(luma.araujo.715@ufrn.edu.br)*

**Resumo:** Este artigo objetiva analisar a inserção das soluções de instrumentos para análise física ou química na Indústria 4.0. Para alcançar esse objetivo, foram examinados dados como o número de patentes em âmbito global, as aplicações dessas soluções, a evolução temporal da tecnologia, os principais requerentes e inventores, e a dinâmica desses instrumentos no território brasileiro. A partir disso foram obtidos como resultados: A patente G01N21, relacionada à investigação ou análise de materiais pelo uso de meios ópticos, foi a mais aplicada; A Nanotecnologia, a Inteligência Artificial e os Robôs Autônomos destacaram-se entre as tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0; Houve um crescimento na área até o ano de 2018, seguido de uma queda entre 2019 e 2022; Os Estados Unidos lideraram em soluções patenteadas, seguidos pela China e Japão; Os principais inventores foram Holmes Elizabeth A. e Cella Charles Howard, com números semelhantes de patentes; As empresas Zymogenetics Inc. e DuPont foram os principais requerentes de patentes; A pesquisa também analisou a atuação dos líderes em patentes no mercado brasileiro, observando um número favorável de patentes, mas poucos contratos de transferência tecnológica depositados no Brasil. Em resumo, este artigo oferece uma visão abrangente do nível de inserção das soluções de instrumentos para análise física ou química no contexto da Indústria 4.0 e pode ser usado como base para estudos futuros sobre o tema.

**Palavras-chave:** Ferramentas de análise; Nanotecnologia; Tecnologia habilitadoras 4.0; Patentes; Biotecnologia

### INTRODUÇÃO

A transformação digital tem se mostrado uma macrotendência dominante na atualidade, impulsionada pela chamada Indústria 4.0 (Vogel-Heuser; Hess, 2016). Esse fenômeno tem impactado significativamente todos os setores da economia, redefinindo processos, modelos de negócio e interações entre empresas e consumidores. No âmbito dessa transformação, as tecnologias habilitadoras 4.0 desempenham um papel fundamental, proporcionando avanços inovadores e disruptivos em diversas áreas.

Nesse contexto, o presente estudo concentra-se na discussão do cenário dos instrumentos para análise física ou química, os quais desempenham um papel crucial na economia. Esses instrumentos têm a capacidade de fornecer informações valiosas por meio de análises precisas e detalhadas, contribuindo para o desenvolvimento de produtos de alta qualidade, monitoramento de processos industriais e avanços científicos. Um exemplo que ressalta a importância da medição precisa é o relatado na notícia escrita por Fiona Govan para o jornal britânico, The Telegraph

(2013), em que um erro milimétrico no processo de desenvolvimento resultou em um custo de milhões de euros para o governo espanhol, evidenciando assim o papel crucial que medições precisas têm no sucesso do desenvolvimento tecnológico.

Além disso, é importante destacar a conexão entre o cenário dos instrumentos para análise física ou química e a Quarta Revolução Industrial. Nesse sentido, podemos abordar essa relação à luz da perspectiva de mudança profunda apresentada por Klaus Schwab, fundador do Fórum Econômico Mundial. As tecnologias emergentes, como a Inteligência Artificial, a Internet das Coisas, a Robótica Avançada e a Nanotecnologia, são pilares fundamentais da transformação digital (Schwab, 2016). Essas tecnologias habilitadoras 4.0 estão diretamente relacionadas ao objeto de análise deste estudo, uma vez que os instrumentos para análise física ou química são potencializados por esses avanços tecnológicos.

Diante desse contexto, os objetivos desta pesquisa são compreender as aplicações dos instrumentos para

análise física ou química, analisar as tendências temporais relacionadas a esses instrumentos, investigar o cenário mundial em que se inserem e examinar especificamente o panorama no Brasil. Através desses objetivos, busca-se obter uma visão abrangente desse campo, contribuindo para o conhecimento e o avanço das tecnologias habilitadoras 4.0 no contexto da transformação digital.

### MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia adotada foi a de recolhimento de dados extraídos de planilhas disponibilizadas pelo docente. Esses dados foram retirados do site Espacenet, um repositório virtual de patentes. A coleta de dados foi feita no dia 05/05/2023, posteriormente, o tratamento de dados foi realizado entre os dias 06/05/2023 e 07/05/2023.

Na seção Perspectivas de Instrumentos Para Análise Física ou Química no território brasileiro, foi utilizado o site INPI (Instituto Nacional da Propriedade Intelectual) para consultar o número de patentes e dados nacionais relacionados com contratos tecnológicos, utilizando palavras-chaves para realizar a busca.

Com esses dados, foram construídos gráficos para analisar como o objeto de pesquisa está inserido no paradigma das Tecnologias Habilitadoras 4.0, como é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Termos de busca utilizados na Prospecção Tecnológica no Espacenet

Fonte: Elaboração dos Autores (2023).

