

**Desafios para o Sistema Único de Saúde (SUS)  
no contexto nacional e global de transformações sociais,  
econômicas e tecnológicas - CEIS 4.0**

**CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO EM SAÚDE:  
IMPACTOS DA REVOLUÇÃO 4.0 E IMPLICAÇÕES  
PARA O CEIS**

**EQUIPE DE PESQUISA**

Marco Vargas

Nathalia Alves

Igor Bueno

Karla Bernardo Mattoso Montenegro

## Centro de Estudos Estratégicos da Fiocruz Antonio Ivo de Carvalho

### Coordenador do CEE

Carlos Augusto Grabois Gadelha

### Projeto Integrado CEE

Complexo Econômico-Industrial da Saúde e  
Prospecção em CT&IS

### Subprojeto

Desafios do SUS no contexto nacional e global de  
transformações sociais, econômicas e  
tecnológicas – Projeto CEIS 4.0

### Coordenador-Geral

Carlos Augusto Grabois Gadelha

### Coordenadores Adjuntos

José Cassiolato

Denis Gimenez

### Equipe Executiva

Marco Aurélio Nascimento

Karla Bernardo Mattoso Montenegro

Felipe Kamia

Gabriela Maretto

Juliana Moreira

Leandro Safatle

### Colaboradores

Anna Durão (Divulgação e Comunicação),

Bernardo Cesário Bahia (Pesquisa), Glaucy Silva

(Gestão Administrativa), Elisabeth Lissovsky

(Revisão Português) e Nilmon Filho (Projeto Gráfico)

## Relatório de pesquisa – CEIS 4.0

### *Ciência, Tecnologia e Inovação em Saúde: impactos da Revolução 4.0 e implicações para o CEIS*

### Pesquisadores

Marco Vargas

Nathalia Alves

Igor Bueno

Karla Bernardo Mattoso Montenegro

#### Citar como:

VARGAS, M.; ALVES, N.; BUENO, I. MONTENEGRO, K. B. M. Ciência, Tecnologia e Inovação em Saúde: impactos da Revolução 4.0 e implicações para o CEIS. In: GADELHA, C. A. G. (Coord.). Projeto Desafios para o Sistema Único de Saúde no contexto nacional e global de transformações sociais, econômicas e tecnológicas (CEIS 4.0). Relatório de Pesquisa. Rio de Janeiro: CEE-Fiocruz, 2021.

Todos os direitos reservados ao Centro de Estudos Estratégicos da Fiocruz Antonio Ivo de Carvalho (CEE). Reprodução autorizada desde que citada a fonte.

Esta obra foi elaborada no âmbito do projeto “Desafios do SUS no contexto nacional e global de transformações sociais, econômicas e tecnológicas – CEIS 4.0”. As opiniões expressas refletem a visão dos autores, não representando a visão institucional sobre o tema.

## Sumário

1. Apresentação	4
2. Bloco I: Definição e fronteiras tecnológicas da Saúde 4.0: implicações para a agenda de pesquisa do projeto CEIS 4.0	6
2.1. Introdução	6
2.2. Aspectos metodológicos	11
2.3. Panorama global de famílias de patentes em Saúde 4.0	12
2.4. Panorama global das redes de colaboração em Saúde 4.0	21
2.4.1. Redes de colaboração em saúde 4.0 na China	25
2.4.2. Redes de colaboração em saúde 4.0 nos Estados Unidos	29
2.4.3. Redes de colaboração em saúde 4.0 na Índia	33
2.4.4. Redes de colaboração em saúde 4.0 na Rússia	36
2.4.5. Redes de colaboração em saúde 4.0 na África do Sul	39
2.4.6. Redes de colaboração em saúde 4.0 no Brasil	42
2.5. Saúde 4.0: principais campos de aplicação tecnológica	48
2.6. Conclusões	52
3. Bloco II - Financiamento à inovação no contexto da Pandemia: uma análise da contribuição da Finep no apoio de projetos relacionados à COVID-19	70
3.1. Introdução	70
3.2. O financiamento da ciência, tecnologia e inovação e os seus instrumentos financeiros	72
3.3. A arrecadação e a execução do FNDCT: um breve histórico	74
3.4. O apoio da Finep contra a Covid-19	78
3.5. A formação e o papel da Rede Vírus	83
3.6. Conclusões	86
4. Bloco 3. Redes de colaboração em CT&I no contexto da Pandemia da COVID-19: assimetrias globais e desafios para o Brasil (título provisório)	91
4.1. Introdução	91
4.2. Aspectos metodológicos	93
4.3. Discussão	94
4.4. Considerações finais	106

# **Ciência, Tecnologia e Inovação em Saúde: impactos da Revolução 4.0 e implicações para o CEIS**

Marco Vargas, Nathalia Alves, Igor Bueno, Karla Bernardo Mattoso Montenegro

## **1. Apresentação**

Este relatório traz os resultados do esforço de pesquisa que vem sendo desenvolvido no âmbito da Coordenação de Prospecção e do Centro de Estudos Estratégicos da Fiocruz relativo ao estudo dos principais desafios e tendências futuras no campo da Ciência, Tecnologia e Inovação, e sua relação com o campo da saúde, no Brasil e no Mundo.

Na primeira etapa do estudo, já foram devidamente destacadas as profundas assimetrias globais que marcam o processo de geração, difusão e uso de novos conhecimentos científicos e tecnológicos no campo da saúde e a posição relativa do Brasil na produção científica e tecnológica em âmbito internacional. Entretanto, considera-se necessário o aprofundamento desta análise sob diferentes aspectos, dentre os quais, destacam-se temas como o panorama global das políticas de CT&I em saúde, o dos padrões de financiamento das atividades de CT&I em saúde, a geografia das redes de colaboração em CT&I globais, entre outros.

Para dar continuidade ao estudo desenvolvido pelo grupo na primeira fase do projeto CEIS 4.0, foi proposta uma agenda mais ampla de investigação, alinhada não somente com o Projeto CEIS 4.0, mas também com os interesses estratégicos da Presidência da Fiocruz, através da Coordenação de Prospecção e do Centro de Estudos Estratégicos da Fiocruz. Tal agenda explora a natureza interdisciplinar e transdisciplinar das bases de conhecimento que sustentam a inovação no campo da saúde, considerada como um eixo estratégico para a formulação e implementação de uma agenda de desenvolvimento sustentável e inclusiva.

Este relatório vai ao encontro de parte dos temas pertinentes a esta agenda e está organizado em torno de três blocos que assumem a forma de artigos independentes, mas articulados em torno de alguns dos grandes temas que integram a agenda proposta no campo de estudo da CT&I em Saúde.

O primeiro bloco temático inicia com uma breve contextualização sobre a definição e delimitação das fronteiras tecnológicas da Saúde 4.0 tendo em vista suas implicações em termos tecnológicos, econômicos e sociais. A seguir apresenta-se uma análise sobre dados de patentes relacionados à Revolução 4.0 no contexto da saúde que abre oportunidade para uma avaliação sobre as redes de colaboração nacionais e internacionais. Tal análise baseia-se numa proposta metodológica para delimitação dos campos tecnológicos e aplicações relacionados com a Saúde 4.0 que envolveu a construção de um dicionário de palavras-chave

que articula termos relacionados à indústria 4.0 e à saúde 4.0, a partir de uma ampla sistematização da literatura. A partir desta delimitação das fronteiras tecnológicas da saúde 4.0 o estudo avança na caracterização e análise de famílias de patentes e das redes de colaboração em saúde 4.0 no mundo, com foco particular num conjunto de países selecionados: Estados Unidos, China, Índia, Rússia e Brasil. Os resultados de esforços de pesquisa futuros neste tema podem desvendar alternativas possíveis para a inserção internacional brasileira no campo da Saúde 4.0.

Um segundo bloco temático, diz respeito à questão dos padrões de financiamento das atividades de CT&I em saúde. Tal elemento se refere, entre outros aspectos, à estimativa dos investimentos públicos e privados em atividades de CT&I no campo da saúde - em geral e no campo da saúde 4.0 - tendo em vista a quantificação de variáveis tais com a evolução dos montantes investidos, a participação relativa destes investimentos nos gastos totais em saúde no País e a importância relativa dos gastos com P&D em saúde no Brasil em relação ao padrão global e de países selecionados. Tal análise envolve também a participação relativa de diferentes atores institucionais nos gastos totais, tais como as diferentes instâncias de governo (estadual e federal), indústria, agências públicas e privadas de fomento, academia e institutos de pesquisa, entre outros. Neste relatório, é apresentada uma discussão alinhada com esta dimensão, a partir de uma análise específica sobre a contribuição da Finep no financiamento à pesquisa em COVID-19.

O terceiro bloco temático remete aos impactos da pandemia da COVID-19 sobre o processo de geração e difusão e apropriação de novos conhecimentos. A seção traz uma atualização do estudo sobre indicadores de publicações e patentes sobre os impactos da pandemia de COVID-19 desenvolvido na primeira fase do projeto, com o objetivo de contemplar todo o período de 2020 e 2021. Cabe ressaltar que a primeira fase do estudo assumiu um caráter exploratório e conjuntural e que a atualização dos dados até 2022 permite traçar um cenário mais claro sobre a resposta global no tocante às atividades de CT&I para o enfrentamento da pandemia. Da mesma forma, permite avançar na compreensão sobre a inserção do Brasil nas articulações em rede envolvendo empresas, universidades, institutos de pesquisa e agências governamentais para a geração das condições necessárias para o enfrentamento da pandemia.

Por fim, é importante destacar que as análises desenvolvidas nos diferentes blocos deste relatório, envolvem não somente a coleta e sistematização de dados que permitem uma análise do cenário nacional e global das atividades de CT&I em Saúde, mas também refletem um esforço de delimitação das metodologias mais adequadas para compreensão destes temas.

## 2. Bloco I: Definição e fronteiras tecnológicas da Saúde 4.0: implicações para a agenda de pesquisa do projeto CEIS 4.0

### 2.1. Introdução

O termo Saúde 4.0<sup>1</sup>, derivado do conceito de Indústria 4.0<sup>2</sup>, descreve as novas fronteiras digitais e inovações disruptivas que mostram um elevado potencial de transformação em todos os segmentos produtivos e de serviços no campo da saúde. Existe um amplo consenso de que a saúde representa um campo privilegiado e com enorme potencial para o desenvolvimento e adoção das novas tecnologias pervasivas que caracterizam essa 4ª. revolução tecnológica. De acordo com os dados apresentados neste relatório, estima-se que a interface da saúde 4.0 já representa cerca de 17% das famílias de patentes relacionadas às plataformas tecnológicas 4.0 no mundo, ou seja, quase um quarto das aplicações potenciais decorrentes das novas tecnologias associadas à revolução tecnológica 4.0. apresentam algum tipo de interface com a área da saúde.

O Quadro 1, sintetiza alguns exemplos das aplicações das novas plataformas tecnológicas digitais no campo da Saúde 4.0

#### Quadro 1. Principais tecnologias em desenvolvimento acelerado e suas aplicações potenciais na área da saúde

Tecnologia	Exemplos de aplicações
Impressão 3D	Impressão de órgãos, tecidos, medicamentos e implantes e próteses personalizadas;
Inteligência Artificial/Aprendizagem de máquina/sistemas cognitivos/aprendizagem profunda	Referência cruzada para a identificação de tratamentos como o câncer. Recurso de consulta para tomada de decisão diante de estudos atualizados. Análise de um grande volume de dados para identificar comportamento e tendência. Previsão do comportamento do CRISPR na edição do genoma. Manutenção de equipamentos de saúde remotos.
Realidade aumentada/realidade mista	Impulsionar na formação dos profissionais de saúde. Agilidade na implementação de novas tecnologias. Possibilidade de implementação de prática assistida.

<sup>1</sup>Outros dos termos adotados são: Smart Health, mHealth (mobile health), wireless health, eHealth, online health , TI médica, telessaúde/telemedicina, medicina digital, informática em saúde e sistema de informação em saúde.

<sup>2</sup> A chamada 4ª revolução tecnológica (SCHWAB, 2016), caracteriza-se pela convergência de um conjunto de tecnologias disruptivas, tais como a inteligência artificial (IA), robótica, internet das coisas (IoT), uso de grandes bases de dados (Big Data), e tem acarretado transformações significativas nos modos de geração, difusão e uso de novos conhecimentos, na indústria e na própria forma de organização da sociedade capitalista.

Robôs autônomos	Telemedicina e cirurgia robótica, com conectividade e integração de locais remotos. Robôs para cuidar de idosos
Veículos autônomos	Comunicação com sistemas de tráfego local para prioridade de ambulâncias.
Big data	Cruzamento de dados para diagnóstico e desenvolvimento de tratamento mais específico para as características da doença do paciente, como por exemplo, <i>Target Therapy</i> .
Blockchain	Diminuição da burocracia envolvida no setor de saúde com maior confiabilidade e segurança de dados
Computação em nuvem	Criação de aplicativos voltados à saúde com dados cruzados do banco de dados para integração do paciente ao serviço de atendimento.
Robôs colaborativos	Telemedicina. Cirurgia, tratamento e assistência à reabilitação.
IoT Internet das coisas	Desenvolvimento de sistemas de produção, logística para distribuição e uso de medicamentos integrados e insumos de saúde através da rastreabilidade.

Fonte: Lopes et al, 2019

A articulação entre as novas plataformas tecnológicas digitais e a saúde tem atraído o interesse da pesquisa acadêmica e gerado um volume crescente de contribuições que, além de se mostrarem bastante dispersas e fragmentadas, se limitam a definir o potencial de aplicação dessas novas plataformas digitais no campo da saúde (THUEMLER and BAI, 2017; ACETO, 2019 e 2020; ESFAHANI et al, 2019; JAYARAMAN et al, 2019). Embora tais contribuições permitam avançar na compreensão sobre o uso e classificação de algumas das principais plataformas tecnológicas associadas à revolução 4.0 no campo da saúde, elas carecem de uma perspectiva sistêmica que permita avaliar adequadamente os impactos dessas novas tecnologias sobre diferentes aspectos da dinâmica tecnológica, econômica e social da produção e inovação em saúde.

A construção de um arcabouço analítico que articule as dimensões tecnológica, econômica e social associadas à difusão da saúde 4.0 mostra-se particularmente crucial no contexto atual marcado por profundas desigualdades globais. Tais desigualdades se refletem em diferentes dimensões, dentre as quais, destaca-se a assimetria no domínio de capacitações científicas e tecnológicas por parte dos países e regiões. Tais assimetrias estão diretamente associadas à aplicação das novas plataformas tecnológicas digitais na base produtiva e de serviços de saúde, acentuando o padrão excludente de acesso da população mundial aos bens e serviços em saúde e ampliando as disparidades de acesso à saúde entre países desenvolvidos e em desenvolvimento.

Tendo em vista os desafios e oportunidades associados aos impactos da 4ª. revolução tecnológica nas atividades de CT&I no campo da saúde, considera-se que a construção de arcabouço analítico a partir de uma perspectiva sistêmica demanda a compreensão de diferentes aspectos relativos ao desenvolvimento e adoção de inovações em saúde 4.0, dentre os quais é possível destacar:

- A delimitação das fronteiras tecnológicas da Saúde 4.0 tendo em vista a diversidade e interdisciplinaridade das áreas de conhecimento envolvidas nos processos de PD&I em saúde no contexto da revolução 4.0;
- O grau e impacto decorrente das assimetrias globais associadas ao processo de geração, difusão e uso das bases de conhecimento e capacitações tecnológicas no campo da Saúde 4.0, para os países em desenvolvimento;
- O papel disruptivo das novas plataformas digitais sobre a dinâmica produtiva e de acumulação das empresas do CEIS tendo em vista os novos padrões de conglomeração patrimonial que abrem espaço para um processo de mudança estrutural do CEIS a com entrada de atores oriundos do segmento de TICs;
- Os padrões de financiamento das atividades de CT&I em Saúde com foco particular no papel do financiamento público no apoio aos estágios iniciais do desenvolvimento tecnológico de novas aplicações na saúde 4.0;
- A articulação entre os avanços no campo da saúde digital e as demandas dos sistemas de saúde, tendo em vista a solução de problemas específicos que permitam ampliar o acesso público à saúde dentro dos princípios de universalidade, equidade e integralidade.

Este relatório procura avançar em algumas questões da agenda proposta, particularmente no que se refere ao delineamento e compreensão das fronteiras tecnológicas da saúde 4.0 e da forma assimétrica de inserção dos países desenvolvidos e em desenvolvimento no tocante ao domínio destas plataformas tecnológicas em saúde digital.

Neste aspecto, do ponto de vista do domínio das bases de conhecimento e capacitações tecnológicas associadas ao campo da Saúde 4.0, observa-se atualmente o claro predomínio de países como China, Estados Unidos, Coreia do Sul, Japão e Índia como os principais signatários de famílias de patentes neste campo. Somente China e Estados Unidos respondem, conjuntamente, por mais de 40% do total de famílias de patentes que envolvem tecnologias e aplicações em saúde 4.0 o que aponta para uma forte concentração nos padrões de geração e apropriação de conhecimentos associados às plataformas tecnológicas no campo da saúde 4.0 nestes dois países. Esta liderança decorre de um conjunto de fatores, dentre os quais é possível destacar; i) um padrão elevado de investimentos em atividades de



PD&I nestes dois países, ii) a existência de Sistemas Nacionais de Inovação em Saúde mais robustos e estruturados, baseados na configuração de redes de colaboração em CT&I complexas que articulam não somente as principais empresas líderes no setor de TICs, mas também um conjunto expressivo de universidades e institutos públicos de pesquisa, iii) do papel do Estado como principal promotor dos esforços inovativos permeados por maior risco. Ainda assim, por se constituírem em plataformas tecnológicas novas e de caráter pervasivo, o desenvolvimento de inovações no campo da saúde 4.0 pode oferecer janelas de oportunidade potenciais para os países em desenvolvimento. Destaca-se, neste sentido, o desempenho da Índia que ocupa hoje a quinta posição entre os principais países com maior frequência enquanto signatário de famílias de patentes em saúde 4.0, com uma atuação central de institutos públicos de pesquisa, como o *Council of Scientific & Industrial Research* (CSIR), na conformação de uma rede de colaboração científica em âmbito nacional e internacional.

Do ponto de vista das implicações sobre dinâmica produtiva e de acumulação no Complexo Econômico-Industrial da Saúde - CEIS, o avanço das plataformas digitais no campo da saúde tem acentuado a fluidez das fronteiras tecnológicas, produtivas e competitivas intrasetoriais usualmente estabelecidas entre a base industrial e de serviços em saúde. Da mesma forma, tal avanço tem promovido movimentos de interpenetração patrimonial intersetorial entre empresas que integram os diferentes segmentos do CEIS (farmacêutica, biotecnologia, equipamentos médicos e serviços etc.) e empresas ligadas ao setor de TICs. Esta diluição das fronteiras setoriais é fortemente condicionada pela crescente aplicação no campo da saúde das novas plataformas tecnológicas associadas à digitalização, big data, inteligência artificial, entre outras (Sabattini, et al, 2021), e não se restringe ao setor de serviços de saúde, mas abrange igualmente a indústria farmacêutica e de equipamentos médicos. À exemplo do que ocorre no domínio do conhecimento científico, a adoção dos avanços no campo da Saúde 4.0 tem ocorrido majoritariamente no âmbito dos países desenvolvidos, e estima-se que o mercado de saúde digital deva responder por um faturamento de cerca de US \$ 223,7 bilhões até 2023 (Prescient, & Strategic Intelligence, setembro de 2018).

Conforme destacado por Hiratuka et al (2021) este processo de transformação produtiva e tecnológica nos segmentos do CEIS tem sido, em grande parte, impulsionado pelas grandes empresas nos países centrais e se inserem no contexto de um regime de acumulação crescentemente dominado pelas finanças. Tais processos também são caracterizados pela intensificação nos movimentos de fusões e aquisições e refletem estratégias de concentração de ativos intangíveis por parte das grandes empresas.

Do ponto de vista social, cabe ressaltar que um dos principais objetivos da Saúde 4.0, ou saúde digital, reside no monitoramento da saúde populacional e em um foco crescente em

medicina preventiva. O foco em prevenção propiciado pela análise e monitoramento de dados de saúde tende a reduzir no longo prazo os custos de assistência, mas isso tem interface direta com outras condições socioambientais e culturais. Um elemento central desta estratégia reside num esforço de unificação de informações sobre pacientes, medicamentos, consultas e exames, integrando softwares e dispositivos por meio da tecnologia atualmente disponível. Tal esforço pressupõe um grau elevado de conectividade dos sistemas de saúde onde, por exemplo, com o uso da Internet das Coisas (IoT) até mesmo um leito hospitalar pode ser conectado à rede, fornecendo e fazendo uso de dados. Entretanto, num contexto em que uma boa parte da população mundial não tem acesso garantido sequer à insumos e serviços básicos de saúde ou a itens de conectividade, existe um risco de que a emergência deste novo conceito de atenção à saúde aumente ainda mais as disparidades de acesso dos países menos desenvolvidos em relação aos países desenvolvidos, como já foi amplamente evidenciado no contexto da Pandemia da Covid-19 (Vargas et al, 2021)

Em síntese, no contexto de países em desenvolvimento como o Brasil, a incorporação dessas novas plataformas tecnológicas em saúde envolve um enorme potencial para inovação nos segmentos do CEIS, porém contempla também riscos de ampliação dos hiatos existentes no acesso da população aos bens e serviços em saúde. Por um lado, este processo de transformação digital da saúde, pode oferecer uma janela de oportunidade para ampliação e promoção do acesso universal, equitativo e acessível à saúde através do fortalecimento da base produtiva e tecnológica nacional da saúde em segmentos de alto valor agregado. Por outro lado, num contexto de crescentes assimetrias no processo de geração, difusão, aplicação e financiamento das atividades de CT&I em saúde em âmbito mundial, existe o risco de que a adoção dessas novas plataformas tecnológicas no País, ocorra de forma subordinada, dependente e desarticulada com os interesses sociais e da saúde pública.