Objeto de Análise	Tecnologias Habilitadoras 4.0
((instrument OR instruments) AND ("physical analysis" OR ("chemical analysis")))	[1] -
	[2] "Big Data"
	[3] ("Augmented Reality" OR Metaverse OR "Virtual Reality")
	[4] ("3D Printing" OR "Additive Manufacturing")
	[5] "Cloud Computing"
	[6] (Robotic OR Robot)
	[7] ("Simulation" OR "Artificial Intelligence" OR "Machine Learning" OR "Cognitive Computing")
	[8] ("Internet of Things" OR "IoT" OR "RFID" OR "Smart Sensor" OR "Machine to Machine")
	[9] ("Cybersecurity" OR "Computer security" OR "Information Technology Security")
	[10] "System Integration"
	[11] (fullerene OR nanotubes OR graphene OR nanocomposite OR nanoparticles OR nanoparticulated OR nanotechnology OR nanostructured OR nanomaterials OR nanostructures)

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

A utilização de instrumentos para análise física ou química está presente na sociedade a muito tempo, desempenhando um papel crucial na pesquisa científica, nas indústrias e em várias outras áreas. O microscópio, um dos instrumentos mais antigos e amplamente utilizado em áreas relacionadas a física e a biologia, é um exemplo de instrumento para análise física ou química que trouxe diversos avanços para a ciência.

Após análises e pesquisas realizadas, percebeu-se que com a emergência da indústria 4.0, os setores físico e químico encontraram formas de se beneficiar dos avanços tecnológicos.

Neste artigo, será apresentado como esses setores conseguiram se enquadrar ao paradigma da indústria 4.0, dividido nas seguintes seções: Inserção 4.0, Principais Aplicações, Evolução Temporal, Principais Territórios de Proteção, Principais Requerentes, Principais Nacionalidade dos Requerentes e Perspectivas de Instrumentos Para Análise Física ou Química no território brasileiro.

#### Inserção 4.0

Inicialmente, analisou-se o número de patentes do objeto de análise por tecnologias habilitadoras 4.0, constando quais tecnologias estão sendo mais utilizadas nos setores físico e químico.

Por meio de análise, notou-se que as principais patentes relacionadas ao tema são: Nanotecnologia; Inteligência Artificial (IA); Robôs Autônomos, como é apresentado no Gráfico 1.

Número de Patentes versus Tecnologias habilitadoras 4.0

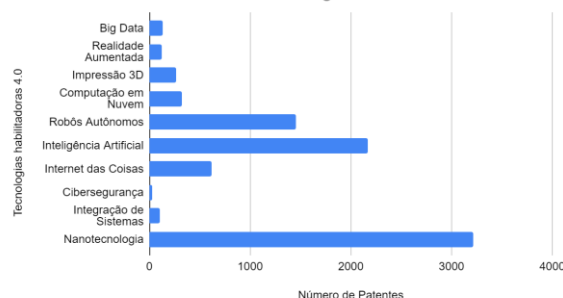


Gráfico 1 - Patentes por tecnologia habilitadora 4.0 (até 2022) de Instrumentos Para Análise Física ou Química

Fonte: Elaboração dos Autores. Adaptado de Espacenet (2023)

Como citado anteriormente, as patentes com maior destaque estão relacionadas com nanotecnologia; inteligência artificial (IA) e robôs autônomos. Internet das Coisas também possui um número considerável de patentes, no entanto, o foco da pesquisa foi as três patentes principais.

### Principais Aplicações

Utilizando os dados obtidos no IPC, Classificação Internacional de Patentes, analisou-se as dez principais patentes de Instrumentos Para Análise Física ou Química. Entre essas patentes, as que obtiveram maior destaque foram a G01N21 e a G01N33, possuindo as maiores classificações patentárias, como apresentado no Gráfico 2.

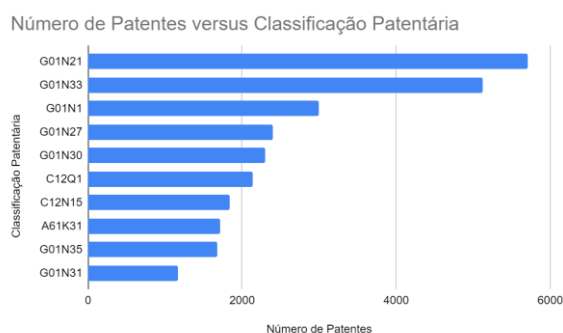


Gráfico 2 - Principais Aplicações (até 2022) das patentes de Instrumentos Para Análise Física ou Química

Fonte: Elaboração dos Autores. Adaptado de Espacenet (2023)

Como dito antes, as patentes que possuem maior inserção na indústria 4.0 são as patentes G01N21 e G01N33. Segundo o IPC, o instrumento de estudo da patente G01N33 é:

Investigação ou análise de materiais por métodos específicos não abrangidos pelos grupos; já o instrumento de estudo da patente G01N21 é: Investigação ou análise de materiais pelo uso de meios ópticos, i.e., usando raios submilimétricos, luz infravermelha, luz visível ou luz ultravioleta.

Já o Gráfico 3 apresenta como as tecnologias da indústria 4.0 estão divididas nas dez principais patentes. Percebe-se que robôs autônomos, nanotecnologia e inteligência artificial são as tecnologias que mais se destacam nas duas principais patentes

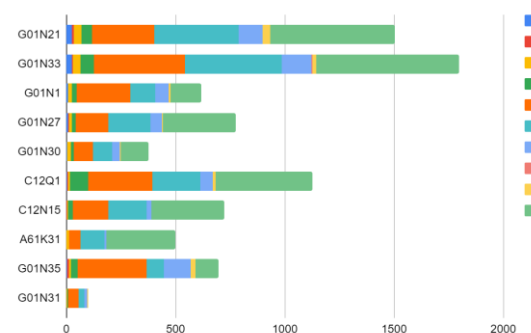


Gráfico 3 - Principais Aplicações (até 2022) das patentes 4.0 de Instrumentos Para Análise Física ou Química

Fonte: Elaboração dos Autores. Adaptado de Espacenet (2023)

Como a nanotecnologia possui grande destaque na patente G01N21, um exemplo de sua aplicação é um estudo liderado por Helge Weman and Bjørn-Ove Fimland, professores do departamento de sistemas eletrônicos da “Norwegian University of Science and Technology (NTNU)”.