De fato, conforme destacado por Gadelha et al (2021.p), a revolução tecnológica em curso, ao acarretar grandes transformações no campo da saúde, não somente abre novos espaços de acumulação e oportunidades tecnológicas, mas traz também riscos de ruptura dos sistemas universais e da dimensão coletiva e pública da saúde em favor de uma organização fragmentada, privada, individualista e estratificada do cuidado, corroendo por dentro, e de modo estrutural, os objetivos de universalidade e de equidade.

A análise apresenta a seguir constitui um passo inicial na agenda de pesquisa proposta, na medida em que busca delimitar as fronteiras tecnológicas da saúde 4.0 a partir de uma abordagem metodológica para identificação de famílias de patentes relacionadas com o conceito de saúde 4.0 e caracterizar as diferentes configurações das redes globais de colaboração em um conjunto selecionado de países (EUA, China, Índia, Rússia e África do Sul) e para o Brasil.

## **2.2. Aspectos metodológicos**

A delimitação das fronteiras tecnológicas da saúde 4.0 se constitui num grande desafio metodológico e analítico. A análise de patentes apresentada nesta seção apresenta um caráter exploratório está baseada em dados extraídos em 01 de fevereiro de 2022 da base de dados Questel Orbit, segundo famílias de patentes selecionadas a partir de um dicionário de palavras-chave relacionadas à campos tecnológicos e aplicações relacionados à indústria 4.0 e à saúde 4.0.

O dicionário de palavras-chave relacionadas à indústria 4.0 foi elaborado com base em uma ampla revisão bibliográfica a partir dos termos usados para referenciar os campos tecnológicos e aplicações em atividades características da indústria 4.0 e da saúde 4.0 a partir de múltiplas fontes: Albuquerque (2021), Menelau et al (2019), Lopes et al (2019), Aceto et al (2020), Jayaraman et al (2018), Weerasinghe et al(2020), IQVIA (2021), Paul et al (2021), European Commision (2020), Global Innovation Index (2021), Tjssen & winnink (2020), Javaid & Haleem (2019). O conjunto de termos identificados encontram-se disponíveis no Anexo I. Foram identificados 362 termos em português e inglês relacionados à indústria 4.0 e à saúde 4.0. As palavras-chave foram cruzadas – ou seja, buscou-se a interseção – com termos relacionados às aplicações em saúde<sup>3</sup>.

A Questel-Orbit disponibiliza informação sobre cerca de 125 milhões de patentes e 66 milhões de famílias de patentes com cobertura de 110 autoridades de direitos de propriedade intelectual em todo o mundo. A base de dados contempla ainda informações atualizadas diariamente sobre códigos de classificação de patentes, domínios e subdomínios de tecnologia, relatórios de citações de patentes e não patentes com indicadores de relevância, objeto da invenção, vantagens e desvantagens da técnica anterior, reivindicações independentes, além de métricas qualitativas como valor da patente, generalidade e impacto da tecnologia. A busca avançada na Questel-Orbit contemplou o dicionário de palavras-chave nos campos: título, resumo, descrição, objeto de invenção e conceito.

Adicionalmente, foram identificados outros 115 termos relacionados a outros campos tecnológicos e aplicações que são relevantes no contexto da Quarta Revolução Industrial, mas que não estão diretamente relacionados às atividades da Indústria 4.0, como por exemplo: nanotecnologia, biotecnologia industrial, novos materiais e tecnologias verdes. A listagem com todos os 115 termos identificados encontra-se disponível no Anexo II.

Para elaborar indicadores de patentes comparáveis entre países, optou-se pela utilização dos dados organizados por famílias de patentes. Uma família de patente é definida como conjunto de patentes (ou pedidos) depositados em vários países que estão relacionados entre si por

---

<sup>3</sup> "human health" OR "healthcare" OR "health" OR "medical" OR "medicine" OR "hospital" OR "saúde humana" OR "serviços de saúde" OR "human health" OR "saúde" OR "médico" OR "médica" OR "medicina" OR "hospital"

um ou vários depósitos de prioridade comum. Em geral, uma família de patentes compreende todas as patentes que protegem a mesma invenção (OCDE, 2009). A utilização de famílias de patentes evita problemas de dupla contagem reduzindo o viés da utilização de múltiplos escritórios, neutraliza eventuais vantagens de publicação doméstica reduzindo o viés proveniente do peso relativo dos principais escritórios como o US Patent and Trademark Office (USPTO) e o European Patent Office (EPO), permitindo a realização de comparativos internacionais da tecnologia e a elaboração (Martínez, 2011).

### **2.3. Panorama global de famílias de patentes em saúde 4.0**

A partir dos dados coletados na base Questel-Orbit foram identificadas 15.317.628 famílias de patentes relacionadas aos campos tecnológicos e aplicações da indústria 4.0 e um total de 2.560.810 patentes relacionadas à saúde 4.0 no período 1945-2022 em âmbito mundial. A interface da saúde 4.0 representa, portanto, quase um quinto (16,7%) das famílias de patentes relacionadas às atividades 4.0. Os líderes Mundiais Estados Unidos e China são os países com o maior número de famílias de patentes em saúde 4.0 depositadas. Considerando-se signatários norte-americanos, identificaram-se 2.176.846 famílias de patentes em atividades da indústria 4.0 e 526.762 famílias de patentes em saúde 4.0. Considerando-se os signatários chineses, identificaram-se 5.025.658 famílias de patentes em atividades da indústria 4.0 e 603.228 famílias de patentes em saúde 4.0. Apesar da larga superioridade numérica da China, os indicadores quantitativos não se refletem necessariamente em indicadores qualitativos como previamente apontado por Vargas et al. (2021).

Como referência para análise do caso brasileiro, identificaram-se ainda a frequência de famílias de patentes em saúde 4.0 por signatários originários de países do BRICS. Foram identificadas 8.398 famílias de patentes em saúde 4.0 na Rússia, 9.528 na Índia, as 603.228 da líder global China e 790 na África do Sul.

No Brasil, a interface saúde 4.0 possui 4.759 famílias de patentes com signatários brasileiros referentes a 22.813 famílias patentes relacionadas à indústria 4.0. As famílias de patentes em saúde 4.0 representam, portanto, 21% das famílias de patentes 4.0 no Brasil e 0,2% das famílias de patentes mundiais em saúde 4.0. A Tabela 1 consolida as estatísticas por países.

**Tabela 1 – Famílias de patentes em saúde 4.0 por países**

Pais	N. fam. Pat. Saúde 4.0	N. fam. Pat. Ind. 4.0	% saúde/4.0	%país/mundo (saúde 4.0)	%país/mundo (Ind. 4.0)
Estados Unidos	526.762	2.176.846	24%	20,6%	14,2%
Brasil	4.759	22.813	21%	0,2%	0,1%
Rússia	8.398	33.992	25%	0,3%	0,2%
China	603.228	5.025.658	12%	23,6%	32,8%
Índia	9.528	31.619	30%	0,4%	0,2%

País	N. fam. Pat. Saúde 4.0	N. fam. Pat. Ind. 4.0	% saúde/4.0	%país/mundo (saúde 4.0)	%país/mundo (Ind. 4.0)
África do Sul	790	3.552	22%	0,0%	0,0%
Mundo	2.560.810	15.317.628	17%	100,0%	100,0%

Fonte: Elaboração própria a partir de dados extraídos da Questel-Orbit

Uma das datas mais significativas do ponto de vista tecnológico é a data de prioridade, pois é o indicador mais próximo da data de invenção. Há evidências de que as empresas que optam por patentear uma inovação o fazem logo no início do processo (OCDE, 2009). O patenteamento de tecnologias em saúde 4.0 cresceu gradativamente ao longo de todo o período 2002-2022<sup>4</sup>. Frente à emergência da pandemia de covid-19, contudo, no biênio 2020-2021 observou-se um aumento abrupto do volume de primeiras prioridades de patentes em tecnologias e aplicações relacionadas à saúde 4.0 em todo mundo, **como pode ser visualizado na Gráfico 1**.

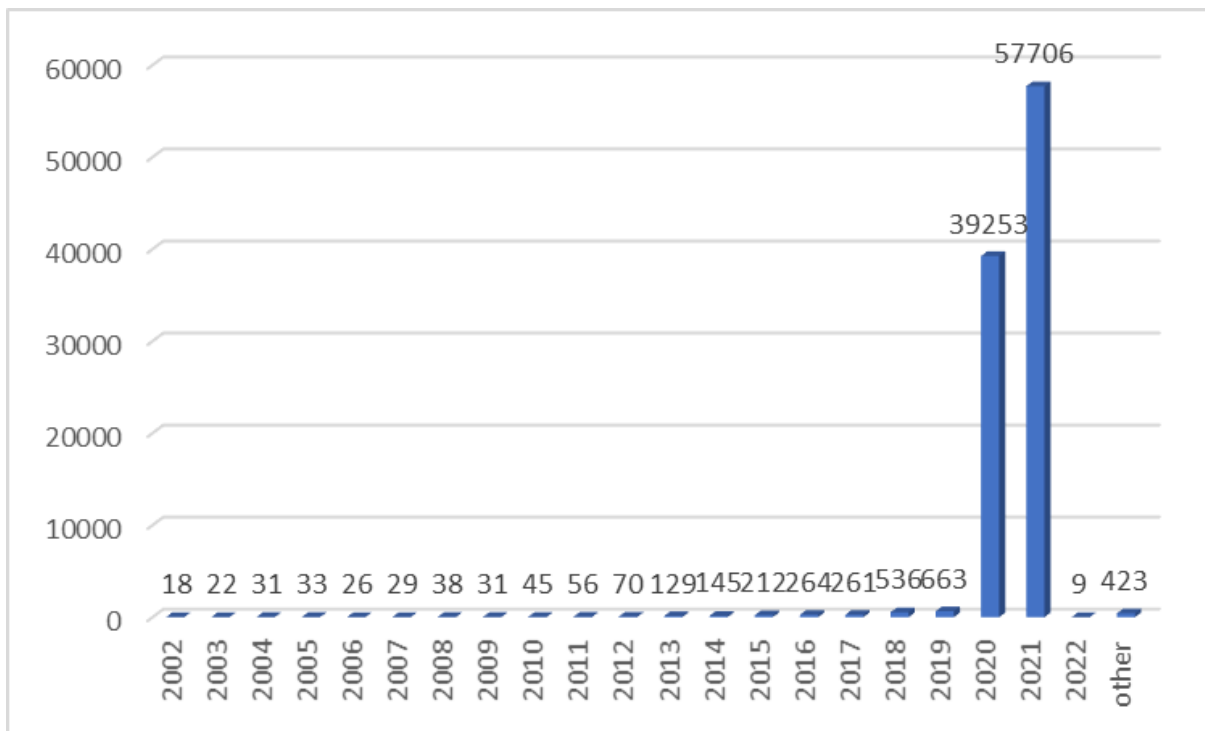
No Brasil, observa-se um aumento significativo das prioridades de patentes em saúde 4.0 ao longo de todo o período 1988-2020, embora o país não acompanhe a tendência global de expansão de prioridades no biênio 2020-2021, marcado pela pandemia da covid-19. No caso brasileiro, o pico de prioridades se deu em 2018 com o depósito de 596 prioridades em saúde 4.0.

É possível que os resultados apresentados no Gráfico 2 estejam em parte associados à incapacidade do país, em termos de sua estrutura de C&T, em responder rapidamente às demandas de saúde 4.0 que se amplificaram abruptamente frente à emergência da pandemia – colocando o país na posição de receptor de tecnologias, bens e serviços em saúde 4.0 no âmbito da crise sanitária. Países dos BRICS como Índia, Rússia e África do Sul também não apresentaram a abrupta elevação das prioridades de famílias de patentes no biênio 2020-2021, reforçando o argumento sobre possíveis incompletudes nos Sistemas de Nacionais de Inovação de países em desenvolvimento com implicações para o tempo de resposta à crise sanitária em termos de depósito de prioridades de patentes sobre invenções.

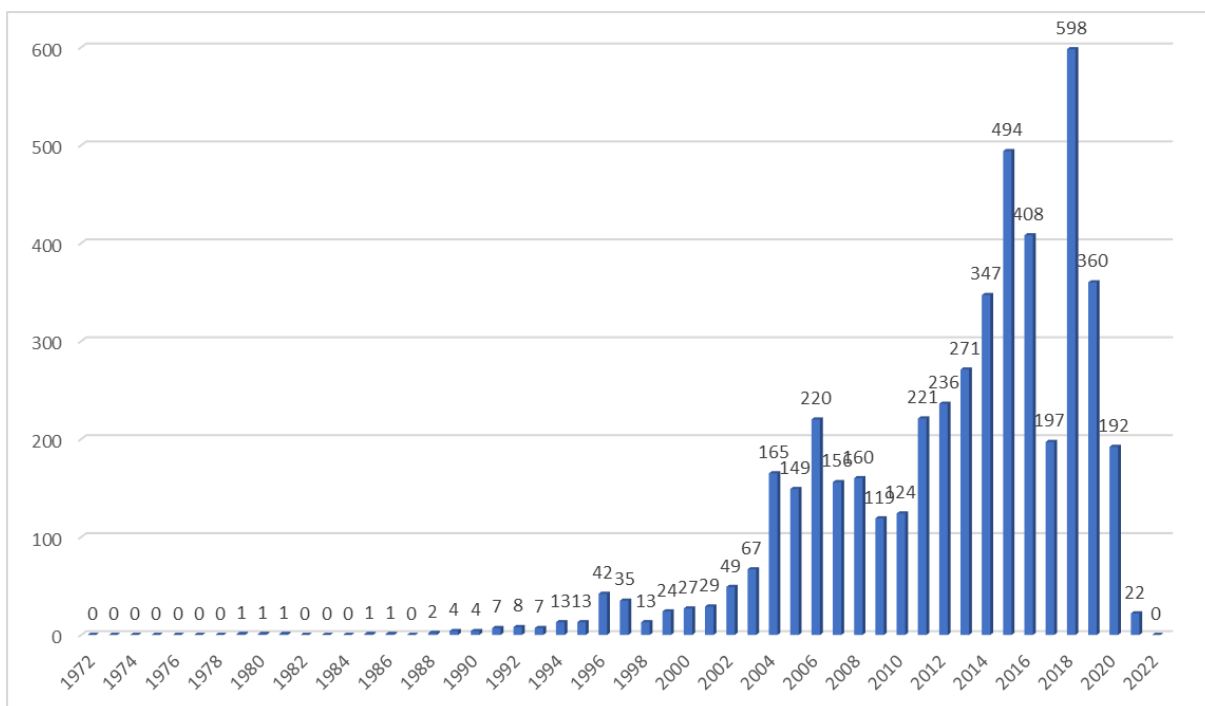
É possível, no caso brasileiro, também que se verifique um impacto da redução de investimentos públicos em C&T sobre os dados de patentes ou, ainda, que os dados reflitam o período de *backlog* de patentes que é historicamente elevado no Brasil.

<sup>4</sup> Analisadas as 100.000 famílias de patentes no período 2002-2022 em saúde 4.0 no mundo. Por uma limitação do processamento de dados da base Questel Orbit não é possível a análise de todos os 2.560.810 documentos.

**Gráfico 1 – Número de famílias de patentes em saúde 4.0 por ano da primeira prioridade no Mundo**



**Gráfico 2 – Número de famílias de patentes em saúde 4.0 por ano da primeira prioridade no Brasil**



Diferentes indicadores de internacionalização e da geografia das invenções com base em dados de famílias de patentes podem ser encontrados na literatura, a maioria dos quais consiste na imposição de filtros geográficos às famílias de patentes. Dado o caráter territorial da proteção de patentes, quando os requerentes desejam proteger suas invenções em diferentes países, um pedido de patente precisa ser depositado em cada um dos escritórios de patentes onde a proteção é solicitada. Como resultado, o primeiro depósito de patente feito para proteger a invenção (a prioridade) é seguido por uma série de depósitos subsequentes e, juntos, eles formam uma família de patentes (Martínez, 2011).

Para refletir o desempenho inventivo de cada país, a Figura 1 consolida o número de famílias de patentes classificadas pelo país da primeira prioridade. De acordo com este indicador, os 10 países que mais se destacam como inventores em saúde 4.0 são China (65.928), Estados Unidos (16.415), Coreia do Sul (5.270), Japão (3.243), Índia (1.938), Alemanha (921), Austrália (572), Rússia (489), França (378) e Reino Unido (233). A amostra de dados é composta ainda por famílias de patentes transnacionais, definidas como famílias que usam procedimentos de preenchimento supranacional como a Organização Mundial da Propriedade Intelectual (3.817) e a Organização Europeia de Patentes (1.966), para melhor capturar as tendências recentes de globalização e expansão para mercados emergentes.

É difícil estabelecer qualquer parâmetro de comparação entre o caso brasileiro e os países líderes China e Estados Unidos, seja pela diferença em termos de estágios de desenvolvimento em CT&I, seja pelas peculiaridades dos Sistemas Nacionais de Inovação desses países. Contudo, destaca-se na Figura 1 a posição relativa de países como Índia e Rússia – pertencentes ao grupo dos BRICS – em comparação à Brasil e África do Sul, cujos dados sequer aparecem na Figura 1 de primeiras prioridades de patentes em saúde 4.0. Apesar da dificuldade em tentativas de comparação de Sistemas Nacionais de Inovação, pelo caráter único contexto e histórico específicos de cada sistema, os dados indicam um processo de desenvolvimento tardio do Brasil em tecnologias e aplicações em saúde 4.0 – ou pelo menos em condições de apropriação de invenções e inovações – frente ao conjunto de países em desenvolvimento do BRICS, especialmente China, Índia e Rússia.

**Figura 1 – Famílias de patentes em saúde 4.0 por países (primeira prioridade)**

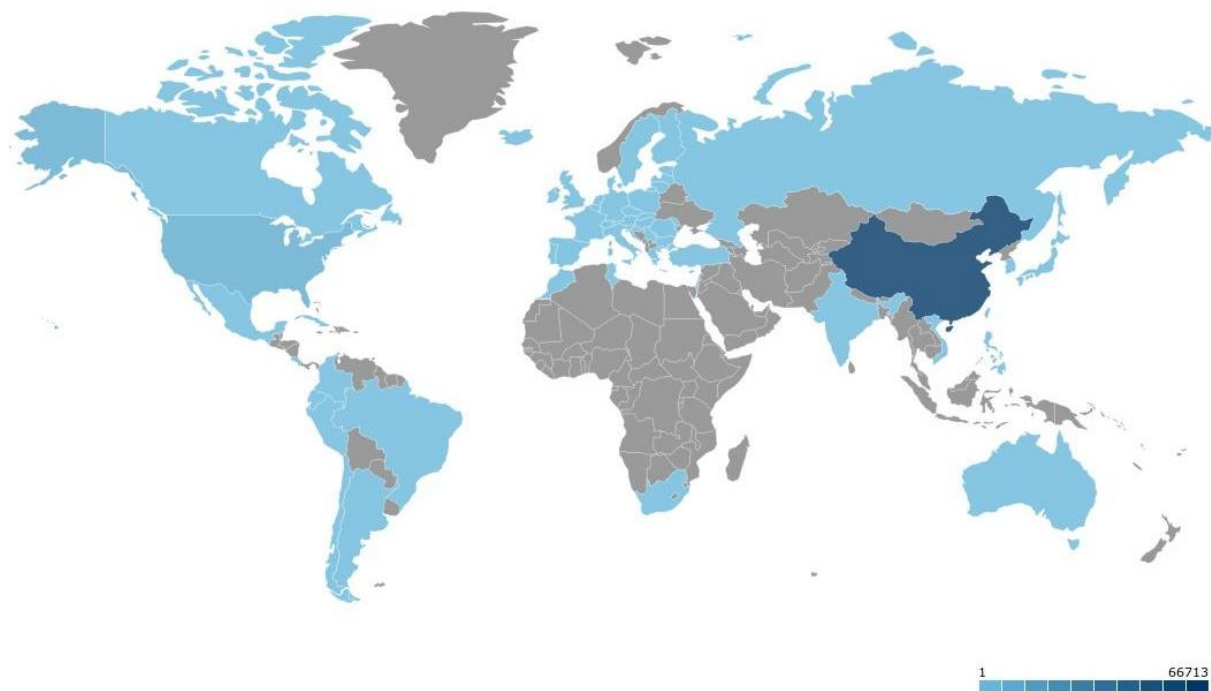


© Questel 2022

Os indicadores por países de proteção e publicação apresentam um padrão de dispersão geográfico maior, mas ratificam a existência de importantes assimetrias globais em termos da apropriação de benefícios de invenções em saúde 4.0. A Figura 2 apresenta a dispersão por países da proteção de patentes. Observa-se que apesar das primeiras prioridades não serem depositadas em um número grande de países, a apropriação dos lucros advindos dessas patentes é garantida em um número elevado de territórios.



**Figura 2 – Famílias de patentes em saúde 4.0 por países (proteção)**



Quando analisadas as publicações de patentes por países e por ano, ilustradas no Gráfico 3, observa-se a importância crescente da China no contexto da pandemia de covid-19. A China é, portanto, uma das grandes responsáveis pela explosão das prioridades mundiais de patentes em saúde 4.0 no contexto da pandemia de covid-19 previamente verificada no Gráfico 1.