Nesse estudo, os professores juntamente com alunos do doutorado, conseguiram criar LEDs a partir de um nanomaterial que emite luz ultravioleta. “Criamos um novo componente eletrônico que tem potencial para se tornar um produto comercial. Não é tóxico e pode se tornar mais barato, mais estável e durável do que as lâmpadas fluorescentes atuais. Se conseguirmos tornar os diodos eficientes e muito mais baratos, é fácil imaginar esse equipamento se tornando corriqueiro na casa das pessoas. Isso aumentaria consideravelmente o potencial de mercado” (traduzido, Høiaas., 2019).

Além da análise do cenário geral das dez principais aplicações dos Instrumentos para análise física ou química, vale a análise individual das dez principais aplicações de cada tecnologia habilitadora do referido objeto de investigação.

Para Big Data tem-se as aplicações G01N21 com 27 registros; G01N33 com 25 registros; G06Q10 com 18 registros; G06N3 com 15 registros; G06K9 com 13 registros; G06Q50 com 12 registros; G05B19 com 10 registros; G06F17 com 10 registros; A61B5 com 8 registros e G01N1 com 8 registros. Ao observar esses dados, juntamente com o gráfico 3 – “Principais Aplicações (até 2022) das patentes 4.0 de Instrumentos Para Análise Física ou Química”, nota-se que a tecnologia em questão, Big Data, não possui um grande destaque como outras tecnologias 4.0 para esse tema.

Para Realidade Aumentada tem-se as aplicações G06Q10 com 21 registros; G05B19 com 19 registros; G06Q30 com 17 registros; G06K9 com 16 registros;

G06N20 com 16 registros; G05B13 com 15 registros; G06N3 com 15 registros; A61B5 com 14 registros; G06N5 com 14 registros e G06Q50 com 14 registros. Assim como a tecnologia Big Data, a Realidade Aumentada não apresenta grande destaque.

Para Impressão 3D tem-se as aplicações G01N21 com 35 registros; B33Y70 com 34 registros; G01N33 com 33 registros; B33Y10 com 31 registros; B01L3 com 25 registros; B22F3 com 24 registros; B29C64 com 21 registros; G01N30 com 20 registros; B33Y80 com 19 registros e G01N1 com 19 registros. A Impressão 3D aparece com pouco destaque em quase todas as patentes, sendo mais notável nas duas principais patentes, G01N21 e G01N33.

Para Computação em Nuvem tem-se as aplicações C12Q1 com 83 registros; G01N33 com 62 registros; G01N21 com 48 registros; G01N35 com 33 registros; G06Q10 com 32 registros; G16B30 com 31 registros; C12M1 com 28 registros; G05B19 com 27 registros; G06N20 com 25 registros e G16B20 com 25 registros. Assim como a tecnologia Impressão 3D, aparece com pouco destaque nas duas principais patentes.

Para Robôs Autônomos tem-se as aplicações G01N33 com 417 registros; G01N35 com 316 registros; C12Q1 com 293 registros; G01N21 com 287 registros; B01L3 com 251 registros; G01N1 com 249 registros; C12N15 com 163 registros; C12M1 com 158 registros; G01N27 com 152 registros e H01J49 com 92 registros. Uma das principais patentes do objeto de pesquisa, os Robôs Autônomos aparecem nas dez principais patentes, e tem o maior número de registros na patente G01N33.

Para Inteligência Artificial tem-se as aplicações G01N33 com 444 registros; G01N21 com 387 registros; C12Q1 com 217 registros; G01N27 com 191 registros; C12N15 com 172 registros; A61B5 com 138 registros; A61K39 com 128 registros; C07K16 com 118 registros; G01N1 com 114 registros e C12N5 com 113 registros. Assim como Robôs Autônomos, a IA aparece em todas as patentes tendo maior destaque nas duas principais, G01N21 e G01N33.

Para Internet das Coisas tem-se as aplicações G01N33 com 136 registros; G01N35 com 124 registros; G01N21 com 109 registros; B01L3 com 74 registros; A61B5 com 68 registros; G01N1 com 61 registros; C12Q1 com 59 registros; G01N27 com 52 registros; C12M1 com 47 registros e G06K9 com 42 registros. A tecnologia não tem muito destaque na maioria das patentes, sua participação mais significativa é na patente G01N33.

Para Cibersegurança tem-se as aplicações G06Q10 com 14 registros; G06N3 com 8 registros; G05B19 com 7 registros; G06K9 com 7 registros; G06N20 com 7 registros; G05B13 com 6 registros; G06Q30 com 6 registros; G06Q50 com 6 registros; B25J9 com 5

registros e G05B23 com 5 registros. A tecnologia aparece pouco, por isso, pode-se considerar que ela não tem tanta relevância para o objeto de análise.

Para Integração de Sistemas tem-se as aplicações G01N21 com 33 registros; G01N35 com 22 registros; G01N33 com 19 registros; B01L3 com 17 registros; C12Q1 com 13 registros; G06Q10 com 12 registros; C12M1 com 11 registros; G05B19 com 9 registros; G01N1 com 8 registros e G06N20 com 8 registros. Assim como a tecnologia de Cibersegurança, a Integração de Sistemas não possui relevância para o objeto de análise.

Para Nanotecnologia tem-se as aplicações G01N33 com 653 registros; G01N21 com 570 registros; C12Q1 com 444 registros; G01N27 com 334 registros; C12N15 com 333 registros; A61K31 com 316 registros; A61P35 com 273 registros; A61K47 com 249 registros; A61K39 com 242 registros e C07K16 com 214 registros. A nanotecnologia é a tecnologia 4.0 que possui maior destaque para o objeto de análise, aparecendo em quase todas as patentes principais, com exceção da patente G01N31. As patentes G01N21 e G01N33 são as que possuem maior inserção dessa tecnologia.

### *Evolução Temporal*

Foi realizada a investigação da quantidade de patentes registradas com relação ao ano. No recolhimento de dados gerais é observado que as primeiras patentes dessa tecnologia, datam de 1866 e que ocorre crescimento da quantidade de registros, onde o período de 1866 – 1969 havia uma média de 14 registros ao ano, o período de 1970 – 2000 apresenta uma média de 303 registros ao ano, com 105 em 1970, chegando a quase mil registros em 2000 com 936 patentes registradas. No período de 2001 - 2022 a média é de 2836 registros ao ano, onde em 2018 ocorreu um ápice de 4367 registros.

O primeiro registro relacionado às Tecnologias 4.0 acontece no ano de 1947, sendo esse um registro no campo da Internet das Coisas, mas a grande parte dos registros relacionados só começam a serem realizados a partir do século XXI, sendo eles concentrados nas áreas de Robôs Autônomos, Inteligência Artificial e Nanotecnologia. No período de 2000 – 2022 é visto um crescimento dos registros que compõem essas tecnologias, sobretudo em Robôs Autônomos (indo de 56 registros no início do período até atingir um ápice de 443 em 2018), Inteligência Artificial (indo de 37 registros no início do período até atingir um ápice de 516 em 2018) e Nanotecnologia (indo de 30 registros no início do período até atingir um ápice de 739 em 2017). Ao fim do período, após o ano de 2018, é observado uma diminuição nos registros patentários por ano.



É visto que os dados gerais e 4.0 apresentam uma evolução temporal semelhante com um crescimento conjunto de registros até o ano de 2018 apresentando uma queda nos anos de 2019-2022. Também pode ser extraído que a Nanotecnologia se destaca com relação às demais áreas 4.0 na perspectiva de instrumentos para análise física ou química.

### Principais Territórios de Proteção

Ao analisar os dados gerais prospectados, encontram-se os dez territórios com maior presença na proteção dessa tecnologia. Em ordem decrescente, os países mais representativos são: Estados Unidos, com 20433 patentes; China, com 20117 patentes; Japão, com 7747 patentes; Organização Mundial de Propriedade Intelectual (WO), com 6737 patentes; Organização Europeia de Patentes (EP), com 4155 patentes; Canadá, com 3396 patentes; Austrália, com 3151 patentes; República da Coreia, com 2773 patentes; Reino Unido, com 777 patentes; e Rússia, com 664 patentes.

Os dados 4.0 mostram que a ordem dos territórios mais presentes é semelhante ao dos dados gerais. Além disso, os Estados Unidos possuem presença significativa em todos os campos, especialmente em Nanotecnologia (3248 patentes), Robôs Autônomos (2275 patentes) e Inteligência Artificial (2011 patentes). Por outro lado, os demais países têm presença significativa apenas nas áreas de Nanotecnologia, Robôs Autônomos e Inteligência Artificial, nessa ordem, com números inferiores nos demais setores.

É importante destacar que o país com mais registros de patentes, os Estados Unidos, é uma das maiores e mais influentes economias do mundo. Ele é seguido pela China, que também é um importante player no mercado mundial.

### Principais Inventores

Na observação dos dados prospectados sobre os principais inventores, o pesquisador Gao Zeren apresenta o maior número (41) de patentes, seguido de Wang Tao (39 patentes) e Holmes Elizabeth A (25 patentes).

No entanto, é verificado que os inventores mais associados às principais tecnologias habilitadoras 4.0, relacionados ao objeto de análise dessa pesquisa, são Holmes Elizabeth A, com 25 patentes em Nanotecnologia e 19 patentes em Robôs Autônomos; Cella Charles Howard com 17 patentes em Robôs Autônomos e em Inteligência Artificial, e 7 patentes em Nanotecnologia; e Leuthardt Eric C com 17 patentes em Inteligência Artificial, 15 patentes em Nanotecnologia e 10 patentes em Robôs Autônomos.

### Principais Requerentes

Ao analisar os dez principais líderes patentários, nota-se que o número de patentes que cada um possui com relação ao objeto de análise, Instrumentos Para Análise Física ou Química, são próximos. O requerente que possui maior número de patentes é a empresa ZymoGenetics, Inc, possuindo um total de 234 patentes, como mostrado no Gráfico 4.