Até 2019 o padrão de dispersão das publicações entre os dois líderes globais em saúde 4.0 – China e Estados Unidos – era bastante similar embora a China tenha feito o *catch-up* tecnológico tardiamente a partir de 1995 e, principalmente, a partir dos anos 2000. Os Estados Unidos já publicavam patentes em saúde 4.0, pelo menos, desde a década de 1970.

O Brasil figura na 16ª posição em termos de território mais relevante em famílias de patentes publicadas em saúde 4.0. As publicações de patentes em saúde 4.0 também se acentuam a partir dos anos 2000, mas apresentam um caráter historicamente menos contínuo ou mais discreto em observações verificadas por anos. A dispersão das famílias de patentes em saúde 4.0 por anos, em função de padrões de desenvolvimento tardio e eventuais discontinuidades, se assemelham mais nos casos de Brasil, Índia e Rússia.

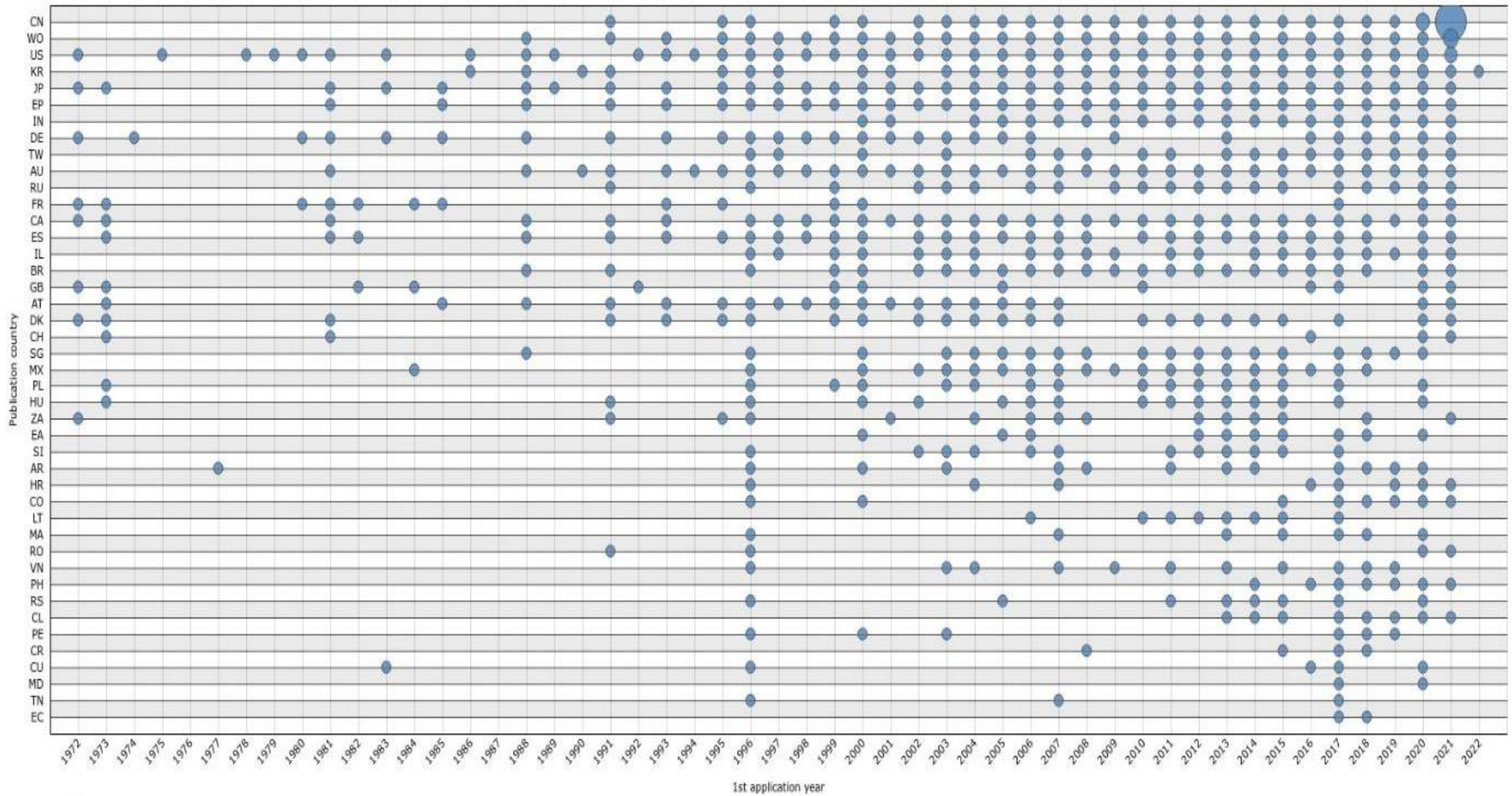
Ao contrário da China, onde as publicações correspondem majoritariamente a signatários chineses, no Brasil as publicações de famílias de patentes estão fortemente relacionadas à proteção de direitos de patentes de signatários internacionais ou transnacionais. Portanto, não

é possível fazer uma análise de *catch-up* tecnológico no Brasil a partir dos dados de publicações de famílias de patentes em saúde 4.0 em território brasileiro<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> Uma análise alternativa é proposta neste trabalho a partir das famílias de patentes depositadas exclusivamente por signatários brasileiros.

Gráfico 3 – Famílias de patentes em saúde 4.0 por países (país de publicação por ano)



Os indicadores de signatários por países<sup>6</sup> corroboram em certa medida os indícios apresentados pelo país de depósito da primeira prioridade. Os países que concentram a maior frequência de signatários são Estados Unidos e China, seguidos por Coréia do Sul, Japão e Índia.

Destacam-se como signatários de famílias de patentes em saúde 4.0: as empresas norte-americanas Qualcomm, Apple, IBM, Intel, Microsoft, Micron, Amazon, Medtronic, Intel; as empresas chinesas Huawei, Xiaomi, Tencent, Honor, Oppo, Ping An, Beijing Dajia Interconnection Information Technology, Sogou, Alibaba, SGCC, Harbin e GREE; as empresas coreanas Samsung Electronics, Lg Electronics; as empresas europeias Philips, Covidien, Siemens, Hoffmann La Roche, Nokia e Ericsson; e as empresas japonesas Canon, Panasonic, Sony, Toyota. Observa-se, portanto, uma elevada participação de empresas estabelecidas em Tecnologias da Informação e da Comunicação que exploram, agora, oportunidades no campo da saúde que são coerentes com suas competências de núcleo.

Dentre os 100 principais signatários mundiais de famílias de patentes em saúde 4.0, identificou-se a presença de 49 universidades e institutos públicos de pesquisa. Ou seja, quase a metade dos principais signatários de famílias de patentes em saúde 4.0 são instituições que contam com apoio público para a realização de atividades de pesquisa. Por um lado, esse indicador aponta o caráter fortemente baseado em conhecimentos das tecnologias e aplicações em saúde 4.0. Por outro lado, ressalta-se a importância da atuação do Estado como promotor e articulador dos avanços em C&T e da centralidade do debate sobre compartilhamento de riscos e retornos da inovação tecnológica.

Dentre as 30 principais universidades signatárias de famílias de patentes em saúde 4.0, destacam-se: Zhejiang University, University of California, Tsinghua University, Jiangnan University, Chongqing University, Beijing University Of Technology, Sichuan University, Nanjing University, Beihang University Of Aeronautics & Astronautics, Zhejiang University Of Technology, Shanghai Jiao Tong University, South China University Of Technology, Xi'an Jiaotong University, Shandong University, Jilin University, University Of Texas, Fudan University, Central South University, Huazhong University Of Science & Technology, Tianjing University, Korea University Industrial & Academic Collaboration Foundation, Hefei University Of Technology, People S Liberation Army Air Force Military Medical University, First Affiliated Hospital Of Zhengzhou University, Seoul National University R&DB Foundation, Beijing University Of Chemical Technology, University Of Electronic Science & Technology Of China, Dalian University Of Technology, Tongji University, Shanghai University. Observa-se, portanto, uma proeminência de Instituições de C&T norte-americanas, chinesas e coreanas.

---

<sup>6</sup> Considerando-se os 100 principais territórios e os 100 principais signatários, em decorrência das limitações no processamento de dados da base Questel Orbit.

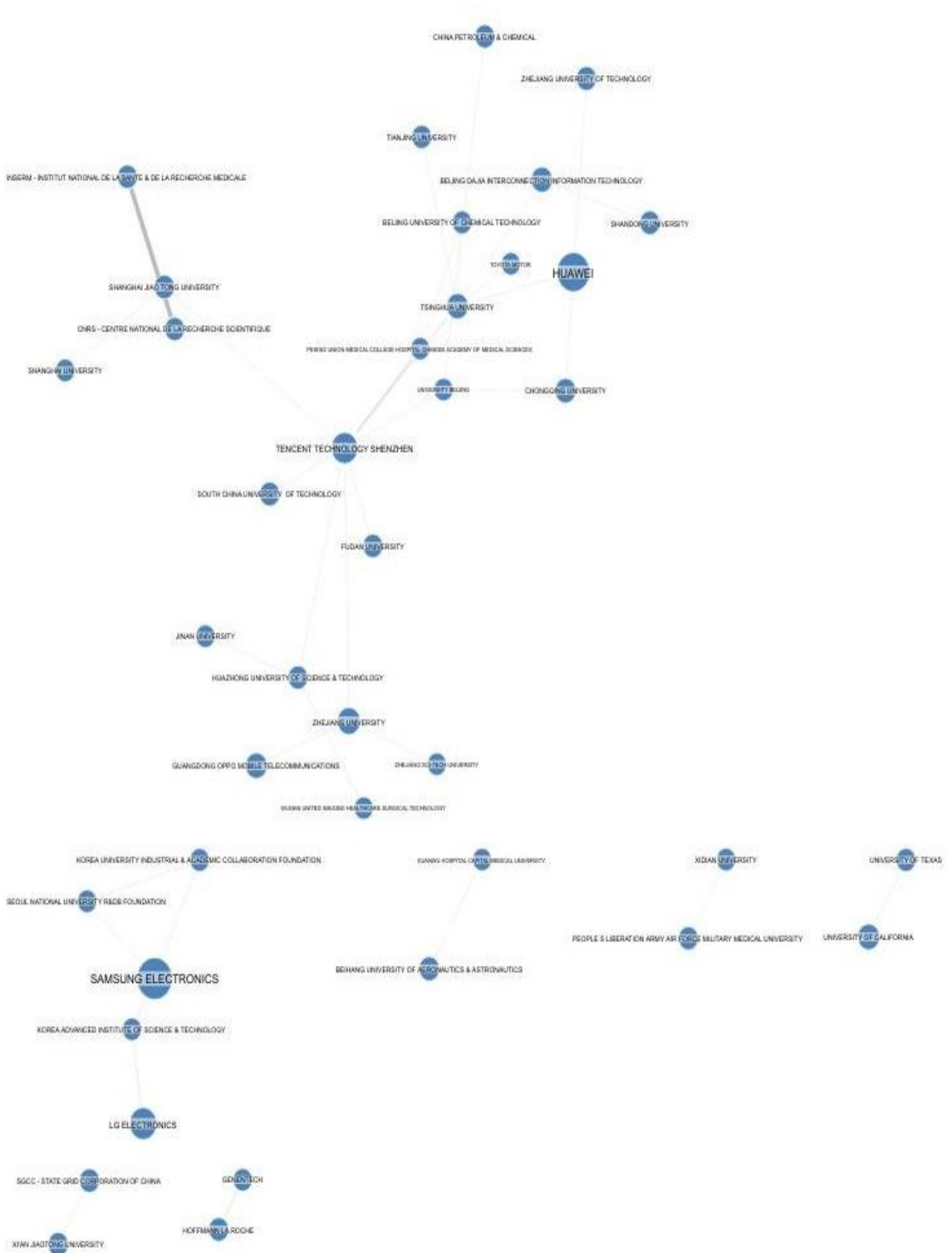
#### **2.4. Panorama global das redes de colaboração em Saúde 4.0**

A importância das empresas e instituições de C&T mencionadas fica evidenciada na rede mundial de colaborações entre signatários de famílias de patentes em saúde 4.0. A Figura 4 mostra a árvore central desta rede a partir da exclusão dos nós pouco conectados. Dada a elevada complexidade da rede e a dificuldade de analisar uma quantidade suficiente de dados para o mundo<sup>7</sup>, a análise das colaborações por países líderes – Estados Unidos e China – e por países do BRICS – Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul – será contemplada em mais detalhes como referência para análise do caso brasileiro. A análise dos indicadores de patentes em saúde 4.0 dos países selecionados permite, nesse sentido, a identificação de fatos estilizados para países líderes e países em desenvolvimento que indicam os desafios e as oportunidades para o desenvolvimento de atividades em saúde 4.0 no Brasil.

---

<sup>7</sup> Em função das características da base de dados que limita a análise à 100.000 observações. As redes consideram apenas as colaborações entre os 100 principais signatários de patentes de cada território analisado, incluindo o co-patenteamento com empresas e instituições estrangeiras e/ou transnacionais. Não é possível a análise de rede através do uso de microdados devido ao elevado número de observações encontradas para as palavras-chaves definidas no processo metodológico.

**Figura 4 – Árvore da rede de colaboração entre signatários de famílias de patentes em saúde** 4.0

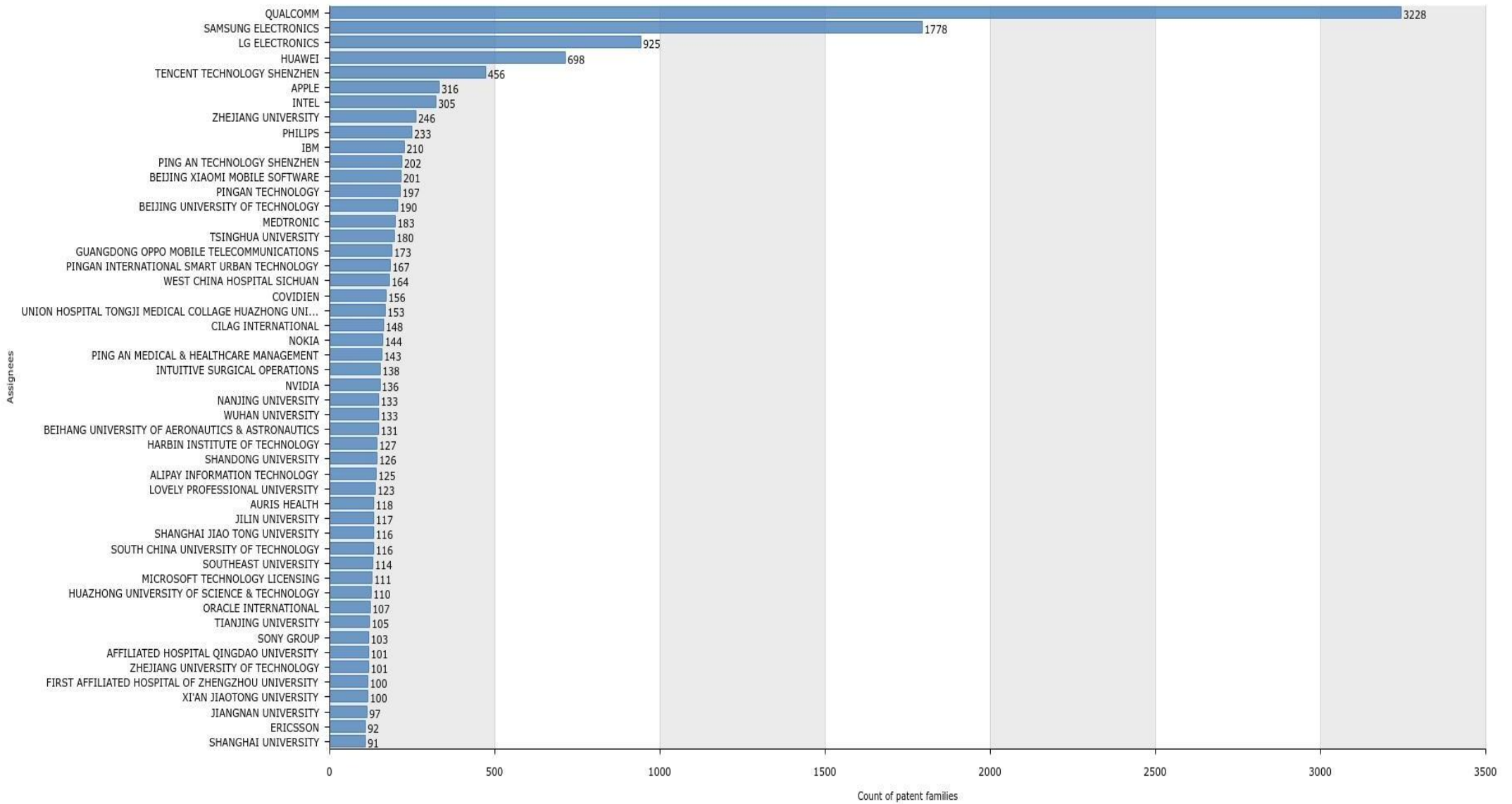


Na amostra de 100 empresas e instituições que mais colaboraram em famílias de patentes em nível global, destacam-se as posições estruturais de centralidade de muitas universidades e institutos de pesquisa e de uma lista de empresas líderes globais. Dentre as 45 universidades que mais colaboraram em famílias de patentes 4.0, destacam-se: *Tsinghua University, Seoul National University R&D Foundation, Korea University Industrial & Academic Collaboration Foundation, Shanghai Jiao Tong University, Huazhong University of Science & Technology, Beijing University of Chemical Technology, Zhejiang University, University Beijing, Chongqing University, University Of California, University of Texas, Beihang University of Aeronautics & Astronautics, Xuanwu Hospital Capital Medical University, Zhejiang University of Technology, South China University of Technology, Fudan University, Zhejiang Sci-Tech University, Tianjing University, Shandong University, Shanghai University.*

Dentre as empresas, destaca-se a centralidade das líderes globais: Tencent Technology, Shenzhen, Samsung Electronics, Hoffmann La Roche, Genentech, Huawei, Lg Electronics, Beijing Dajia Interconnection Information Technology, Wuhan United Imaging Healthcare Surgical Technology, Guangdong Oppo Mobile Telecommunications, Toyota Motor, SGCC - State Grid Corporation Of China, China Petroleum & Chemical.

A listagem dos 50 principais signatários de famílias de patentes em saúde 4.0 no mundo é consolidada no Gráfico 4.

**Gráfico 4 – Lista 50 principais signatários mundiais em famílias de patentes em saúde 4.0.**





### **2.4.1. Redes de colaboração em saúde 4.0 na China**

Um fato curioso da análise das redes emerge da constatação de que apesar da importância relativa de empresas chinesas como Tencent, Huawei, Dajia-IIT, Oppo e SGCC nas colaborações globais em famílias de patentes em saúde 4.0, quando analisada a rede de colaborações restrita à signatários chineses observa-se uma baixa densidade de colaborações entre os signatários chineses e uma estrutura marcada por muitos nós pouco conectados. A partir destes dados, é possível afirmar que as empresas e instituições chinesas estão relativamente mais interligadas com empresas e instituições de C&T de outros países e desempenham papel central nas redes internacionais. Quando isoladas as colaborações entre signatários chineses, a densidade e a complexidade da rede de co-patenteamento são reduzidas e a importância das universidades chinesas no contexto de C&T nacional fica evidenciada. Neste sentido, os resultados obtidos apontam para a importância do acesso à fontes externas de conhecimento em nível global para o sucesso inovador das grandes empresas líderes chinesas, mas também para a importância do fortalecimento da estrutura nacional de C&T que suporta os avanços científico-tecnológicos em saúde 4.0 no âmbito nacional. A árvore da rede de colaborações entre signatários chineses é apresentada na Figura 6.

Um exemplo da construção destas redes internacionais de colaboração envolve a parceria estratégica estabelecida, em 2019, entre a Merck, uma multinacional alemã farmacêutica, química e de ciências da vida, e a Tencent, um conglomerado de investimentos multinacional chinês. As duas empresas firmaram um acordo de colaboração estratégica para geração de informações pública sobre doenças e fornecimento de serviços de saúde mais acessíveis por meio de plataformas digitais na China. As áreas de foco incluem todas as áreas de tratamento dos negócios de saúde da Merck na China: em alergias, a Merck e a Tencent explorarão serviços digitais que aumentam a conscientização sobre sintomas de alergia e incentivam a adesão aos planos de tratamento; na área de infertilidade, a colaboração trabalhará para aumentar a conscientização sobre doenças e opções de tratamento e ajudar os pacientes que precisam de recursos de fertilidade a encurtar o processo de tratamento médico. As duas empresas também se concentrarão em diabetes, distúrbios da tireóide e doenças cardiovasculares, bem como oncologia, como câncer colorretal metastático (mCRC). Além disso, o acordo prevê o uso de modelos inovadores de serviços médicos baseados em Inteligência Artificial (IA). Da mesma forma, é importante ressaltar que este esforço de incorporação das novas tecnologias digitais nos serviços de saúde se insere numa estratégia mais ampla, prevista no 14<sup>o</sup>. Plano Quinquenal chinês, de reformulação e modernização do sistema nacional de saúde.

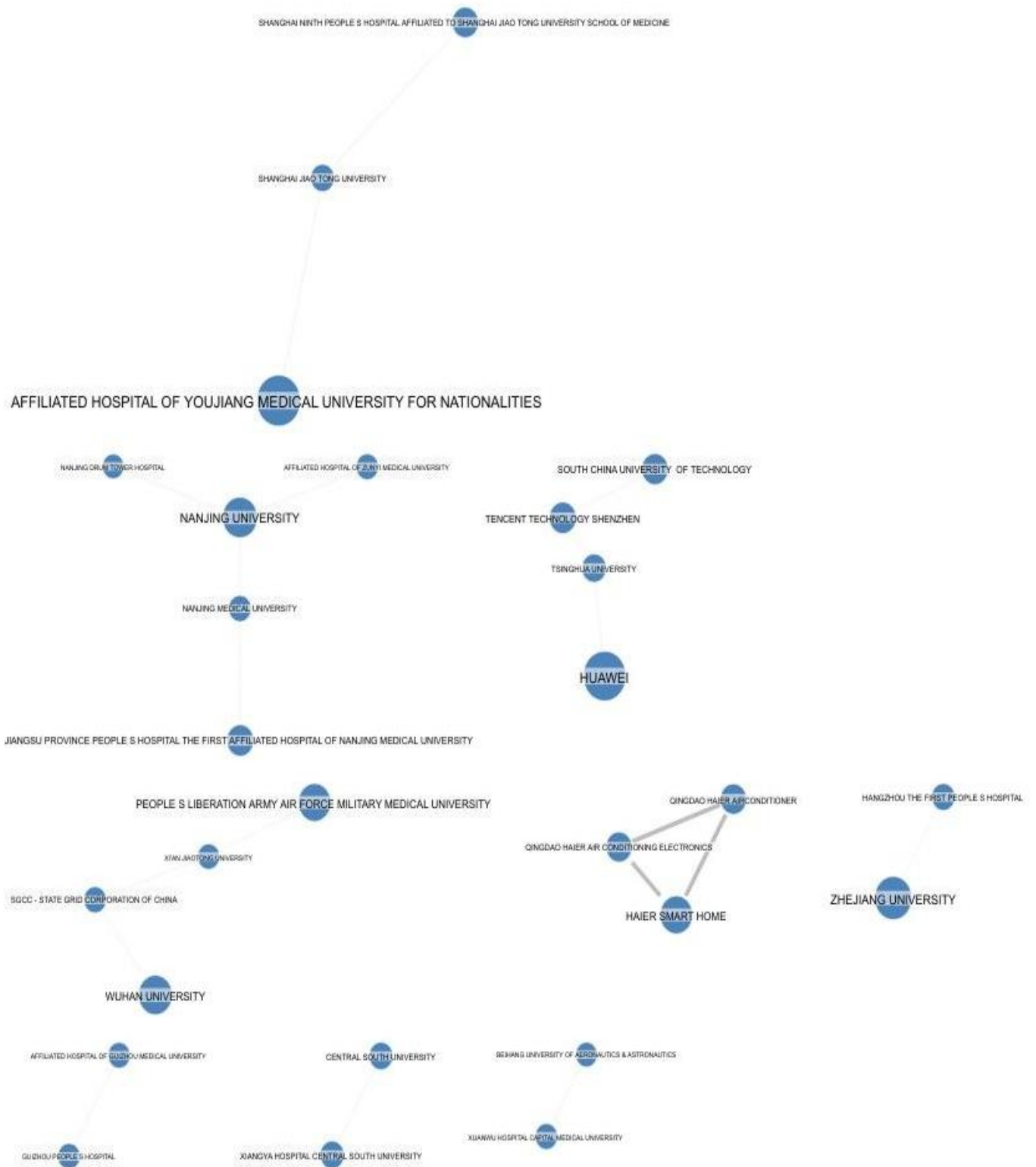
No campo das universidades e ICTs, destaca-se a centralidade de instituições públicas chinesas como *Shanghai Jiao Tong University*, *Shanghai Ninth People S Hospital Affiliated To Shanghai Jiao Tong University School Of Medicine*, *Nanjing University*, *Affiliated Hospital Of Youjiang Medical University For Nationalities* e *Tsinghua University* atuando como pontes estruturais na conformação da árvore da rede de colaborações entre signatários chineses.

Empresas chinesas líderes como Haier, Tencent, SGCC e Huawei também são identificadas na rede, apesar de apresentarem importância limitada em termos de centralidade estrutural.

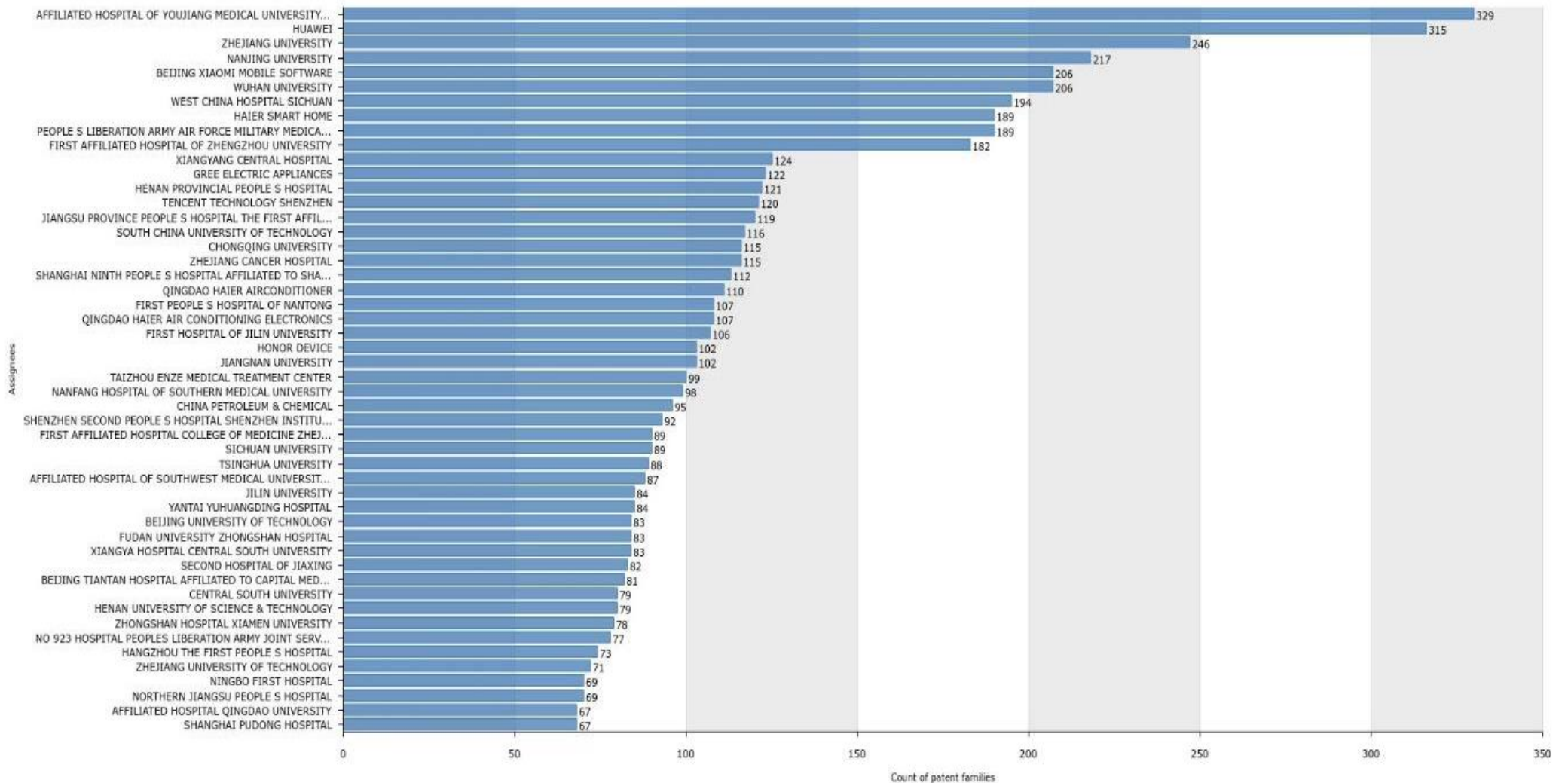
Os indicadores comparativos – entre as estruturas em rede apresentadas nas Figuras 4 e 6 – apontam para a importância das colaborações internacionais – inclusive com universidades e institutos de pesquisa no exterior – no amparo aos processos de P,D&I em saúde 4.0 pelas empresas chinesas.

De forma complementar à análise das redes, os principais signatários chineses de famílias de patentes 4.0 são listados no Gráfico 5.

**Figura 6 – Árvore da rede de colaboração entre signatários de famílias de patentes em saúde 4.0 por signatários chineses**



**Gráfico 5 – Lista 50 principais signatários chineses em famílias de patentes em saúde 4.0.**



#### **2.4.2. Redes de colaboração em saúde 4.0 nos Estados Unidos**

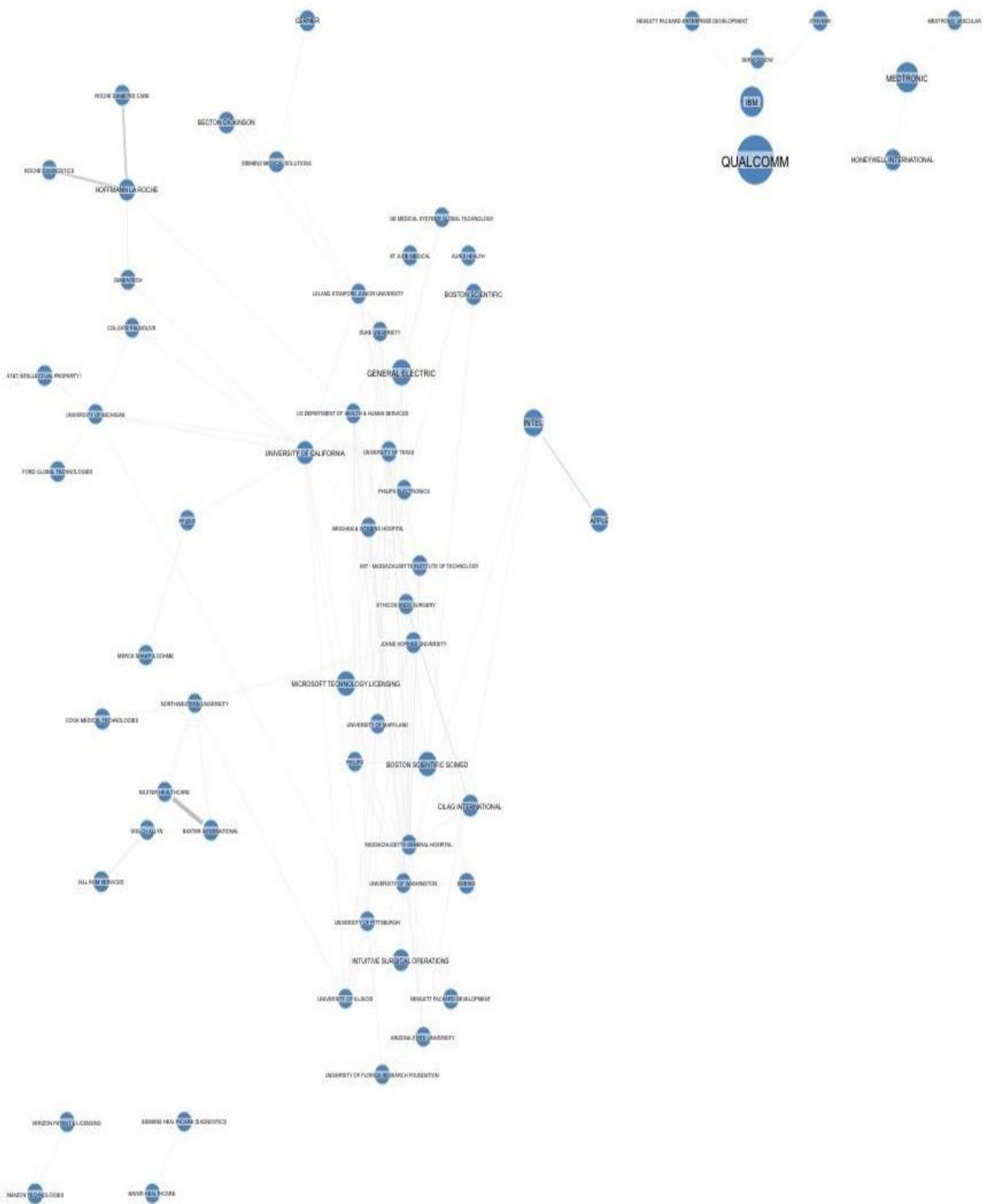
Ao contrário do caso Chinês, as colaborações estabelecidas por signatários norte-americanos em famílias de patentes relacionadas à saúde 4.0 apresentam a conformação de uma rede mais complexa e estruturada conforme apresentado na Figuras 8. A maior complexidade da rede norte-americana está provavelmente associada ao estágio de desenvolvimento do Sistema Nacional de Inovação nos Estados Unidos e à atuação estruturante do governo norte-americano na conformação deste sistema no longo prazo. Não se descarta a possibilidade de conexão entre o volume de colaborações e os indicadores qualitativos das patentes – conforme previamente apontado em Vargas et al. (2021) –, embora o volume dos dados analisados dificulte a avaliação de indicadores qualitativos na base de dados Questel Orbit.

Em termos no grau de relacionamentos estabelecidos da rede de colaborações em famílias de patentes relacionadas à saúde 4.0, destacam-se um grupo de empresas líderes em tecnologias da informação e comunicação, farmacêutica e biotecnologia: Hoffmann La Roche, Baxter, Intel, Apple, Ethicon Endo Surgery, Welch Allyn, Cilag International, Hill Rom Services, General Electric, IBM, Genentech, Philips E Microsoft. Em termos do grau de interligações e das posições de centralidade estrutural, destacam-se ainda a atuação de dois hospitais, o *Massachusetts General Hospital* e o *Brigham & Womens Hospital*, além da agência governamental *Us Department Of Health & Human Services*.

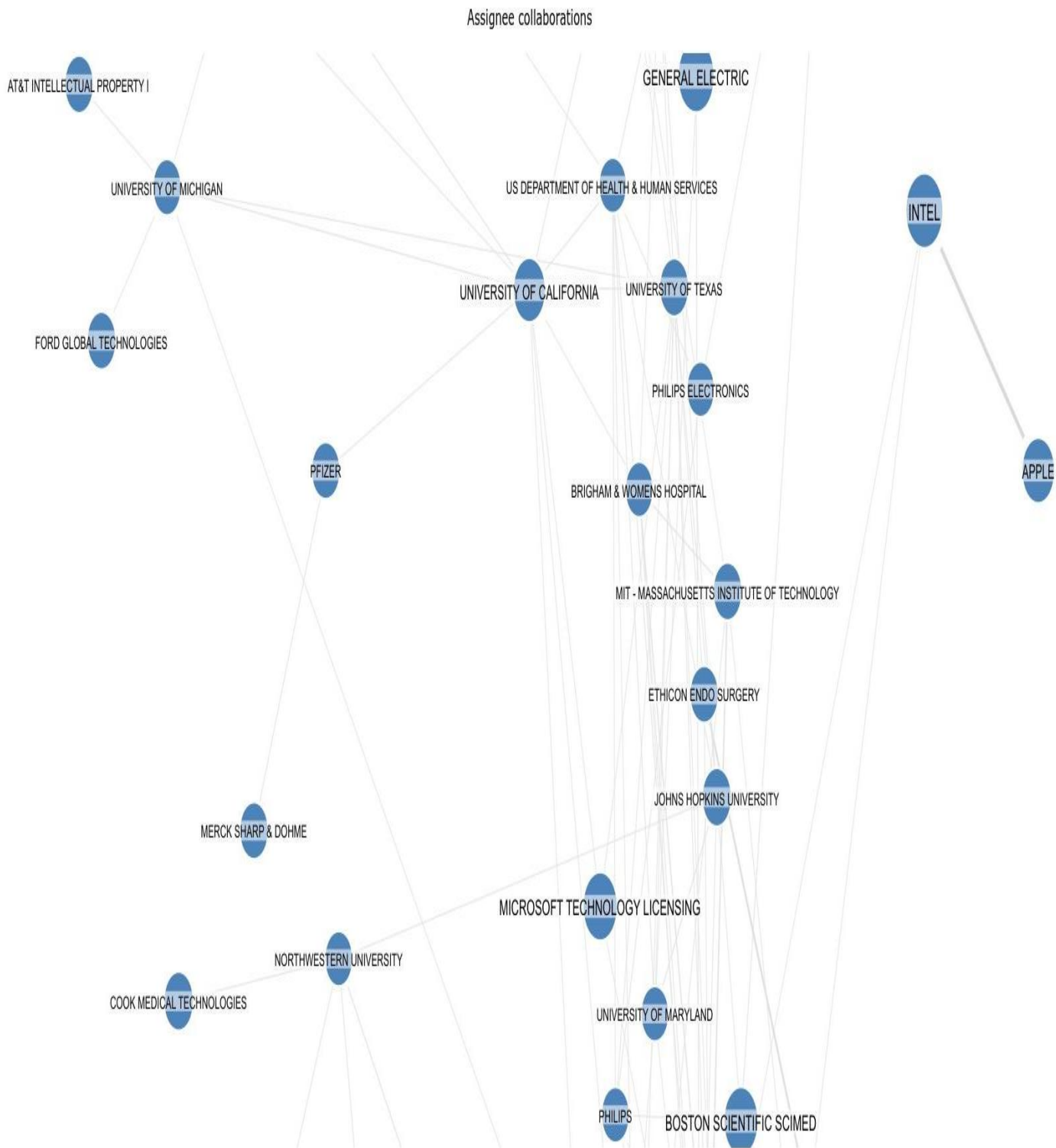
Considerando-se a importância das universidades e institutos de pesquisa na rede norte-americana de colaborações, destacam-se: MIT - Massachusetts Institute Of Technology, University of California, University of Texas, Johns Hopkins University, University of Washington, University of Maryland, Northwestern University, Leland Stanford Junior University, University of Illinois, Duke University, University of Michigan, University of Pittsburgh, Arizona State University, University of Florida Research Foundation.

A Figura 9 apresenta uma aproximação gráfica da árvore de rede através da qual é possível visualizar a posição de centralidade da Universidade da Califórnia, do MIT e do *Institute of Health and Human Services* e da Universidade do Texas na estruturação da rede de colaborações entre signatários norte-americanos. Complementarmente, os principais signatários norte-americanos de famílias de patentes em saúde 4.0 são apresentados no Gráfico 5. Os resultados obtidos corroboram a posição de centralidade do Estado e das Universidades na promoção dos avanços científico-tecnológicos em saúde 4.0 mesmo em um país central que é um dos líderes globais no segmento. Cabe ressaltar que o acesso às fontes externas de conhecimento financiadas com recursos públicos é uma forma de compartilhamento dos riscos e dos custos associados aos processos de inovação no âmbito das empresas, no qual o Estado desempenha papel central como promotor do dinamismo científico-tecnológico nacional.

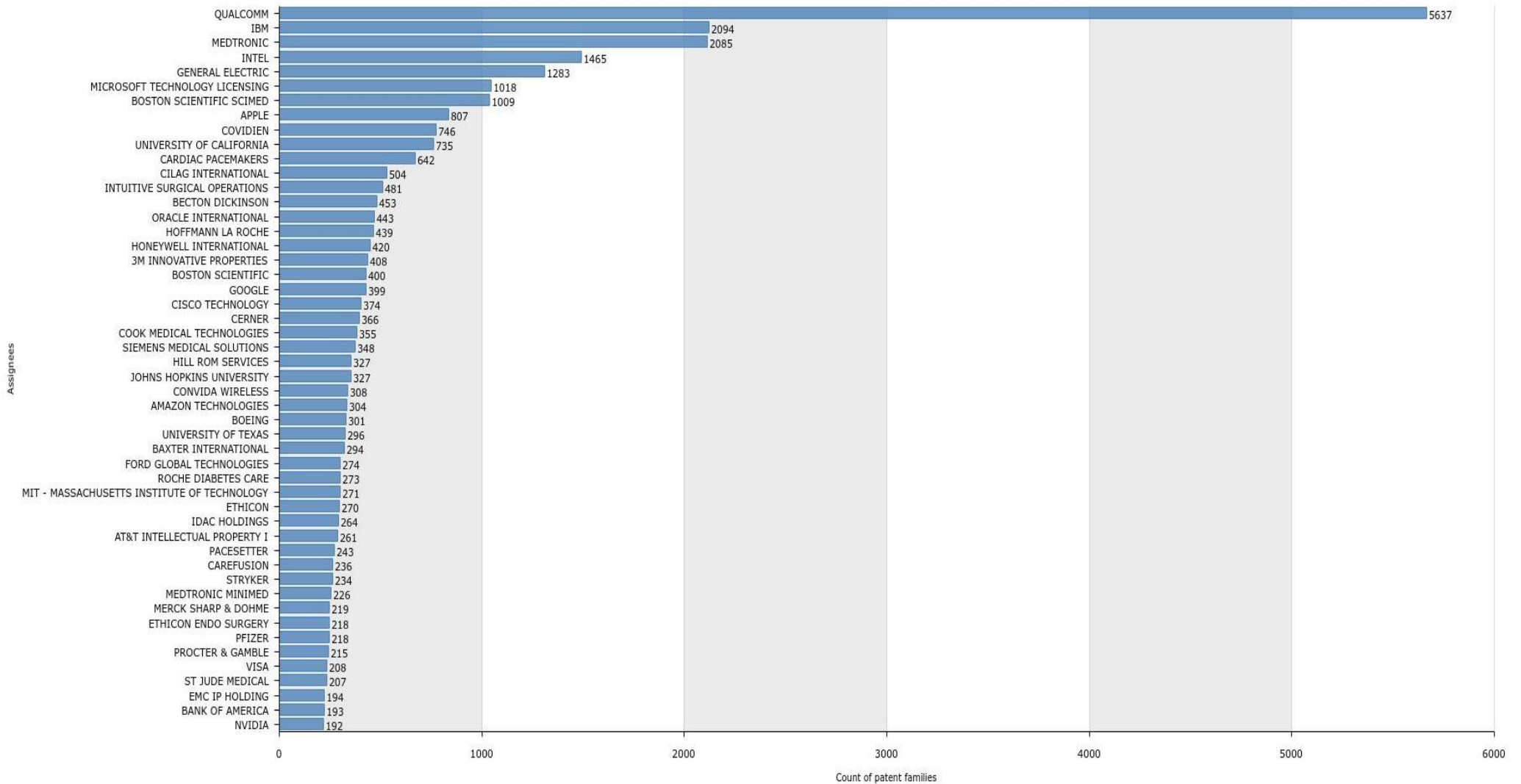
**Figura 8 – Árvore da rede de colaboração entre signatários de famílias de patentes em saúde 4.0 por signatários norte-americanos**



**Figura 9 – Árvore da rede de colaboração entre signatários de famílias de patentes em saúde 4.0 por signatários norte-americanos (zoom em elos centrais)**



**Gráfico 4 – Lista 50 principais signatários norte-americanos em famílias de patentes em saúde 4.0.**





### **2.4.3. Redes de colaboração em saúde 4.0 na Índia**

Quando analisadas as colaborações de outros países do BRICS, além da China, como Índia, Rússia e África do Sul, observa-se um padrão similar de limitada complexidade das estruturas de redes de colaboração em co-patenteamento bem como a importância central de determinadas instituições nacionais de C&T como pontes estruturais na conformação das redes entre signatários de famílias de patentes em saúde 4.0.