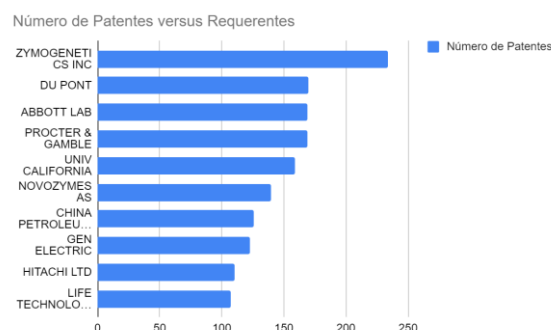


Gráfico 4 - Principais Requerentes (até 2022) das patentes de Instrumentos Para Análise Física ou Química

Fonte: Elaboração dos Autores. Adaptado de Espacenet (2023)

A ZymoGenetics, Inc foi uma empresa de biotecnologia, sediada em Seattle, Washington, nos Estados Unidos. A empresa era focada em produzir e comercializar proteínas terapêuticas para o tratamento ou prevenção de doenças. Sua conquista mais significativa foi o desenvolvimento do rilonacept, um antagonista do receptor de interleucina-1 (IL-1) para o tratamento de doenças inflamatórias autoimunes, como a síndrome periódica associada à criopirina (CAPS).

Em 2010, a ZymoGenetics, Inc foi adquirida pela Bristol-Myers Squibb, atualmente chamada de Bristol Myers Squibb Company, uma empresa farmacêutica global, por cerca de USD 9.75 por ação em dinheiro.

No entanto, com relação às tecnologias habilitadoras 4.0, a ZymoGenetics, Inc que liderava o gráfico anterior, possui apenas cinco patentes na área de robôs autônomos. Os requerentes que possuem maior destaque são a empresa Life Technologies Corp, e a Universidade da Califórnia. Ambas possuem patentes em robôs autônomos, IA e nanotecnologia, como apresentado no Gráfico 5.

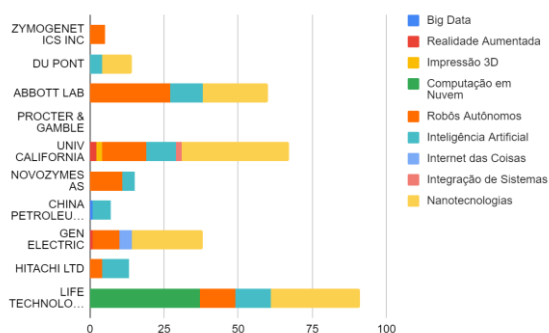


Gráfico 5 - Principais Requerentes (até 2022) das patentes 4.0 de Instrumentos Para Análise Física ou Química

Fonte: Elaboração dos Autores. Adaptado de Espacenet (2023)

Comparando os dois gráficos, nota-se que a Universidade da Califórnia e a Life Technologies Corp possuem maior destaque, possuindo o maior número de patentes relacionadas com as tecnologias 4.0.

A Universidade da Califórnia possui diversas pesquisas e projetos relacionados a tecnologias 4.0, a tecnologia que aparece com maior destaque é a nanotecnologia. O Berkeley Nanosciences and Nanoengineering Institute (BNNI) é uma organização guarda-chuva para expandir e coordenar as pesquisas de Berkeley relacionadas a ciência e engenharia de nano escala. A universidade ainda possui uma parceria com o Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL), um laboratório pioneiro no desenvolvimento de radioterapia para o tratamento de câncer. Em parceria com a universidade, o LBNL está investindo pesadamente em nanociência por meio de instalações de usuários, como o “Molecular Foundry”.

Já a Life Technologies Corp foi uma empresa fundada em 2008, após a empresa Invitrogen se fundir com a Applied Biosystems. Ao longo dos cinco anos posteriores, a empresa conseguiu uma série de aquisições importantes, entre elas pode-se citar a aquisição da Compendia Bioscience, uma empresa de bioinformática focada em buscas por medicamentos e genes para o combate do câncer.

Após adquirir diversas empresas, a Life Technologies Corp foi vendida para a Thermo Fisher Scientific Inc em 2013, por cerca de 13,6 bilhões de dólares. De acordo com a plataforma LinkedIn, a Thermo Fisher Scientific Inc é líder mundial em serviços científicos, com receita anual de aproximadamente US \$40 bilhões, sendo uma das empresas mais relevantes no setor de biotecnologia.

Adensando a análise dos principais requerentes dos Instrumentos Para Análise Física ou Química, vale a

análise individual dos dez principais requerentes de cada tecnologia habilitadora do referido objeto de investigação.

Para Big Data tem-se os requerentes ELWHA LLC com 12 registros; STRONG FORCE VCN PORTFOLIO 2019 LLC com 10 registros; Z ADVANCED COMPUTING INC com 4 registros; BEIJING LABTECH INSTR CO LTD com 2 registros; HKY TECH CO LTD com 2 registros; LIVIVOS INC com 2 registros; UNIV SOUTHWEST com 2 registros; UNIV YULIN com 2 registros; XINJIANG TECHNICAL INST PHYSICS & CHEMISTRY CAS com 2 registros e ZHENGZHOU INST AERONAUTICAL IND MAN com 2 registros. A prospecção ainda registra um total de 90 requerentes com 1 registro patentário. Os aqui descritos foram listados por ordem de relevância, pela plataforma Espacenet (2023), Elwha LLC e Strong Force VCN Portfolio 2019 LLC são os principais requerentes para a tecnologia Big Data em Instrumentos Para Análise Física ou Química.