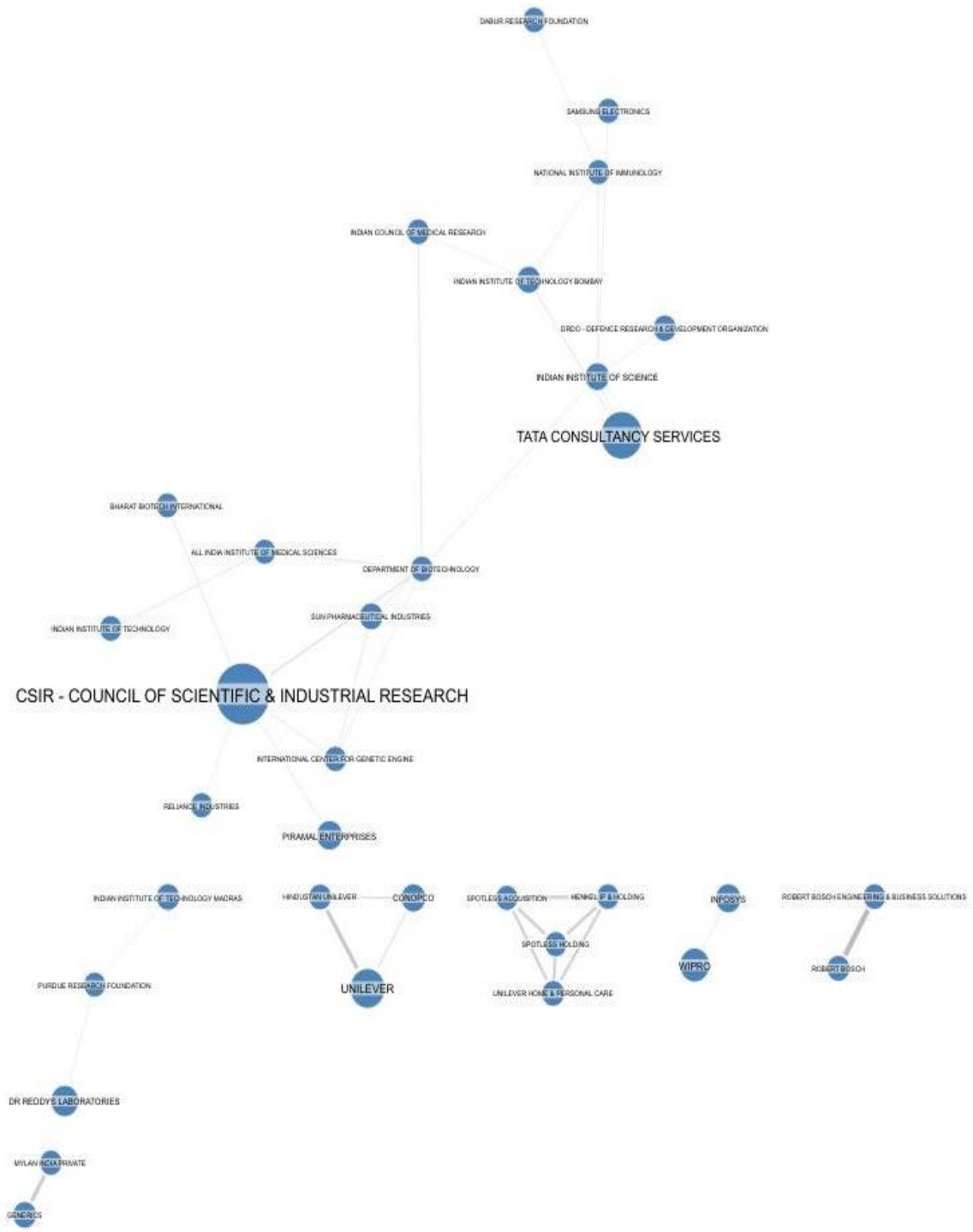
A árvore de colaborações entre signatários indianos de famílias de patentes em saúde 4.0 é apresentada na Figura 10. Observa-se o papel central do *Council of Scientific & Industrial Research* (CSIR) como signatário de famílias de patentes e como ponte estrutural na conformação da rede de colaboração entre signatários de famílias de patentes em saúde 4.0 no contexto indiano. Em menor grau destacam-se ainda as posições estruturais de outros institutos nacionais de pesquisa na Índia, como o *Indian Institute of Science, Department of Biotechnology, Indian Institute of Technology Bombay, All India Institute Of Medical Sciences, National Institute of Immunology, Indian Council of Medical Research e do Indian Institute of Technology*. Os indicadores corroboram, portanto, a importância central do papel do estado indiano como promotor e articulador dos avanços em C,T&I em temas relacionados à saúde 4.0.

Historicamente, o Estado Indiano se destaca internacionalmente por seus esforços na promoção da estrutura nacional de C&T e da formação de pessoal altamente capacitado. Os avanços na esfera da ciência, contudo, enfrentam os gargalos estruturais característicos de um padrão de desenvolvimento tardio e dual que dificultam os transbordamentos de conhecimento para a esfera da tecnologia. Os investimentos científicos na Índia estão historicamente associados à formação de cientistas altamente qualificados que deixaram o país em busca de oportunidades de trabalho no exterior e que, muitas vezes, retornam ao país com novas capacitações para explorar oportunidades em atividades e serviços de offshoring em articulação direta com as demandas de grandes empresas transnacionais (GONZALO et al., 2021).

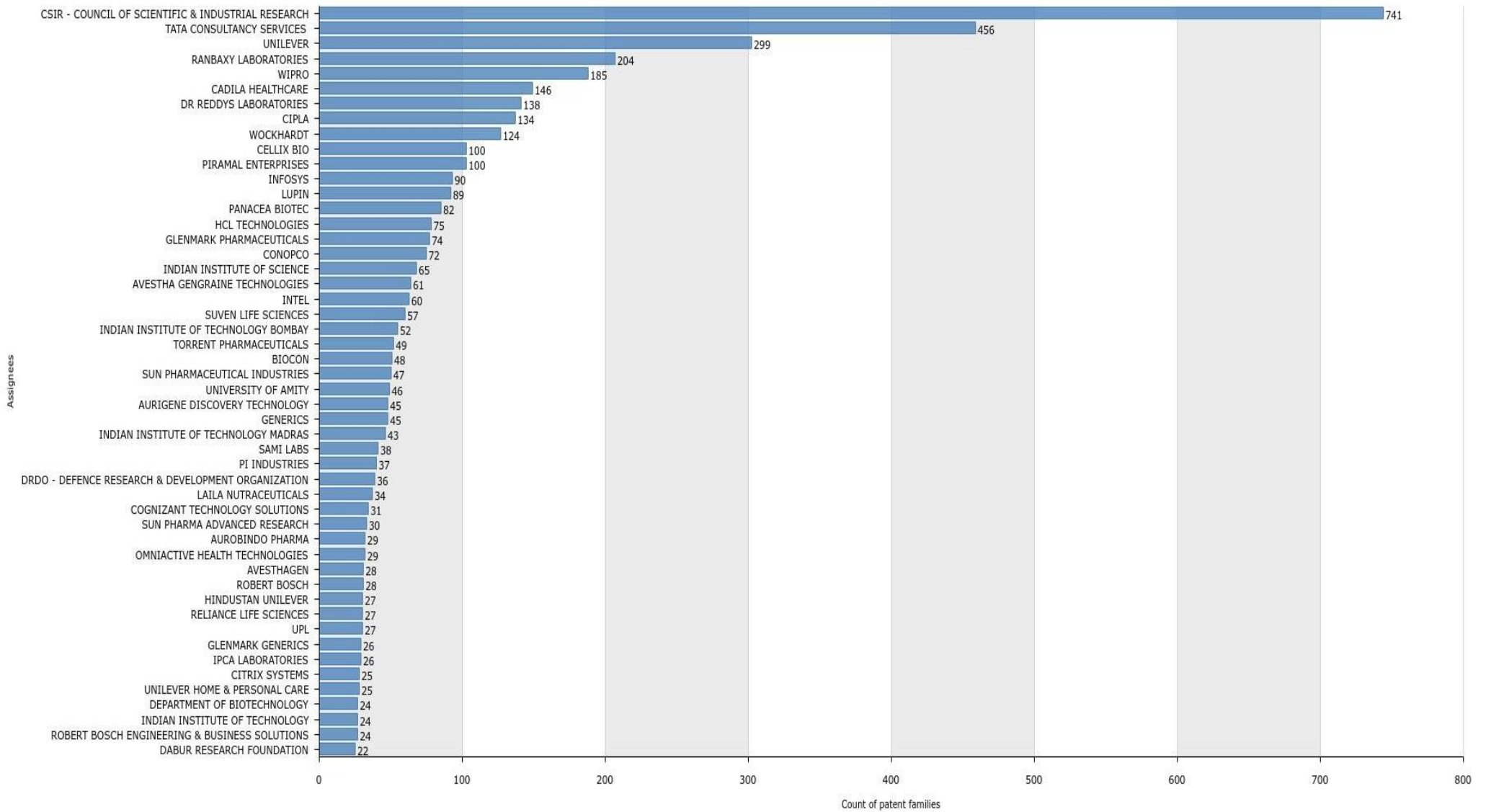
Apesar de não estarem entre as principais signatárias mundiais de famílias de patentes em saúde 4.0, empresas indianas como Tata Consultancy, Sun Pharmaceutical, Piramal e Bharat Biotech ocupam posição importante na rede de colaborações indiana. Curiosamente, empresas transnacionais estabelecidas na Índia como Unilever, Bosch, Henkel E Mylan lideram a lista de empresas e instituições considerando-se o volume de colaborações com signatários indianos de famílias em saúde 4.0. A participação relativa das empresas transnacionais na rede indiana de colaborações está provavelmente associada ao padrão de desenvolvimento industrial indiano – especialmente nas atividades de tecnologia da informação e comunicação – em termos da provisão de serviços especializados e *off-shoring*

para atendimento de demandas de empresas estrangeiras estabelecidas, principalmente nos Estados Unidos (GONZALO et al., 2021). A listagem dos principais signatários indianos em famílias de patentes é apresentada no Gráfico 5.

**Figura 10 – Árvore da rede de colaboração entre signatários de famílias de patentes em saúde 4.0 por signatários indianos**



**Gráfico 5 – Lista 50 principais signatários indianos em famílias de patentes em saúde 4.0**



#### **2.4.4. Redes de colaboração em saúde 4.0 na Rússia**

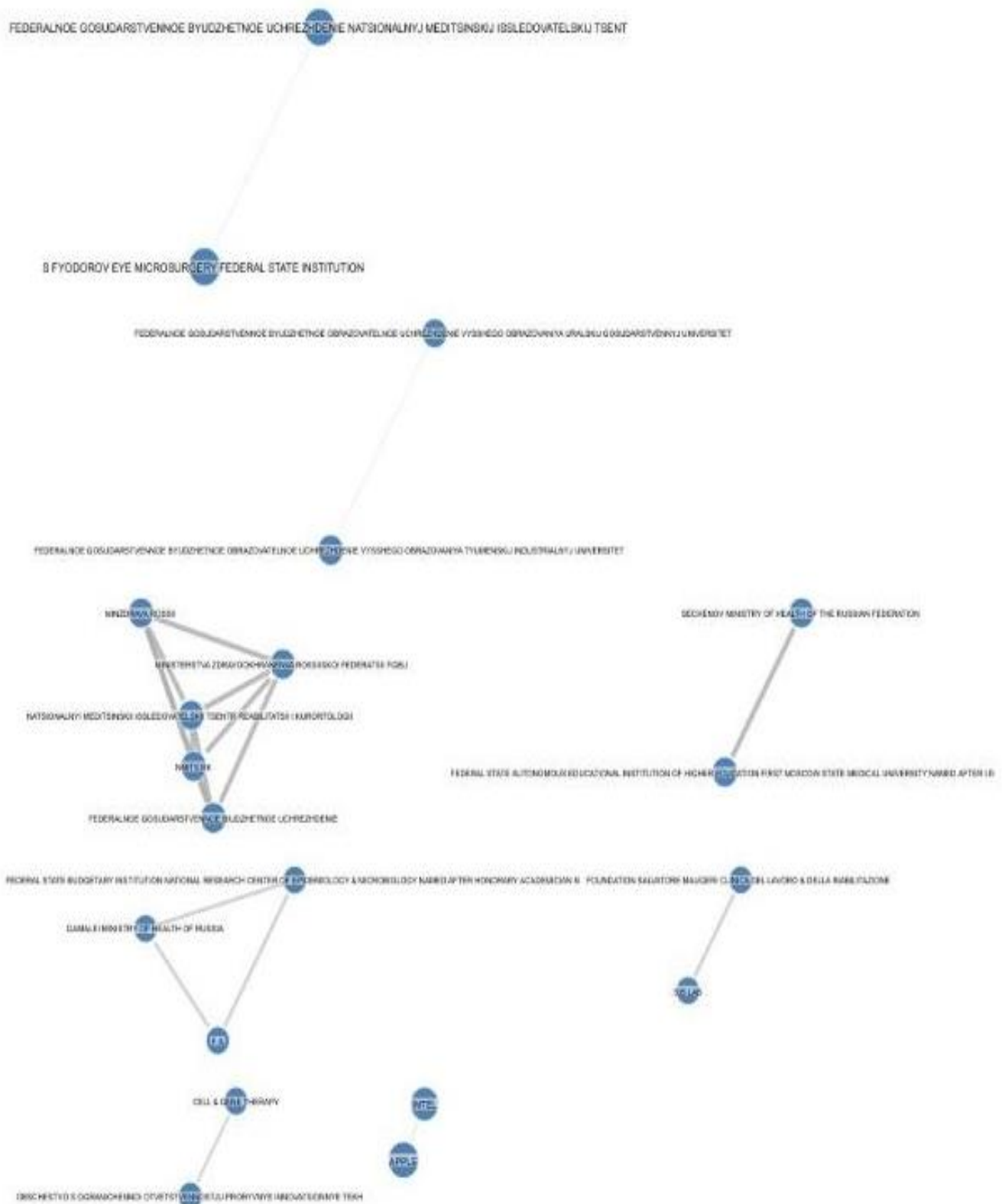
A **Rússia**, por sua vez, apresenta uma estrutura em rede de colaborações em famílias de patentes em saúde 4.0 ainda mais incipiente que as verificadas em países como Índia e China. Apesar do elevado volume de famílias de patentes em saúde 4.0 depositadas por signatários russos, os indicadores apontam uma colaboração muito pouco estruturada entre os signatários Russos na qual identifica-se a conformação de poucos cliques e de uma estrutura em rede caracterizada pela elevada frequência de nós pouco conectados. A “árvore” bastante incipiente da rede de colaborações por signatários russos – excluindo-se os nós órfãos – é apresentada na Figura 11.

As colaborações de signatários russos, apesar de pouco estruturadas, seguem o padrão dos demais países em desenvolvimento no que concerne a importância da atuação de instituições governamentais como signatárias de famílias de patentes em saúde 4.0 e de pontes estruturais nas colaborações entre signatários Russos. Apesar das restrições de linguagem, foi possível a identificação das seguintes intuições chave para a configuração da estrutura apresentada na Figura 11: Federalnoe Gosudarstvennoe Biudzhethnoe Uchrezhdenie, Ministerstva Zdravookhraneniia Rossiiskoi Federatsii FGBU, Natsionalnyi Meditsinskii Issledovatel'skii Tsentr Reabilitatsii I Kurortologii, Federal State Budgetary Institution National Research Center Of Epidemiology & Microbiology Named After Honorary Academician N, Gamalei Ministry of Health Of Rússia, Federal State Autonomous Educational Institution Of Higher Education First Moscow State Medical University Named After I Ð, Sechenov Ministry Of Health Of The Russian Federation.

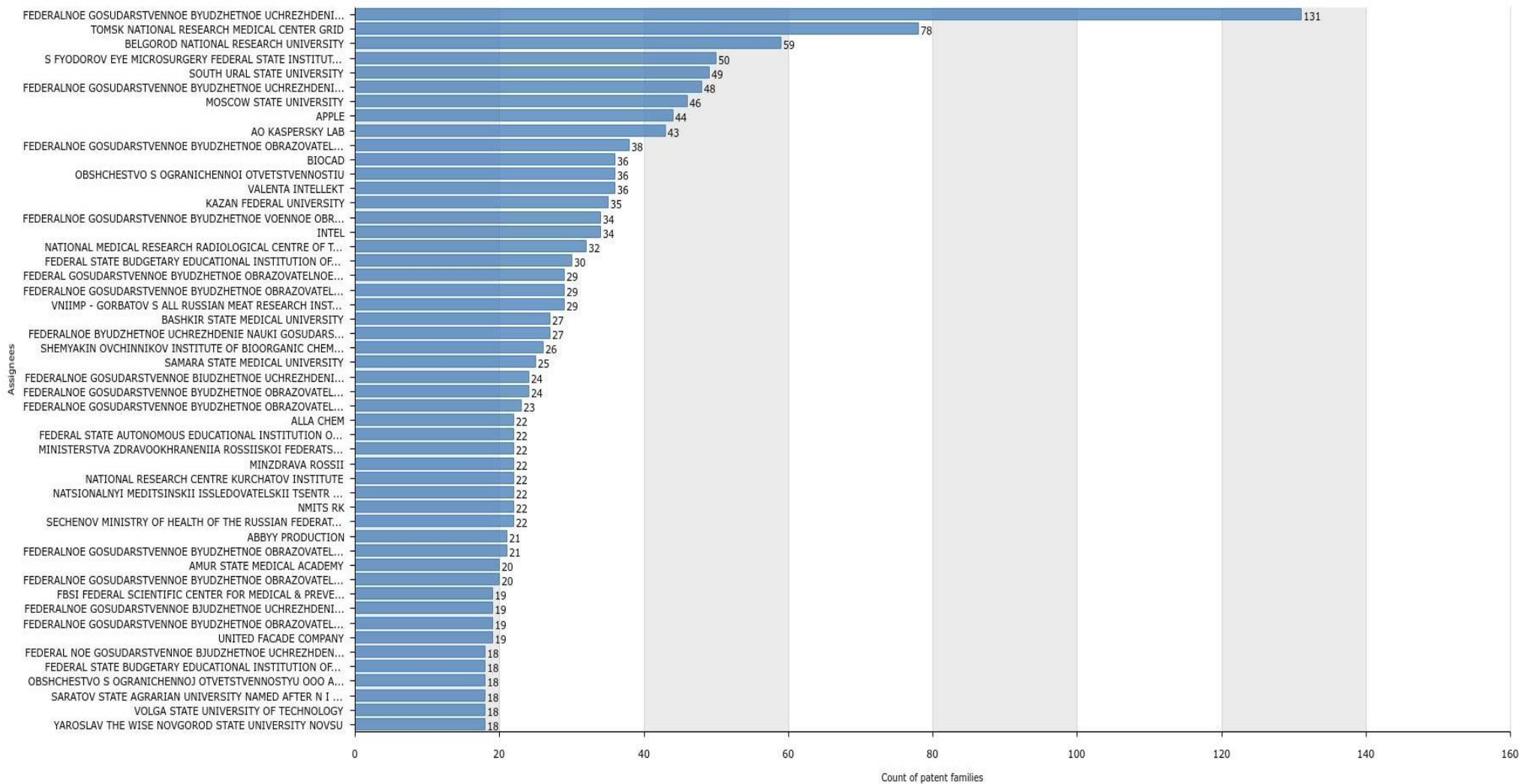
A baixa estruturação da rede russa pode estar associada, entre outros motivos, às características peculiares do desenvolvimento do Sistema Nacional de Inovação da Rússia. O referido território atravessou um período como potência global em um mundo bipolar pós Segunda Grande Guerra Mundial e, após a década de 1990 e a dissolução da antiga União Soviética, atravessou um conturbado processo de abertura econômica parcial, ainda severamente marcado por disputas geopolíticas em âmbito global.

Os principais signatários russos em famílias de patentes em saúde 4.0 são listados no Gráfico 6.

**Figura 11 – Árvore da rede de colaboração entre signatários de famílias de patentes em saúde 4.0 por signatários russos**



**Gráfico 6 – Lista 50 principais signatários russos em famílias de patentes em saúde 4.0**

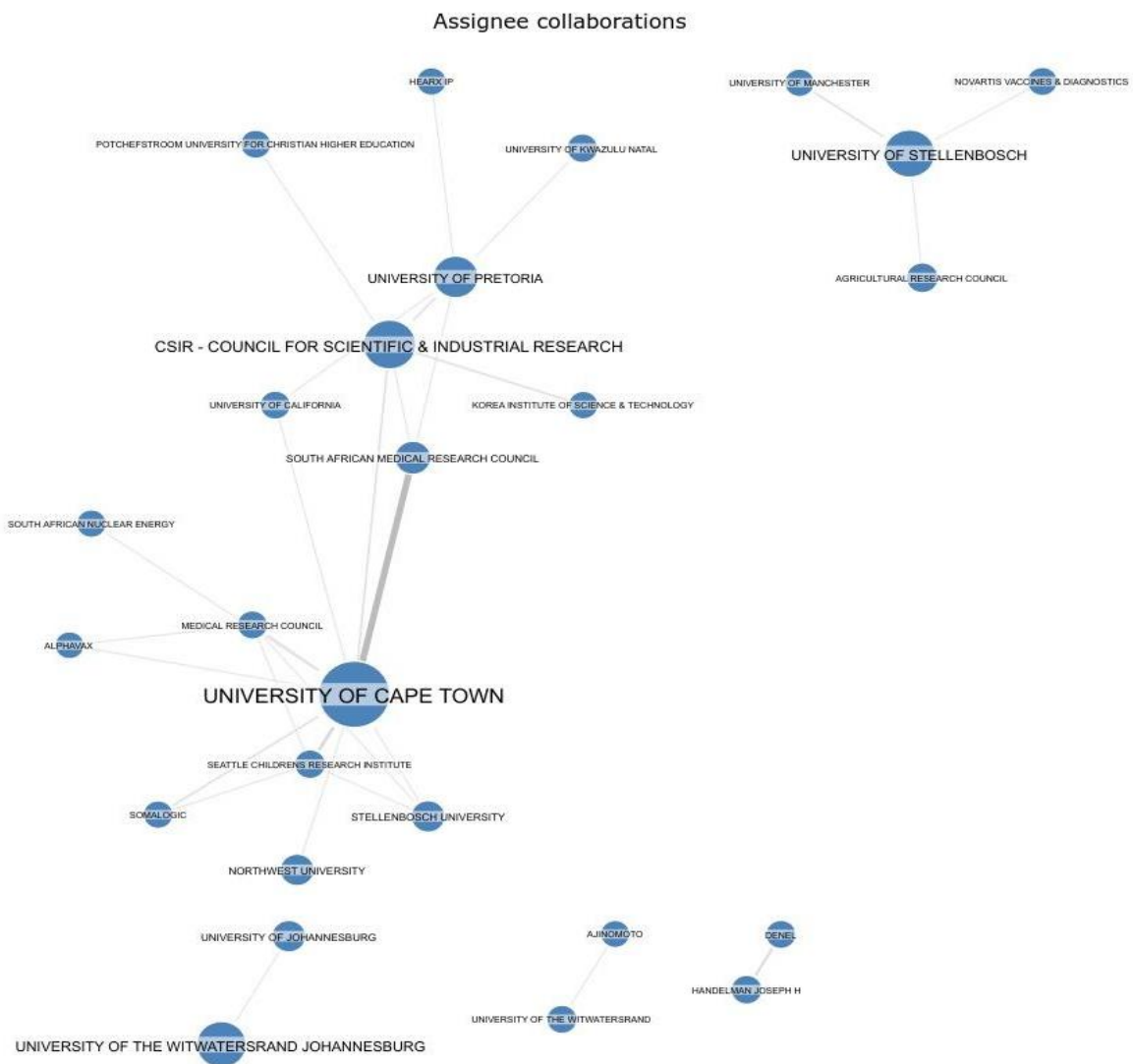


#### **2.4.5. Redes de colaboração em saúde 4.0 na África do Sul**

Na **África do Sul**, apesar do baixo volume relativo de famílias de patentes em saúde 4.0 depositadas por signatários sul-africanos, a rede de colaborações encontra-se estruturalmente organizadas em torno de universidades e agências governamentais. Apesar da baixa complexidade relativa, a rede apresentada na Figura 12 encontra-se bem estruturada em termos relativos às estruturas verificadas para China, Índia e Rússia (Figuras 6,10 e 11). Destacam-se na conformação em rede de signatários sul-africanos, a atuação em rede das universidades: University of Cape Town, University of Pretoria, University of Stellenbosch e University of Johannesburg; além da atuação central e estruturante do Council For Scientific & Industrial Research (CSIR) no país e, em menor grau, dos conselhos South African Medical Research Council E Medical Research Council.

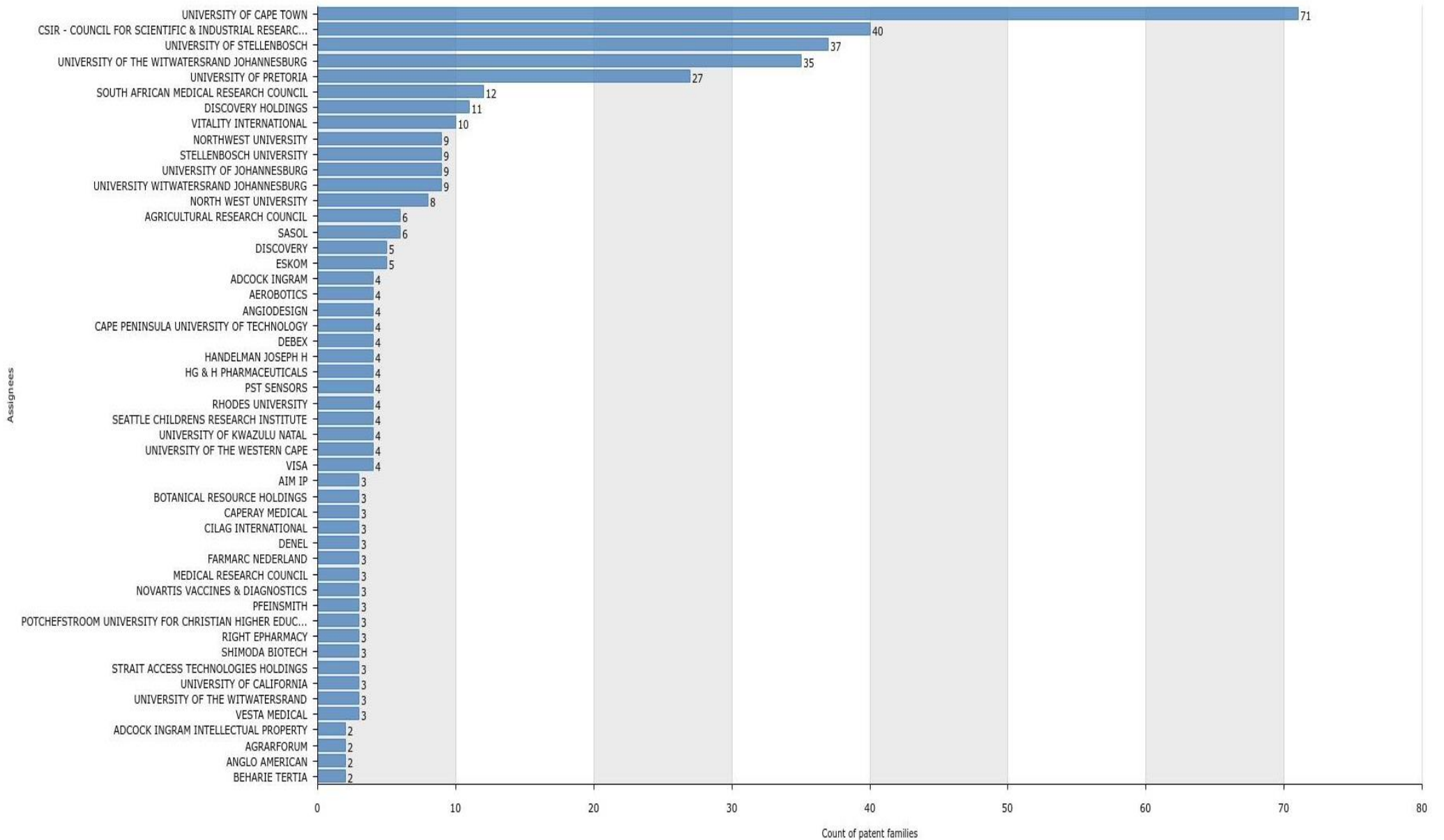
Duas características centrais marcam as colaborações sul-africanas em famílias de patentes em saúde 4.0. A primeira é a baixa proporção de empresas sul-africanas signatárias em patentes em saúde 4.0 frente à importância central das universidades no país. Esta característica está possivelmente relacionada ao padrão de desenvolvimento industrial tardio no país africano em desenvolvimento. Foram identificadas na rede apenas duas empresas de origem sul-africanas, a Denel e a Hearx. Assim como no caso indiano, a participação em rede de empresas transnacionais é proeminente, destacando-se a atuação das empresas Novartis, Somalogic, Alphavax, Handelman Joseph H E Ajinomoto. A segunda característica marcante é a importância da colaboração de signatário sul-africanos com universidade e institutos de pesquisa no exterior, como: Seattle Childrens Research Institute, University of California, Korea Institute Of Science & Technology, University of Manchester e Northwest University. Os dados analisados indicam, portanto, um desenvolvimento da estrutura de C&T sul-africana com uma capilaridade global em termos de colaborações com centros importantes na rede mundial de signatários de famílias de patentes em saúde 4.0 apresentada nas Figuras 3 e 4. Por outro lado, identifica-se um gargalo aparente no que concerne a transferência de conhecimentos gerados e apropriados na estrutura de ciência da academia sul-africana em relação à esfera da tecnologia desenvolvida no âmbito de empresas sul-africanas. O envolvimento de muitas empresas transnacionais na rede de colaborações de signatários pode ainda indicar uma apropriação parcial dos frutos do conhecimento gerado nas universidades sul-africanas por empresas cujas matrizes estão sediadas no exterior. Os principais signatários sul-africanos de famílias de patentes em saúde 4.0 são listados no gráfico

**Figura 12 – Árvore da rede de colaboração entre signatários de famílias de patentes em saúde 4.0 por signatários russos**





**Gráfico 7 – Lista 50 principais signatários sul-africanos em famílias de patentes em saúde 4.0**



O estudo dos padrões de colaboração observados nos países líderes globais – Estados Unidos e China – e, principalmente, de outros países em desenvolvimento integrantes do BRICS cujos avanços em saúde 4.0 estão mais próximos do contexto brasileiro – como Rússia, Índia e África do Sul – fornecem subsídios críticos para análise dos depósitos de patentes por signatários brasileiros e de sua rede de colaborações.

#### **2.4.6. Redes de colaboração em saúde 4.0 no Brasil**

No **Brasil**, os principais signatários de famílias de patentes em saúde 4.0 foram, em primeiro lugar, as universidades públicas brasileiras: Universidade Federal De Minas Gerais – UFMG (182), Universidade De São Paulo – USP (159), Universidade Estadual De Campinas – UNICAMP (157), Universidade Federal Do Paraná – UFPR (90), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP (60), UFU Universidade Federal de Uberlândia – UFU (56) e Universidade Federal De Pernambuco – UFPE (54), dentre outras. Dentre os 100 principais signatários brasileiros de famílias de patentes em saúde 4.0, pelo menos 49 são universidades públicas brasileiras.

Em segundo lugar, destaca-se a atuação da Fundação Oswaldo Cruz - FIOCRUZ (78), do Instituto Alberto Luiz Coimbra Coppe/UFRJ (73) e da Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (58). A Fundação Oswaldo Cruz ocupa, neste contexto, a posição de quinto principal signatário de famílias de patentes em saúde 4.0 com 78 famílias de patentes depositadas. O Instituto Butantan (24) e o Instituto Do Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT (9) também figuram na lista apesar de apresentarem um volume relativamente menor de famílias de patentes. A participação crítica das Fundações Estaduais de Apoio a Pesquisa dos estados de Minas Gerais – FAPEMIG (85) e de São Paulo FAPESP (50) explicitam a relevância do aporte de recursos públicos e da coordenação das atividades em saúde 4.0 em diversos níveis territoriais. O Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – SENAI (25) também emerge como um relevante signatário brasileiro de famílias de patentes em temas relacionados à saúde 4.0. Instituições filantrópicas privadas que compõem o segmento de serviços do Complexo Econômico Industrial da Saúde no Brasil como o HOSPITAL ALBERT EINSTEIN (17) e o Instituto do Coração (7) também foram identificadas na listagem de signatários de patentes.

A relevância dos institutos e universidades públicos e das FAPs, como signatários de famílias de patentes em saúde 4.0, marca a importância do Estado como fomentador dessas atividades intensivas em conhecimento no Brasil. A proeminência dessas instituições na lista de 50 principais signatários brasileiros de famílias de patentes em saúde 4.0, apresentada no Gráfico 8, corrobora a importância relativa das universidades e do papel do Estado verificada também nos demais países, inclusive nos Estados Unidos. Em terceiro lugar, foram identificados na lista de signatários – além da EMBRAPA – empresas campeãs nacionais de

diversos setores de atividade que tiveram suas trajetórias de desenvolvimento inicial fortemente apoiadas e/ou guiadas pela atuação estatal dentre a listagem dos 100 principais signatários de famílias de patentes relacionadas à saúde 4.0. Dentre elas: Petrobras (25), Natura (24), Embraer (21), Biolab (20), Braskem (20), Vale (13), Ache (12), EMS (9), Hypermarcas (6), Laboratório Catarinense (6), Ouro Fino (12) e Eurofarma (5). Frente ao aumento da pervasividade tecnológica no contexto da Quarta Revolução Industrial é possível que a mobilização e a integração de peças de conhecimento tecnológico provenientes de diversos campos de atividade econômica em novas combinações orientadas às aplicações em saúde constituam os principais desafios e oportunidades para o desenvolvimento de aplicações em saúde 4.0 no Brasil.

Em quarto lugar, algumas empresas transnacionais instaladas no Brasil – como RHODIA-Solvay, CHRYSLER, ERICSSON e SAMSUNG ELECTRONICS – foram identificadas na lista de 100 principais signatários, mas sua participação é marginal tanto em número de empresas quanto em frequência de observações de famílias de patentes em relação às universidades, institutos de pesquisa e empresas brasileiras.

A análise da rede de colaborações entre signatários brasileiros de famílias de patentes em saúde 4.0 é apresentada de forma integral na Figura 13 e em forma de árvore principal de rede na Figura 14. Uma visualização ampliada dos principais nós estruturantes da rede é ainda apresentada na Figura 15.

Observa-se no Brasil a conformação de uma complexa e estruturada rede de colaboração em co-patenteamento envolvendo diversas instituições e empresas componentes do Sistema Nacional e Inovação e do Complexo Econômico Indústria da Saúde. Dentre os países do BRICS analisados – inclusive a China –, o Brasil é o país em termos de complexidade da rede de signatários nacionais cuja complexidade estrutural mais se aproxima da configuração do Líder Estados Unidos. Considerando a diversidade na composição da rede brasileira e sua elevada densidade de relacionamentos entre universidades, institutos de pesquisa, empresas públicas e privadas, além de um número limitado de empresas transnacionais e instituições filantrópicas brasileiras, os dados de colaboração analisados indicam um grau relativamente elevado de maturidade do Sistema Nacional de Inovação e, de certa forma, do Complexo Econômico Industrial da Saúde no Brasil.

A limitada participação de empresas transnacionais instaladas no Brasil e a não-identificação de colaborações com institutos de pesquisa estrangeiros – ao contrário do observado nos casos da Índia e da África do Sul – indicam, por um lado, a importância do contexto nacional nos avanços em saúde 4.0 e, por outro lado, podem refletir uma reduzida capilaridade e relevância das instituições e empresas brasileiras na rede mundial de famílias de patentes em saúde 4.0. A limitação em termos do volume de dados analisáveis através da base Questel

Orbit não permite, sem a análise de microdados, concluir sobre essas duas alternativas possíveis e não-excludentes.

Destacam-se como principais nós estruturantes da rede de colaborações em famílias de patentes as universidades USP (159, 56)<sup>8</sup>, UFMG (182, 50), UFU (56, 36), Coope/UFRJ (73, 35), UNESP (60, 27), UNICAMP (157, 26), UFPE (54, 23) e UFPR (90, 20). Além das referidas universidades que atuam como principais hubs e pontes estruturas na rede brasileira, destacam-se ainda de acordo com os indicadores de grau da rede a FAPEMIG (85, 87), a FAPESP (50, 40) e a EMBRAPA<sup>9</sup> (58, 29). A Fiocruz (78, 10) também apresenta importância elevada na rede. O Instituto Butantan (24, 2), por outro lado, apresenta um reduzido grau relativos de interligação na rede de signatários brasileiros de famílias de patentes em saúde 4.0.

---

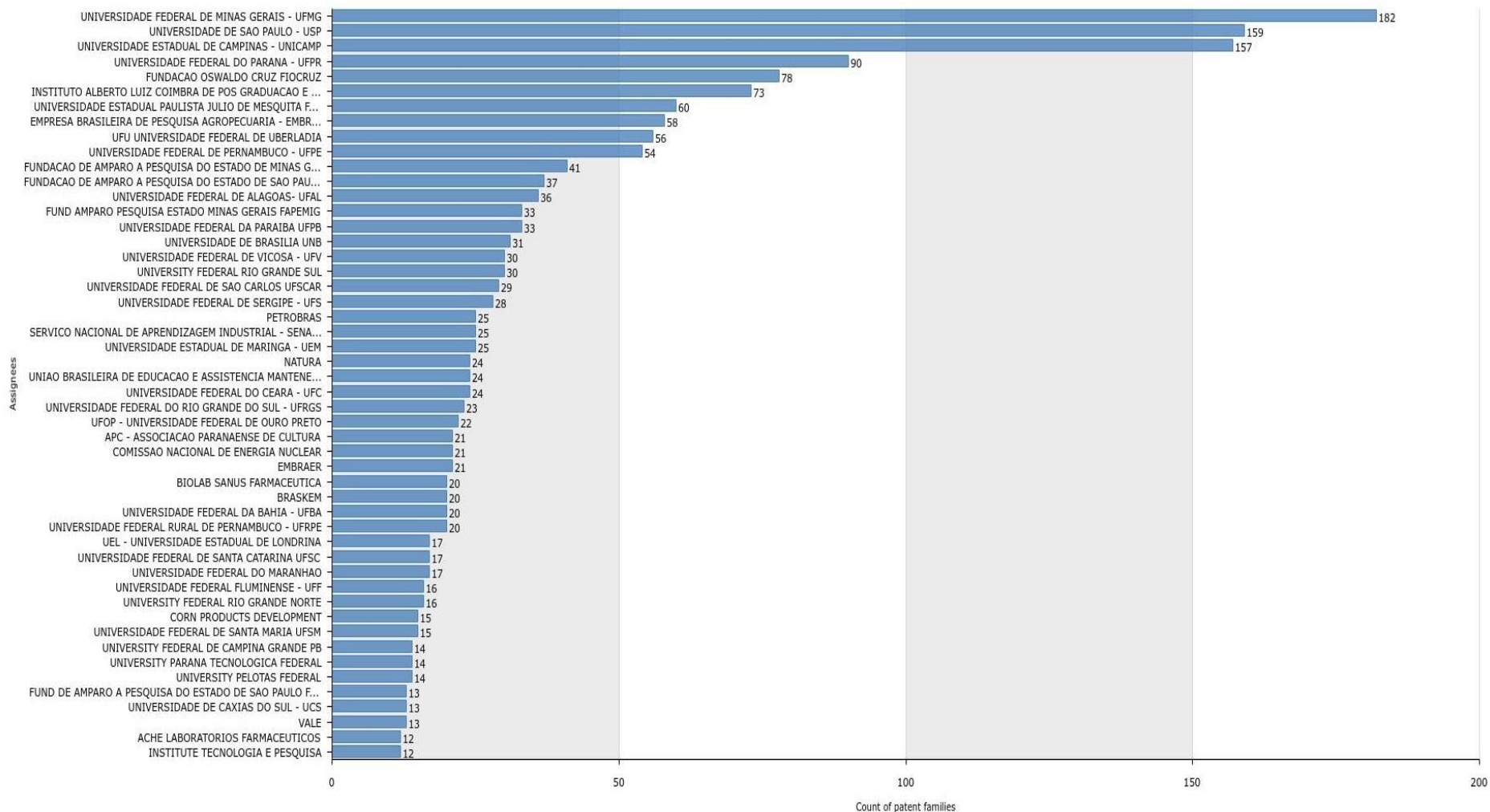
<sup>8</sup> Pares de (número de famílias de patentes, Famílias de patentes co-signadas)

<sup>9</sup> Lembrando que não é possível a distinção ente saúde humana e animal de acordo com a metodologia adotada, inclusive em função do caráter translacional do conhecimento.