Para Realidade Aumentada tem-se os requerentes STRONG FORCE IOT PORTFOLIO 2016 LLC com 13 registros; CONNOR ROBERT A com 11 registros; STRONG FORCE VCN PORTFOLIO 2019 LLC com 10 registros; DEXERIALS CORP com 9 registros; BRAGI GMBH com 8 registros; MEDIBOTICS LLC com 7 registros; HEATH STEPHAN com 3 registros; METHODICAL MIND LLC com 3 registros; PERFILOV ALEKSANDR ALEKSANDROVICH com 3 registros e STRONG FORCE LOT PORTFOLIO 2016 LLC com 3 registros. A plataforma ainda registra os requerentes SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD e TAKAHASHI MASATO com 2 registros patentários. Poucos requerentes possuem patentes relacionadas com essa tecnologia, Strong Force IOT Portfolio 2016 LLC lidera o ranking possuindo 13 patentes, mas não está muito longe da Connor Robert A, que possui 11 registros.

Para Impressão 3D tem-se os requerentes STRONG FORCE VCN PORTFOLIO 2019 LLC com 10 registros; L E A F HOLDINGS GROUP LLC com 7 registros; LEAF HOLDINGS GROUP LLC com 5 registros; SABIC GLOBAL TECHNOLOGIES BV com 5 registros; SCIAKY INC com 5 registros; UNIV SHENZHEN com 5 registros; STRONG FORCE IOT PORTFOLIO 2016 LLC com 4 registros; UNIV TEXAS com 4 registros; BEHZADI KAMBIZ com 3 registros e IMAGINE SCIENT INC com 3 registros. Assim como a tecnologia anterior, poucos requerentes possuem patentes em Impressão 3D. A diferença entre o primeiro e o segundo requerente é de apenas três patentes.

Para Computação em Nuvem tem-se os requerentes THERANOS INC com 44 registros; LIFE

TECHNOLOGIES CORP com 37 registros; ETHICON LLC com 26 registros; LABRADOR DIAGNOSTICS LLC com 24 registros; THERANOS IP CO LLC com 23 registros; 10X GENOMICS INC com 15 registros; STRONG FORCE IOT PORTFOLIO 2016 LLC com 13 registros; ELWHA LLC com 12 registros; HOLMES ELIZABETH com 12 registros e STRONG FORCE VCN PORTFOLIO 2019 LLC com 10 registros. A prospecção ainda registra um total de 31 requerentes com 2 registros patentários. Os aqui descritos foram listados por ordem de relevância, pela plataforma Espacenet (2023). A Life Technologies Corp aparece com 37 patentes, sendo a única empresa do Top10 que possui patentes relacionadas com essa tecnologia.

Para Robôs Autônomos tem-se os requerentes ADVANCED LIQUID LOGIC INC com 42 registros; SIEMENS HEALTHCARE DIAGNOSTICS INC com 31 registros; ABBOTT LAB com 27 registros; ETHICON LLC com 27 registros; ILLUMINA INC com 27 registros; THERANOS INC com 26 registros; CONFORMIS INC com 24 registros; SIEMENS HEALTHCARE DIAGNOSTICS com 19 registros; LABRADOR DIAGNOSTICS LLC com 15 registros e UNIV CALIFORNIA com 15 registros. A plataforma ainda registra os requerentes MOLECULAR SENSING INC, REUBER T LYNNE e MOLECULAR SENSING INC com 6 registros patentários. Vale também destacar que a LIFE TECHNOLOGIES CORP aparece na 14ª posição deste ranking, com 12 registros patentários. A empresa Abbott Lab e a Universidade da Califórnia aparecem na terceira e décima posição, respectivamente, sendo os dois requerentes do Top10 que tem destaque nessa tecnologia.

Para Inteligência Artificial tem-se os requerentes ETHICON LLC com 26 registros; ILLUMINA INC com 23 registros; ASSEST CO LTD com 22 registros; ATYR PHARMA INC com 19 registros; CHIANG KYLE P com 19 registros; GREENE LESLIE ANN com 19 registros; HONG FEI com 18 registros; LO WING-SZE com 17 registros; MENDLEIN JOHN D com 17 registros e PANGU BIOPHARMA LTD com 15 registros. A plataforma ainda registra os requerentes PFIZER, HITACHI LTD, MEDIMMUNE LTD e AGILENT TECHNOLOGIES INC com 9 registros patentários. Vale também destacar que a UNIV CALIFORNIA aparece na 17ª posição deste ranking, com 10 registros patentários. A Ethicon LLC e a Illumina Inc são os dois principais requerentes relacionados com essa tecnologia, possuindo uma diferença de apenas três patentes entre eles.

Para Internet das Coisas tem-se os requerentes NANJING JINSONGHAN ELECTRIC POWER SCIENCE & TECH CO LTD com 34 registros; THERANOS INC com 32 registros; SIEMENS

HEALTHCARE DIAGNOSTICS INC com 23 registros; SIEMENS HEALTHCARE DIAGNOSTICS com 17 registros; ILLUMINA INC com 14 registros; LABRADOR DIAGNOSTICS LLC com 13 registros; STRONG FORCE IOT PORTFOLIO 2016 LLC com 13 registros; ETHICON LLC com 12 registros; HOLMES ELIZABETH com 12 registros e THERANOS IP CO LLC com 11 registros. A plataforma ainda registra o requerente JOHNSON & JOHNSON com 2 registros patentários. Vale também destacar que a INTEL CORP aparece na 96ª posição deste ranking, com 2 registro patentário. Os dois primeiros requerentes, Nanjing Jinsonghan Electric Power Science & Tech CO LTD e Theranos Inc lideram com uma diferença de 11 e 9 patentes, respectivamente, do terceiro requerente.