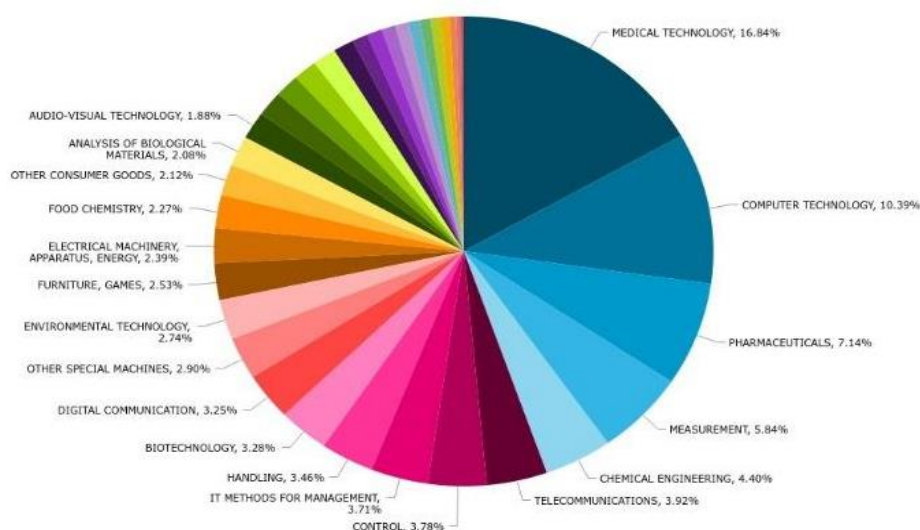


**Gráfico 8 – Lista 50 principais signatários brasileiro em famílias de patentes em saúde 4.0**



## 2.5. Saúde 4.0: principais campos de aplicação tecnológica

Em termos globais, identifica-se uma maior concentração nos campos tecnológicos de tecnologias médicas, tecnologia da computação farmacêutica, medidas, engenharia química, telecomunicações, controle e métodos de TI. A distribuição das famílias de patentes mundiais em saúde 4.0 por campos tecnológicos é apresentada no Gráfico 9.



### Gráfico 9 – Famílias de patentes por conceitos tecnológicos (mundo)

Observa-se na maioria dos países selecionados uma prevalência de aplicações em tecnologias médicas e farmacêuticas, conforme os dados apresentados na Tabela 2. China, Índia e Estados Unidos se destacam ainda em aplicações em tecnologia da computação. No caso do líder Estados Unidos, observa-se uma dispersão maior das aplicações em campos relacionados à TICs e à Indústria 4.0 como comunicação digital, Métodos de TI e telecomunicação. No Brasil, a concentração das aplicações apenas em farmacêutica e tecnologia médica indica um grau de desenvolvimento reduzido em áreas de TICs no que concerne aplicações em saúde que são essenciais para desenvolvimento de atividades de saúde 4.0 no país. Há dupla contagem nos totais por campos tecnológicos, uma vez que cada família de patentes pode estar associada a múltiplos campos de aplicação.



**Tabela 2 – Famílias de patentes por conceitos tecnológicos por países**

Domínio tecnológico	BR		CN		IN		RU		US		ZA	
Análise de materiais biológicos	270	4%	1538	1%	361	2%	855	7%	7729	4%	59	4%
Tecnologia audiovisual	70	1%	1459	1%	197	1%	77	1%	3349	2%	9	1%
Processos básicos de comunicação	8	0%	86	0%	31	0%	21	0%	829	0%		0%
Química dos materiais básicos	317	4%	643	0%	742	4%	190	2%	2031	1%	58	4%
Biotecnologia	364	5%	1507	1%	683	4%	676	6%	6727	3%	79	6%
Engenheiro químico	220	3%	4553	3%	309	2%	232	2%	2065	1%	33	2%
Engenharia civil	139	2%	1286	1%	72	0%	105	1%	1015	1%	9	1%
Tecnologia da computação	272	4%	15061	12%	1536	9%	495	4%	31564	16%	92	7%
Ao controle	289	4%	8573	7%	449	3%	504	4%	11414	6%	58	4%
Comunicação digital	75	1%	6148	5%	593	4%	124	1%	18674	10%	23	2%
Máquinas elétricas, aparelhos, energia	96	1%	1960	2%	289	2%	140	1%	3674	2%	26	2%
Motores, bombas, turbinas	55	1%	269	0%	76	0%	114	1%	876	0%	15	1%
Tecnologia ambiental	182	2%	1933	1%	194	1%	205	2%	911	0%	28	2%
Química alimentar	348	5%	4055	3%	614	4%	215	2%	1115	1%	48	4%
Mobiliário, jogos	200	3%	3436	3%	116	1%	191	2%	2061	1%	18	1%
Manuseio	182	2%	9195	7%	191	1%	120	1%	3201	2%	24	2%
Métodos de TI para gestão	194	3%	5563	4%	721	4%	121	1%	13885	7%	102	8%
Máquinas-ferramentas	50	1%	2107	2%	58	0%	25	0%	522	0%	1	0%
Química macromolecular, polímeros	143	2%	468	0%	236	1%	92	1%	1056	1%	25	2%
Materiais, metalurgia	136	2%	284	0%	175	1%	120	1%	382	0%	21	2%
Medição	304	4%	7224	6%	569	3%	507	4%	10688	5%	62	5%
Elementos mecânicos	60	1%	858	1%	53	0%	32	0%	837	0%	2	0%
Tecnologia médica	952	13%	25968	20%	1092	7%	3017	26%	28819	15%	151	11%
Micro-estrutura e nanotecnologia	79	1%	110	0%	86	1%	172	1%	584	0%	6	0%
Ótica	46	1%	364	0%	144	1%	106	1%	1748	1%	9	1%
Química fina orgânica	302	4%	657	1%	1572	9%	258	2%	2819	1%	40	3%
Outros	28	0%		0%		0%		0%		0%		0%
Outros bens de consumo	132	2%	2661	2%	165	1%	140	1%	1617	1%	11	1%
Outras máquinas especiais	283	4%	2893	2%	265	2%	218	2%	2212	1%	39	3%
Farmacêutica	1101	15%	10915	8%	4073	25%	2156	18%	10337	5%	230	17%
Semicondutores	24	0%	102	0%	60	0%	73	1%	1014	1%	4	0%
Tecnologia de superfície, revestimento	83	1%	450	0%	96	1%	85	1%	1105	1%	13	1%
Telecomunicações	127	2%	4980	4%	436	3%	156	1%	15662	8%	34	3%
Máquinas de têxteis e papel	54	1%	418	0%	83	1%	30	0%	580	0%	11	1%
Processos e aparelhos térmicos	53	1%	766	1%	61	0%	57	0%	484	0%	5	0%
Transporte	127	2%	1795	1%	192	1%	163	1%	2926	2%	15	1%
Total	7365	1	130285	1	16590	1	11792	1	194512	1	1360	1

Outra forma de avaliar as aplicações tecnológicas é através das classificações de subclasses de patentes da Classificação Cooperativa de Patentes (CPC)<sup>10</sup>. Como o grau de detalhamento da análise de subclasses de patentes é relativamente maior, é possível avaliar a existência de algum tipo de viés de especialização em campos tecnológicos dos países. Os dados apresentados na Tabela 3 incorporam à análise das subclasses de patentes os dados dos países líderes, China e Estados Unidos, e dos demais países do grupo dos BRICs como

<sup>10</sup> Cooperative Patent Classification (CPC).

referências para análise da experiência brasileira. Os dados da Tabela 3 foram sintetizados a partir de uma listagem das 100 principais subclasses de patentes para cada país. No total, foram considerados 181 códigos ao nível de quatro dígitos. Para fins de demonstração, foram incluídos na Tabela 3 apenas as subclasses cuja participação por países foi percentualmente superior a 2%.

É possível observar uma especialização predominante do Brasil e da maioria dos países do BRICS em aplicações envolvendo preparações para fins médicos, odontológicos ou sanitários, inclusive dispositivos ou métodos especialmente adaptados para colocar produtos farmacêuticos em formas físicas ou administrativas particulares (A61K) e atividade terapêutica específica de compostos químicos ou preparações medicinais (A61P).

No caso do Brasil, destacam-se aplicações envolvendo métodos de detecção, seleção e sequenciamento de genes e proteínas, método preditivo qualitativo para diagnósticos, dispositivo e método de ensaios lamp de DNA/RNA, métodos e sistemas de telemedicina e de monitoramento remoto de pacientes, sistemas de automação com integração de rede sem fio para hospitais, sistemas de arquivamento e gerenciamento de dados de saúde, método de governança eletrônica de unidades cirúrgicas, sistemas de automação de climatização de equipamentos de diagnóstico, equipamentos hospitalares automatizados para tratamento de neonatos, aparatos vestíveis de exames cardiológicos, métodos de monitoramento individualizado de qualidade de vida, métodos e dispositivos de simulação para formação de pessoal em ensino e exame físico e médico, camas de hospital automatizadas com processamento de dados do paciente em tempo real, leitores e sensores de microrganismos a partir de etiquetas eletromagnéticas, métodos de IOT para monitoramento, geolocalização, controle e envio de dados, entre muitos outros exemplos de aplicações.

É possível também verificar alguns padrões de especialização dos em determinados campos de aplicação. Esse é o caso da China que apresenta uma elevada proporção de famílias de patentes em processamento de dados elétricos digitais (G06F) e informática de saúde, ou seja, tecnologia de informação e comunicação (TIC) especialmente adaptada para o tratamento ou processamento de dados médicos ou de saúde (G16H). O caso da Índia em compostos heterocíclicos (C07D). Da Rússia em diagnóstico, cirurgia e identificação (A61B) e investigação ou análise de materiais e das suas propriedades químicas ou físicas (G01N); da África do Sul em sistemas ou métodos de tratamento de dados, especialmente adaptados para fins administrativos, comerciais, financeiros, gerenciais, supervisionais ou previstos (G06Q).

O padrão de especialização do líder Estados Unidos é relativamente diferente da maioria dos países do BRICS. A maior porcentagem das aplicações norte-americanas envolveu os campos: diagnóstico, cirurgia e identificação (a61b), processamento de dados elétricos

digitais (G06F), informática de saúde, ou seja, tecnologia de informação e comunicação (TIC) especialmente adaptada para o tratamento ou processamento de dados médicos ou de saúde (G16H) e transmissão de informações digitais (H04L). Observa-se na China e nos Estados Unidos um maior volume de aplicações em campos de informática médica e processamento de dados com aplicações em saúde que estão diretamente relacionados às aplicações em Saúde 4.0. Ao passo que nos demais países, observa-se a utilização de métodos auxiliares de saúde 4.0 como instrumentos para a realização de atividades farmacêuticas e de saúde.

**Tabela 3 – Famílias de patentes por subclasses CPC por países**

Subclasse												
CPC	BR	%	CN	%	IN	%	RU	%	US	%	ZA	%
A01N	114	2%	145	0%	180	1%	55	0%	588	0%	24	1%
A23L	111	2%	1752	2%	311	2%	110	1%	685	0%	33	2%
A23V	31	1%	1982	2%	179	1%	36	0%	432	0%	12	1%
A61B	282	5%	5310	6%	488	3%	1581	12%	20253	9%	76	5%
A61F	85	2%	492	1%	59	0%	341	3%	4086	2%	17	1%
A61H	27	1%	1409	2%	25	0%	272	2%	536	0%	3	0%
A61K	608	11%	7724	8%	2639	17%	1928	15%	7886	3%	211	13%
A61L	90	2%	822	1%	73	0%	199	2%	3548	2%	23	1%
A61M	84	2%	1371	1%	113	1%	248	2%	7485	3%	20	1%
A61N	56	1%	581	1%	39	0%	282	2%	5362	2%	8	0%
A61P	424	8%	5186	6%	2220	14%	1452	11%	6880	3%	151	9%
A61Q	130	2%	296	0%	227	1%	63	0%	533	0%	7	0%
B25J		0%	2578	3%	20	0%	55	0%	1468	1%		0%
C07C	44	1%		0%	326	2%	92	1%	393	0%	13	1%
C07D	75	1%	334	0%	1196	8%	285	2%	1494	1%	21	1%
C07K	160	3%	301	0%	278	2%	317	2%	2450	1%	51	3%
C12N	178	3%	504	1%	302	2%	481	4%	1982	1%	75	5%
C12Q	61	1%	685	1%	157	1%	296	2%	3475	1%	30	2%
G01N	184	3%	2296	2%	329	2%	987	8%	7816	3%	62	4%
G06F	120	2%	7365	8%	860	5%	293	2%	20822	9%	45	3%
G06K	56	1%	3211	3%	205	1%	64	0%	4888	2%	19	1%
G06N	16	0%	2568	3%	279	2%	62	0%	4500	2%	9	1%
G06Q	169	3%	4280	5%	573	4%	105	1%	12285	5%	110	7%
G06T	36	1%	2025	2%	203	1%	86	1%	3890	2%	14	1%
G06V	31	1%	1760	2%	162	1%	53	0%	3026	1%	15	1%
G09B	58	1%	816	1%	66	0%	315	2%	1477	1%		0%
G16H	98	2%	7349	8%	377	2%	102	1%	16159	7%	47	3%

H04B		0%	569	1%	49	0%	76	1%	4140	2%	5	0%
H04L	59	1%	4606	5%	417	3%	120	1%	16961	7%	20	1%
H04W	62	1%	3037	3%	242	2%	109	1%	13503	6%	18	1%
Y02A	196	4%	575	1%	275	2%	88	1%	1693	1%	31	2%
Totais	5330	1	93212	1	15757	1	13056	1	236512	1	1618	1

## 2.6. Conclusões preliminares

A análise apresentada neste bloco buscou avançar na delimitação do conceito de saúde 4.0 a partir da definição de procedimentos metodológicos para identificação de termos relacionados às aplicações da Indústria 4.0 no campo da saúde. Tal análise evidenciou a existência, em todo o mundo, de um volume crescente de invenções tecnológicas principalmente a partir dos anos 2000 que refletem o aumento da conectividade, digitalização e da automação no campo da saúde. Contudo, frente à emergência da pandemia de covid-19, observou-se uma elevação considerável no depósito de prioridades de patentes liderada principalmente por países como China e Estados Unidos, indicando uma aceleração das aplicações de TICs e robótica no campo da saúde como forma de responder à crise sanitária. O ritmo acelerado dos depósitos de prioridades no biênio 2020-2021 não foi, contudo, acompanhado pelos demais países do BRICs, seja pela incapacidade de resposta rápida de seus sistemas de inovação frente à pandemia ou por questões relacionadas ao backlog de patentes a serem futuramente investigadas.

A análise comparativa internacional entre os principais signatários de patentes, permite destacar os seguintes pontos:

Importância das universidades e institutos públicos de pesquisa nos avanços em saúde 4.0 em todos os países, indicando a centralidade da atuação estatal na promoção dessas atividades.

Importância da articulação das universidades e institutos de pesquisa com uma base produtiva e de serviços em saúde 4.0 que dá sustentação aos avanços no campo científico e permite condições de acesso da população a novos bens e serviços em saúde.

Configuração e atraso relativo no desenvolvimento da base produtiva em países em desenvolvimento com resultados nos indicadores de signatários de patentes e redes de co-patenteamentos e se refletem na elevada participação de transnacionais, reduzida participação de empresas nacionais e baixa densidade das redes de co-patenteamento dos países em desenvolvimento que representam entraves para a apropriação de conhecimentos e dos frutos dos esforços de C,T&I nesses países

Necessidade de fortalecer estrutura de C&T, a base produtiva nacional e os vínculos sistêmicos entre essas esferas nos países em desenvolvimento como alternativa possível para evitar o aumento da lacuna entre os avanços nas esferas da ciência e da tecnologia e

como alternativa para garantir as condições de acessibilidade da população à novos bens e serviços em saúde 4.0 e evitar a ampliação do gap em saúde e tecnologia em relação aos países mais desenvolvidos.

Necessidade de compartilhar retornos da inovação e não apenas os riscos.

No Brasil, importância de instituições como Fiocruz e Butantan que possuem base produtiva integrada e atendem às demandas do Sistema Único de Saúde, uma alternativa possível para compartilhamento de riscos e retornos e socialização dos avanços em saúde 4.0. Requer fortalecimento da base produtiva nacional, articulação entre esferas da ciência e tecnologia e atuação proativa no Estado no alinhamento dos avanços e aplicações em C&T no sentido do alinhamento e da viabilidade no atendimento das demandas do SUS.

ANEXO I – Palavras- chaves relacionadas à Industria 4.0 e à Saúde 4.0

Palavras-chave: indústria 4.0 e saúde 4.0		Fontes												Variações
Português	Inglês	Albuquerque (2021)	Menelau et al (2019)	Lopes et al (2019)	Aceto et al (2020)	Jayaraman et al(2018)	Weerasinghe et al(2020)	IQVIA (2021)	Paul et al (2021)	European Commision (2020)	Global Innovation Index (2021)	Tjssen & winnink (2020)	Javaid & Haleem (2019)	
Indústria 4.0	Industry 4.0		x	x	x		x		x				x	I4.0
Saúde 4.0	Health 4.0			x			x							
Quarta Revolução Industrial	Fourth Industrial Revolution		x										x	4th industrial revolution
Saúde Digital	Digital Health						x	x						Digital therapeutics; Terapia digital; digital diagnostics; digital biomarkers
-	Ehealth				x									
Saúde Inteligente	Smart Health				x									
Aplicativos De Saúde	Health App							x						Web-based interactive programs; delivered digital care programs; CBT programs; health system disease management apps; cosumer mobile apps

Serviços De Saúde 4.0	Healthcare 4.0				x	x			x					HC4.0
Conectividade	Conectivity													
Inteligência Artificial	Artificial Intelligence	x	x	x		x			x	x	x	x	x	AI; AI Algorithms; Algorithms; Algoritimos; NLP; computer science
Internet Das Coisas	Internet Of Things	x	x	x	x	x	x		x			x	x	IoT; industrial Internet of Things; mIoT; BDA; edge computing
Análise Big Data	Big Data And Analytics	x	x	x	x		x					x	x	Big Data; Analytics; database; data analysis
Computação Quântica	Quantum Computing	x											x	high-performance computing; supercomputers; qbits; quantum mechanics; computing power; high speed computing; large-capacity; high speed storage
Robótica	Robotic	x	x	x			x		x	x		x	x	robôs automatizados; automated robots; robôs; robot; robots;

														robótica avançada; advanced robotic; advanced robotics; robotics; collaborative robots
-	Grid Computing	x												
Computação Em Nuvem	Cloud Computing	x	x	x	x		x		x	x				nuvem; cloud; Cloud manufacturing; fog computing; Cloud- based EMS services
-	Blockchain		x	x					x					
Simulação	Simulation		x									x		Semi-physical simulation
Integração Horizontal E Vertical De Sistema	Horizontal And Vertical System Integration		x		x									system integration; integrated computing; integrated communication; integrated control
Segurança Cibernética	Cyber Security		x									x		Mobile communication security; cyphering; authentication
Manufatura Aditiva	Additive Manufacturing	x	x							x		x	x	Integrated manufacturing; advanced manufacturing technologies;



														advanced manufacturing; manufatura avançada;
Realidade Aumentada	Augmented Reality		x	x						x				mixed reality
Plataformas Digitais	Digital Platforms		x											
Sistemas Cyberfísicos	Cyber Physical Systems		x		x		x							CPS; cyber-physical systems
-	Digital Twin		x							x				
Fábrica Inteligente	Learning Factory		x											Smart factory; manufatura avançada; advanced manufacturing
Manufatura Inteligente	Manufacturing Intelligence		x											
-	Mass Individualization		x											
-	Multi-View Synchronization		x											
Realidade Virtual	Virtual Reality		x						x	x			x	computer vision
Manufatura Flexível	Flexible Manufacturing		x											
Sistemas De Comunicação	Communication Systems		x									x	x	Digital communication; high speed network

Automação E Sistemas Automatizados	Automation And Automated Systemas		x									x		Automation; automated sistemas; Automação; sistemas automatizados	
Internet Móvel	Mobile Internet		x		x		x					x		mobile technologies; Mobile emergency system; NextGen internet; 5G; highspeed WLAN	
Internet Industrial	Industrial Internet		x												
Tecnologia ICT	ICT Technology		x		x										
Rede De Produção	Production Network		x												
Tecnologia De Impressão 3D	3D Printing Technology		x		x									impressão em 3D; 3D printing; 3D bioprinting; bioimpressão tridimensional	
Controle De Fabricação	Manufacturing Control		x												
Aprendizagem De Máquina	Machine Learning				x		x							x	aprendizado de máquina
Sistemas Cognitivos	Cognitive Systems												x		Cognition and meaning understanding

Aprendizagem Profunda	Deep Learning			x		x			x					
Veículos Autônomos	Autonomous Vehicles		x	x							x			Autonomous mobility; UAVs; drones; near-autonomous vehicles ; CAVs
Rede Sem Fio	Wireless				x									wireless sensors; Wifi
-	Wearable lot					x		x	x					Consumer wearables
Sensores De Tecido	Fabric Sensors					x			x			x		
Sensores Flexíveis	Flexible Sensors					x			x			x		sensors; sensors network; electronic tag
lot Ambiente	Ambient lot					x								
Dispositivos Móveis	Mobile Devices					x	x		x			x		Mobile smartphones; tablets; Smartphone Embedded devices; Smart Devices; mobile devices; integrated devices; Smartphone cameras; voice devices; audio devices; device network; information

														and communication device
Mídias Sociais	Social Media					x								
Prontuários Médicos Eletrônicos	Electronic Medical Records					x		x						EHR
Ontologia Médica	Medical Ontology					x								
Ontologia De Dispositivos	Device Ontologies					x								
Processamento De Linguagem Natural	Natural Language Processing					x				x				NLP; EMR
Análise De Dados Sociais	Social Data Analytics					x								data science
Raciocínio Semântico	Semantic Reasoning					x								
Monitoramento De Saúde	Healthcare Monitoring	x				x							x	Health care monitoring; tecnologias de monitoramento de saúde; monitoramento de saúde; glucose monitoring; complete monitoring