Para Cibersegurança tem-se os requerentes STRONG FORCE VCN PORTFOLIO 2019 LLC com 10 registros; Z ADVANCED COMPUTING INC com 4 registros; STRONG FORCE IOT PORTFOLIO 2016 LLC com 3 registros; KAYS STEVEN com 2 registros; NUCLEAR FUEL SERVICES com 2 registros; ANHUI SIPAOTE TECH CO LTD com 1 registros; CABINALLA LINDA com 1 registros; HWANG BO UI com 1 registros; INNOVATION INST LLC com 1 registros e LIU RONGJIE com 1 registros. A prospecção ainda registra um total de 13 requerentes com 1 registro patentário. Os aqui descritos foram listados por ordem de relevância, pela plataforma Espacenet (2023). Nessa tecnologia, poucos requerentes possuem patentes relacionadas a ela. A empresa que se destaca é a Strong Force VCN Portfolio 2019 LLC, possuindo 10 patentes.

Para Integração de Sistemas tem-se os requerentes STRONG FORCE VCN PORTFOLIO 2019 LLC com 10 registros; THERANOS INC com 9 registros; LABRADOR DIAGNOSTICS LLC com 5 registros; LANXIDE TECHNOLOGY CO LTD com 4 registros; HO CHING YEN com 3 registros; HWANG WEN JANG com 3 registros; THERANOS IP CO LLC com 3 registros; AGHAJANIAN MICHAEL KEVORK com 2 registros; BABCOCK & WILCOX POWER GENERAT com 2 registros e BOEING CO com 2 registros. A prospecção ainda registra um total de 73 requerentes com 1 registro patentário. Os aqui descritos foram listados por ordem de relevância, pela plataforma Espacenet (2023). Assim como na tecnologia anterior, a empresa Strong Force VCN Portfolio 2019 LLC é a que mais se destaca possuindo 10 patentes, em seguida vem a Theranos Inc com 9 patentes.

Para Nanotecnologia tem-se os requerentes THERANOS INC com 42 registros; ILLUMINA INC com 39 registros; ADVANCED LIQUID LOGIC INC com 37 registros; UNIV CALIFORNIA com 36 registros; 3M INNOVATIVE PROPERTIES CO com 33 registros; ABBVIE INC com 30 registros; LIFE

TECHNOLOGIES CORP com 30 registros; DAINIPPON PRINTING CO LTD com 29 registros; ATYR PHARMA INC com 26 registros e INTEL CORP com 26 registros. A plataforma ainda registra os requerentes CONNOR ROBERT A e ENKI TECHNOLOGY INC com 5 registros patentários. A Universidade da Califórnia e a Life Technologies Corp são as duas empresas do Top10 que possuem maior número de patentes nessa tecnologia, 36 e 30, respectivamente.

### ***Principais Nacionalidade dos Requerentes***

Após a análise dos dados gerais coletados, foi observado que os líderes em requisições patentárias podem ser agrupados por nacionalidade. Os 10 países com maior número de requerentes patentários, em ordem decrescente, são: Estados Unidos (27087 patentes), Japão (2992 patentes), China (2108 patentes), Reino Unido (1404 patentes), Alemanha (1295 patentes), Canadá (1138 patentes), Suíça (1080 patentes), Dinamarca (941 patentes), República da Coreia (782 patentes) e França (746 patentes). Isso indica uma concentração de requerentes nos Estados Unidos, possuindo quase 10 vezes mais patentes do que o segundo lugar, Japão.

Verificou-se que nas patentes referentes aos dados 4.0 os Estados Unidos possuem uma concentração ainda mais significativa de requerentes, dentro desse grupo temos como principais áreas: Nanotecnologia (4385 patentes, enquanto o segundo maior, China, possui apenas 356), Robôs Autônomos (3235 patentes, o segundo, Alemanha, 147) e Inteligência Artificial (2695 patentes, o segundo, Suíça, 142), com todas as áreas de mais relevância, aos instrumentos para análise física ou química, possuindo uma presença mais de 10 vezes maior nos Estados Unidos.

As nacionalidades presentes nesse top 10 são geralmente associadas a economias fortes e líderes em inovação tecnológica. Sobretudo, a presença dos Estados Unidos como líder em ambas as categorias sugere um domínio econômico e tecnológico nessa área. Eles têm recursos significativos, incluindo capital humano qualificado, instituições de pesquisa avançadas, um ambiente propício para inovação e um ecossistema empreendedor vibrante, que contribuem para sua posição de destaque.

### ***Perspectivas de Instrumentos Para Análise Física ou Química no território brasileiro***

Como é visto na tabela abaixo, são apresentados os dados correspondentes ao total de patentes aplicadas no INPI e o registro de contratos de transferência de tecnologia para várias empresas, destacando-as como players no cenário patentário brasileiro.

É válido ressaltar que, das empresas mencionadas na Tabela 2, DU PONT, PROCTER & GAMBLE e ABBOTT LAB, possuem um maior número de patentes depositadas no INPI e HITACHI LTD possui maior número de contratos de transferência de tecnologia. Essas informações permitem identificar essas empresas como destaque no contexto das patentes e na transferência de tecnologia, fornecendo uma visão geral do panorama delas no território brasileiro.

Tabela 2 - Inserção dos líderes patentários no território brasileiro

Fonte: Elaboração dos Autores. Adaptado de INPI (2023)

Player Patentário	Número de Patentes depositadas no INPI	Número de Contratos de Transferência de Tecnologia Averbados pelo INPI
ZYMOGENETICS INC	39	0
DU PONT	3593	92
ABBOTT LAB	882	1
PROCTER & GAMBLE	5706	27
UNIV CALIFORNIA	5	0
NOVOZYMES AS	799	4
CHINA PETROLEUM & CHEM CORP	200	3
GEN ELECTRIC	470	7
HITACHI LTD	781	107
LIFE TECHNOLOGIES CORP	58	0

É importante observar que nenhuma das empresas requerentes de patentes listadas possui origem nacional. Esses dados sugerem que há uma participação significativa de empresas estrangeiras na solicitação de patentes no Brasil, evidenciando a importância da colaboração internacional em termos de inovação tecnológica.

Ao comparar os dados de registro de patentes e contratos de transferência de tecnologia, fica evidente que essas empresas têm uma abordagem estratégica em relação ao desenvolvimento e domínio de determinadas tecnologias no mercado brasileiro. Essa estratégia pode ser compreendida como uma forma de proteção dos ativos intelectuais e do conhecimento desenvolvido por essas empresas. Ao restringir as transferências de tecnologia, elas conseguem preservar sua vantagem competitiva e minimizar o risco de vazamento de informações sensíveis para concorrentes. Além disso, ao estabelecer suas filiais no Brasil como centros de excelência em pesquisa e desenvolvimento, essas empresas podem aproveitar os recursos locais, como talentos e infraestrutura, para impulsionar a inovação e a criação de novas tecnologias. Isso contribui para o fortalecimento da posição dessas empresas no mercado brasileiro e para



o desenvolvimento de soluções adaptadas às demandas e peculiaridades locais

### CONCLUSÃO

Neste artigo, foi realizado um estudo sobre a inserção de instrumentos para análise física ou química, associados às tecnologias 4.0. Para isso, foram utilizadas as planilhas fornecidas pelo docente e a plataforma de busca de patentes Espacenet.

Considerando a análise realizada, podemos afirmar que os objetivos da pesquisa foram alcançados. Os resultados obtidos permitiram identificar as principais aplicações dessas soluções, as tendências temporais da tecnologia, os principais requerentes e inventores, bem como a dinâmica desses instrumentos no Brasil. Diante disso, é conclusivo que os Estados Unidos se destacam nesse campo, tanto no desenvolvimento de tecnologias quanto na proteção por meio de patentes.

### AGRADECIMENTOS

Ao projeto de ensino 'Gestão e Economia da Ciência, Tecnologia, Inovação e Negócios Tecnológicos' da Universidade Federal do Rio Grande do Norte

### REFERÊNCIAS

- Arcalyst. (2023). An innovative approach with breakthrough results. Acesso em 2 de julho de 2023, de website Arcalyst: <https://www.arcalyst.com/hcp/clinical-results>
- Bionity. (2023). Novo Nordisk completes divestment of ZymoGenetics, Inc. Acesso em 1 de julho de 2023, de website Bionity: <https://www.bionity.com/en/news/124260/novo-nordisk-completes-divestment-of-zymogenetics-inc.html>
- BNNI. (s.d.). About BNNI. Acesso em 18 de maio de 2023, de website BNNI: <https://nano.berkeley.edu/welcome/welcome.html>
- Espacenet.com. (2019). Espacenet – patent search. Acesso em 6 de maio de 2023, de website Espacenet.com: <https://worldwide.espacenet.com/>
- Govan, F. (2013, 22 de maio). £2 Billion Spanish Navy Submarine Will Sink to Bottom of Sea. Acesso em 20 de maio de 2023, de website Telegraph: <https://www.telegraph.co.uk/news/worldnews/europe/spain/10073951/2-billion-spanish-navy-submarine-will-sink-to-bottom-of-sea.html>

- M. Hoiaas, A. Liudi Mulyo, P. E. Vullum, D. C. Kim, L. Ahtapodov, B. O. Fimland, K. Kishino, and H. Weman, GaN/AlGaIn Nanocolumn Ultraviolet Light-Emitting Diode Using Double-Layer Graphene as Substrate and Transparent Electrode. Nano Lett, 19(3), 1649–1658 (2019). Disponível em: [https://pubs.acs.org/doi/suppl/10.1021/acs.nanolett.8b04607/suppl\\_file/nl8b04607\\_si\\_001.pdf](https://pubs.acs.org/doi/suppl/10.1021/acs.nanolett.8b04607/suppl_file/nl8b04607_si_001.pdf) Acesso em 15 de maio.2023

- Schwab, Klaus. The Fourth Industrial Revolution. The World Economic Forum, Geneva, 2016.

- Thermo Fisher Scientific. (s.d.). Acesso em 19 de maio de 2023, de website LinkedIn: <https://www.linkedin.com/company/thermo-fisher-scientific/about/>

- Vogel-Heuser, Birgit, and Dieter Hess. "Guest Editorial Industry 4.0—Prerequisites and Visions." IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, vol. 13, no. 2, pp. 411–413, 2016.