-	Ambient-Assisted Living					x							
Assistente Virtual	Virtual Assistants					x		x		x			chatbots; EHR data; push reminders
Privacidade E Segurança De Dados	Privacy And Security Of Health Data					x							Privacy of health data; security of health data; health data; security; privacy
-	EEG Sensor					x		x					Ambulatory EEG
-	ECG Sensor					x		x					ECGs
-	Wristband Sensor					x							
-	Insulin Pump Sensor					x							
Acelerômetros	Accelerometers					x							
Redes Neurais Artificiais	Artificial Neural Networks					x				x			ANNs; neural network; Redes neurais
Imagens Médicas	Medical Imaging	x				x		x				x	bioimagem; bioimaging; three-dimensional medical images; 3D medical images; 4D medical images; four-dimensional medical images; health images; imagens

														médicas; Handhels imaging devices; dispositivos portáteis de imagens ; face imaging; reconhecimento facial; imaging and sound technology; imaging technique
Rede Neural Coevolutiva	Coevolutional Neural Network					x								CNN
Rede Neural Recorrente	Recurrent Neural Network					x								RNN
-	Deep Belief Network					x								DBN
Representação De Conhecimento Digital	Digital Knowledge Representation					x								
Aprendizagem De Conhecimento Digital	Digital Knowledge Learning					x								
Previsão De Conhecimento Digital	Digital Knowledge Prediction					x								
Mineração De Dados	Data Mining					x								Data mining software tools; Computer

														architectures for data mining
Base De Dados Digitais	Digital Data Foundation					x		x						Personal health records
Plantas Médicas Inteligentes	Smart Medical Plants													
Etiquetas RFID	RFID-Tags													RFID; RFID enabled CEP
Micro Sensores De Inaladores De Asma	Asthma Inhalers Micro Sensors													Asthma inhalers
Sensores Fisiológicos	Physiological Sensors													
Sensores Ambientais	Environmental Sensors													In-home connected
Fotodetectores LED	LED Photodetectors													Ring sensor
Peso Da Câmera Infravermelha	Infrared Camera Weight													
Sensor No Chão	Sensor In The Floor													Pressure-sensitive floor tile
Prontuários Elétricos De Pacientes	Electrical Patients' Records													
Neurotecnologias	Neurotechnologies	x												

Biosensores	Biosensors	x					x	x				x	x	CPS biosensors; biomarkers; connected biometric sensors; biometric sensors; vitals
-	Biochips	x												
Bioinformática	Bioinformatics	x												
Holografia	Holography						x						x	
Dispositivos Móveis E Integrados Do Care Lab	Care Lab Mobile And Integrated Devices						x	x						Care lab; care team email; care team messages; care team
Telemedicina	Telemedicine													remote medicine; remote patient exams; virtual trials; virtual trials tools; virtual physician visits
Actigrafia De Precisão	Precision Actigraphy													actigraphy; actigrafia
Implantes Inteligentes	Smart Implants												x	Customisation of implants; multimaterial implants
Hospital Digital	Digital Hospital												x	
Identificação De Padrões	Pattern Recognition									x				



Biotecnologia Digital	Digitally Enabled Biotechnologies													biohacking; next-gen genomics; bioinformatica; bioinformatics
Plataformas Digitais	Digital Platforms													
-	Distributed Lodger Technology													peer-to-peer network; digital signatures; electronic payment
Interface Humana	Human Interface													
Medição Eletrônica	Eletronic Mesurement													

**ANEXO II - Outros termos relacionados à campos tecnológicos e aplicações relevantes para a expansão da fronteira tecnológica no âmbito da Quarta Revolução Industrial**

Outros relevantes		Fontes												Variações
Português	Inglês	Albuquerque (2021)	Menelau et al (2019)	Lopes et al (2019)	Aceto et al (2020)	Jayaraman et al(2018)	Weerasinghe et al(2020)	IQVIA (2021)	Paul et al (2021)	European Commision (2020)	Global Innovation Index (2021)	Tjssen & winnink (2020)	Javaid & Haleem (2019)	
novos materiais	new materials		x											

sequenciamento	sequencing		x											
ativação genética	genetic activation		x											
edição genética	genetic editing		x											
biologia sintética	synthetic biology	x	x											
materiais avançados	advanced materials	x							x			x		New materials
nanotecnologia	nanotechnology											x		
nanomateriais	nanomaterials	x												
nanoaparatos	nano apparatus	x												
nanotubos	nanotubes	x												nanotubos de carbono e grafenos
agricultura de precisão	precision agriculture	x												
energia fotovoltaica	Photovoltaics	x												
energia eólica	wind energy	x									x			green energy; onshore wind
tecnologias de captura de carbono	carbon capture technologies	x												
micro e nanossatélites	micro and nanosatellites	x												microsatélites; nanossatélites; microsattelites; nanosatellites
-	smart grids	x									x			
idades inteligentes	smart cities										x			

Inovação em energia digital	Digital energy innovation									x			Digital energy; energy applications; storage
sustentabilidade	sustainability									x	x	x	renewables; carbon dioxide emissions; green; sustainable; environmental sciences; environmental engineering; environmental studies; environmental technology; tecnologia ambiental
energia solar	solar photovoltaic										x		
engenharia multidisciplinar	multidisciplinary engineering										x		
geociências multidisciplinares	multidisciplinary geosciences										x		
Produtos farmacêuticos	Pharmaceuticals										x	x	Pharmaceuticals; farmacêutica
biotecnologia	biotechnology	x									x	x	biotecnologia industrial;

														industrial biotechnology
Química fina orgânica	Organic fine chemistry											x		
semicondutores	semiconductors											x	x	cable; conductor; semiconductor
Telecomunicações	Telecommunications											x		
Tecnologias audiovisuais	Audio-visual technologies											x		
Máquinas elétricas	Electrical machinery											x		
Aparelho elétrico	Electrical apparatus											x		
Energia elétrica	Electrical energy											x		
transistor de microchip	microchip transistor											x		
Tecnologia médica	Medical technology											x		
tecnologia da computação	computer technology											x	x	computer input-output
fotônica	photonics												x	
micro and nanoeletrônica	micro and nanoelectronics												x	microelectronics; nanoelectronics; microeletrônica; nanoeletrônica; electronic circuit

Engenharia química	Chemical engineering										x	x		
Química de alimentos	Food Chemistry											x		
Ótica	Optics											x		optic device
Química macromolecular	Macromolecular chemistry											x		polymers; polímeros

### **3. Bloco II - Financiamento à inovação no contexto da Pandemia: uma análise da contribuição da Finep no apoio de projetos relacionados à COVID-19**

#### **3.1. Introdução**

Este bloco do relatório traz uma análise de caráter exploratório que se insere no esforço de tratar dos padrões de financiamento à inovação em saúde no Brasil. O artigo apresentado neste bloco explora um aspecto específico desta questão e traz uma discussão sobre a atuação da Finep no financiamento de novas soluções tecnológicas para enfrentar a pandemia da Covid-19. Para isso, o trabalho discute os esforços de inovação empreendidos pelas instituições que receberam recursos públicos, à luz dos instrumentos de políticas operacionalizados pela Finep, com destaque para a subvenção econômica e recursos não reembolsáveis.

Do ponto de vista de financiamento da inovação, a Finep atuou a partir de abril de 2020, com algumas iniciativas a fim de alcançar resultados em um curto período. Os tipos de instrumentos utilizados foram o crédito para empresas com taxas subsidiadas, as subvenções econômicas e os recursos não reembolsáveis para as universidades e instituições científicas e tecnológicas (ICTs).

É importante ressaltar que esse esforço de ampliação do financiamento à inovação para o enfrentamento da pandemia esteve articulado, pelo menos em parte, com a construção de um arcabouço institucional para coordenação das políticas de enfrentamento da pandemia no Brasil, no qual destaca-se o papel da Rede Vírus.

O vírus da Covid-19 afetou os países de maneira desigual, devido à falta de preparação, previsão e capacidade para orientar as atividades econômicas. A reação do norte global à crise mostrou a importância das políticas de financiamento à ciência, tecnologia e inovação (CT&I) ao colocar a saúde como prioridade máxima.

No Brasil, ficou evidente a vulnerabilidade dos segmentos ligados ao Complexo Econômico-Industrial da Saúde (CEIS) que, juntamente com a falta de coordenação do governo federal em articular os interesses públicos e privados em prol da garantia de acesso à saúde, agravou as consequências da pandemia no país.

O enfrentamento da pandemia exigiu do sistema industrial de saúde brasileiro uma mobilização no sentido de trabalhar de maneira interdependente e coordenada. Com raras exceções, com destaque para os Laboratórios Oficiais – a Fundação Oswaldo

Cruz (Fiocruz) e o Instituto Butantan – os demais atores desse complexo produtivo não estavam preparados para o desafio rapidamente imposto pela pandemia ao país.

A reduzida disposição de reação dos principais atores do CEIS no Brasil, em termos da sua capacidade de fornecimento dos produtos e insumos de saúde necessários para o enfrentamento da pandemia no país, evidenciou a fragilidade da base produtiva nacional. Esse fato levanta um questionamento sobre o resultado efetivo das políticas de promoção do setor que foram levadas a cabo ao longo da década de 2000. Um conjunto importante de instrumentos de financiamento público para estimular projetos de inovação e melhorias nos marcos regulatórios possibilitaram almejar oportunidades concretas de o país alcançar uma posição mais ativa e central, vis-à-vis o contexto global acirrado de competição, característica desse segmento.

É importante considerar a existência de outros atores com funções relevantes no sistema nacional de inovação em saúde. O presente texto está restrito à atuação da Agência Brasileira de Inovação (Finep), no âmbito dos financiamentos concedidos para apoiar à CT&I nas empresas brasileiras e nas universidades e ICTs para o enfrentamento da pandemia da Covid-19.

Dentre as principais questões a serem respondidas a partir da análise destacam-se:

Para quem foi direcionado o recurso público de inovação? Quais as empresas e Universidades/ICTs?

- Qual a proporção dos recursos direcionados para a Covid-19, diante do crescente contingenciamento do FNDCT?
- Os instrumentos de financiamentos utilizados foram os mais adequados?
- As linhas temáticas e os objetivos do apoio refletiram uma análise prévia do que seria mais importante investir, considerando as necessidades do país?
- Em que medida as diretrizes de políticas públicas foram traduzidas em prioridades e políticas operacionais da Finep?
- Os desembolsos resultaram na expansão das capacidades produtivas e tecnológicas dos beneficiários e das convenentes?

A análise apresentada neste artigo baseia-se em fontes secundárias de informação, avaliadas de maneira qualitativa e quantitativa. Para analisar os efeitos dos financiamentos dos projetos de CT&I para o enfrentamento da pandemia da Covid-19, foram utilizadas as bases de dados dos contratos e dos convênios da Finep, obtidas no site da instituição, na seção intitulada Transparência. Os projetos foram organizados por

chamada pública ou encomenda direta, instituição ou empresa contratada, objetivos, valor contratado, valor desembolsado, ano de contratação dentre outras características. O período considerado compreende os anos de 2020 e 2021.

Na sequência, após a organização da base de dados, os projetos foram classificados por meio dos objetivos dos projetos, permitindo identificar onde seriam investidos, majoritariamente, os recursos do financiamento. A organização dos projetos por área de conhecimento permitiu uma análise qualitativa dos esforços de inovação das instituições financiadas, possibilitando verificar o resultado do financiamento sobre o aumento de conhecimento e de capacidades tecnológicas.

O artigo está organizado em cinco seções além desta introdução. A próxima seção, apresenta uma revisão teórica no tocante à questão do financiamento à inovação. A terceira seção apresenta uma breve discussão histórica da arrecadação e da execução do FNDCT. A quarta seção analisa os projetos financiados pela Finep para o enfrentamento da pandemia da Covid-19. A quinta seção trata da criação da Rede Vírus e sua função de formulador de políticas públicas. Por fim, a sexta seção traz as principais conclusões do artigo.

### ***3.2. O financiamento da ciência, tecnologia e inovação e os seus instrumentos financeiros***

A abordagem de Sistema Nacional de Inovação (FREEMAN, 1987; LUNDVALL, 2016; NELSON, 1988; EDQUIST, 2006; CASSIOLATO; LASTRES, 2005) destaca que a inovação é um fenômeno sistêmico, determinado por vários tipos de interações e cooperações. As políticas de incentivo à inovação devem incluir não apenas o financiamento à pesquisa básica e à inovação, mas principalmente a articulação entre os agentes que compõem o sistema (SCHOT; STEINMUELLER; 2018). Estudos recentes sobre as políticas de inovação repopularizaram a política industrial como instrumento de mudança – tanto tecnológica quanto econômica (MAZZUCATO, 2014). Na maior parte das vezes, a política de inovação é instituída no âmbito da política industrial, de forma que há uma relação estreita e uma área de coincidência entre essas duas políticas (ROTHWELL, 1982; COUTINHO, 2002).

O fomento público via política industrial pode abranger uma série de iniciativas, envolvendo o incentivo à ciência, à tecnologia e à inovação (COSTA, 2016). Ao longo da história, as políticas de fomento às inovações foram rotuladas como políticas



industriais, tecnológicas, ou, ainda, científicas. Em comum, essas diferentes iniciativas tinham o intuito de afetar o processo de inovação de um país. Ou seja, influenciar o desenvolvimento, a introdução, a difusão, a absorção e o uso de inovações a fim de alcançar os objetivos estabelecidos (EDLER; FAGERBERG, 2017).

O financiamento da inovação constitui um importante ponto de debate entre os estudiosos da área, uma vez que os bancos privados e os mercados de ações são avessos a esse tipo de investimento. A natureza desses investimentos, tais quais o longo prazo de maturação, a incerteza do resultado e a questão da apropriação do conhecimento, mantém o debate sobre a necessidade de arranjos institucionais específicos (ARROW, 1962; CHRISTENSEN, 1992; MELO, 1994).

Neste aspecto, o Estado, por meio de suas instituições financeiras, constitui-se num ator-chave no fomento às atividades de CT&I, principalmente nos estágios iniciais de pesquisa básica que envolvem elevado grau de risco. Os atores públicos voltados para financiar a inovação possuem papéis distintos (MAZZUCATO, 2018). Breznitz, Ornston e Samford (2018) discutiram os variados perfis das agências públicas que fomentam a inovação no mundo. Os autores sustentam que o design institucional dessas agências condiciona a própria eficácia da sua atuação no estímulo ao processo de inovação. O ponto central da análise dos autores é que essas instituições podem obter sucesso de formas distintas, promovendo a inovação radical ou incremental.

Os instrumentos de políticas são os meios pelos quais os governos se utilizam para alcançar os objetivos de desenvolvimento econômico, dentre os quais financiar os investimentos em CT&I. Esses objetivos podem ser, por exemplo, aumentar o percentual do produto interno bruto dedicado à pesquisa e desenvolvimento, estimular o empreendedorismo na economia, fortalecer os vínculos entre a universidade e a indústria, ou, ainda, solucionar os grandes desafios da sociedade (BORRÁS; EDQUIST, 2013; EDLER; FAGERBERG, 2017; MAZZUCATO, 2018). Entretanto, os instrumentos de políticas desenhados para apoiar à CT&I nem sempre alcançam a eficácia esperada, seja pela falta de receptividade das próprias instituições, seja pela ausência de uma perspectiva sistêmica, e da necessária articulação dos instrumentos e instituições envolvidos no desenho e implementação das políticas.

Rosenberg (1990) destacou que o financiamento deve ser estruturado para atender ao requisito de elevada incerteza da pesquisa básica; todavia, quando o resultado do investimento é alcançado, o retorno social é elevado e apropriado pelas empresas com retornos privados significativos. Freeman e Soete (2008) avançaram na discussão a

respeito da incerteza no âmbito do processo de inovação, descrevendo três tipos de incertezas, conforme a sua natureza. A incerteza é, portanto, um dos principais fatores inibidores do financiamento da inovação; no entanto o Estado é capaz de aplicar medidas de políticas econômicas, minimizando essa condição adversa (ERBER, 1980).

No Brasil, observa-se, igualmente, que, de uma maneira geral, o sistema financeiro atua sem qualquer influência no que diz respeito ao desenvolvimento do mercado de capitais e do crédito bancário privado para financiar ativos intangíveis. Como consequência, a Finep foi uma das instituições criada para esse fim, a partir da ação estratégica do Estado. Dentre outras funções, ela assume a intermediação financeira com o sistema industrial e de pesquisa no financiamento da CT&I, alocando recursos públicos nas mais diversas áreas da economia.

As vulnerabilidades estruturais da economia brasileira têm consequências sobre a dinâmica de investimentos em CT&I. Apesar da área de saúde ter recebido sucessivos benefícios das políticas industriais e de inovação implementadas no país, persistem as dificuldades de alcançar maiores níveis de conhecimento e capacidade tecnológica.

As políticas industriais e de inovação, a partir dos anos 2000, procuraram enfatizar o papel central dos bancos públicos e das agências de fomento na execução dos diversos programas de estímulo às indústrias. A Finep atua sob orientação e diretrizes políticas, estruturando projetos e viabilizando o financiamento da inovação. Muitas vezes, ela é envolvida no desenho das políticas, tendo em vista a proximidade entre a formulação e a execução. É nesse contexto que esse artigo irá se concentrar, analisando os resultados dos financiamentos dos projetos de inovação, apoiados por essa instituição, no âmbito das ações para o enfrentamento da pandemia da Covid-19.

### **3.3. A arrecadação e a execução do FNDCT: um breve histórico**

O Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT) foi criado em 1969, tendo como objetivo principal garantir recursos para projetos de desenvolvimento científico e tecnológico. Na segunda metade dos anos 1990, a criação dos fundos setoriais se tornou o suporte fundamental para o FNDCT, representando um amadurecimento institucional (DE NEGRI; KOELLER, 2019). Nesse sentido, o objetivo do FNDCT se ampliou e passou a incorporar também o estímulo ao desenvolvimento de projetos de inovação. Nos últimos vinte anos, o Brasil consolidou uma arquitetura relativamente robusta de suporte à CT&I, com a implantação de uma rede de instrumentos e apoios para o desenvolvimento tecnológico.

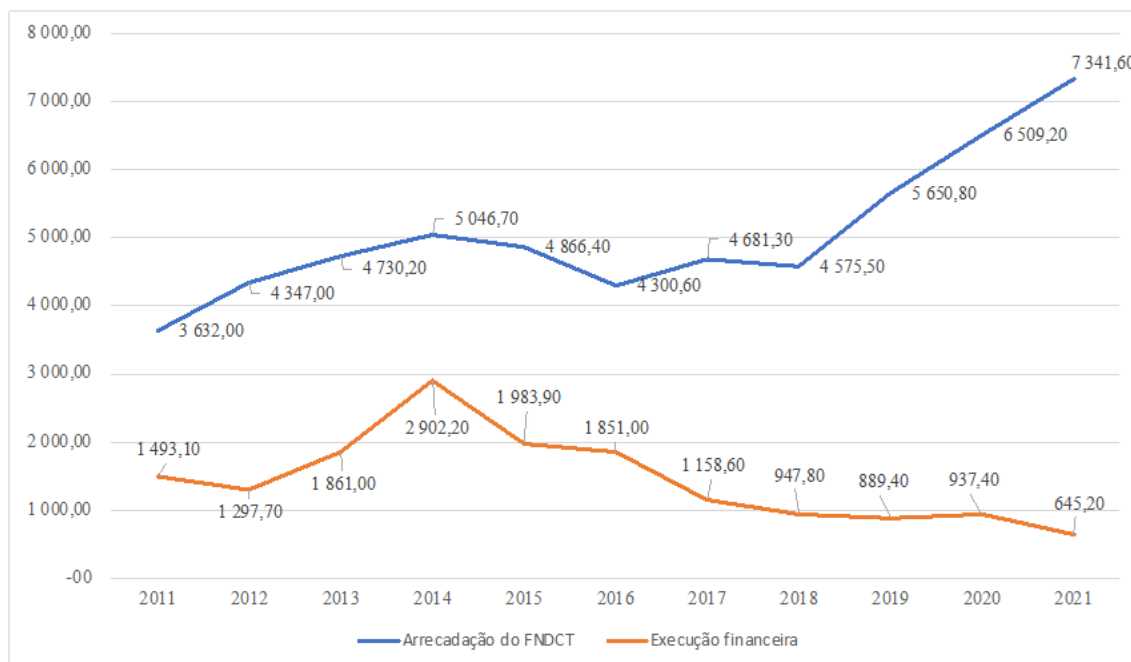
A importância do FNDCT para CT&I representou, em média, 33% dos recursos executados pelo governo federal na função ciência e tecnologia no período de 2011-2020 (KOELLER; RAUEN, 2021). Em contrapartida a esse aparente fortalecimento do sistema nacional de CT&I, foram realizados sucessivos ajustes fiscais conjunturais, que resultaram na implantação de mecanismos que inibiram a utilização total dos crescentes recursos do FNDCT: o contingenciamento e a reserva de contingência.

Os recursos do FNDCT são constituídos por um conjunto de receitas vinculadas e a arrecadação está atualmente baseada prioritariamente nos recursos dos fundos setoriais. As fontes mais relevantes que compõem essa arrecadação são: receitas da contribuição de intervenção no domínio econômico (CIDE); compensações financeiras pela produção de petróleo e o retorno dos recursos financeiros decorrentes de aplicações em programas e projetos e fundos de investimento.

Um aspecto importante é analisar o desempenho do FNDCT no que diz respeito à arrecadação e o que efetivamente é executado por esse fundo. No Brasil, a característica do orçamento é não ser impositivo, ou seja, o Poder Executivo não é obrigado a executar na sua totalidade o orçamento aprovado pelo Congresso Nacional. A diferença do que foi previsto em Lei e o que efetivamente é executado é o chamado contingenciamento.

O **Gráfico 1** mostra a evolução da arrecadação e da execução dos recursos do FNDCT, em valores nominais. A arrecadação apresenta uma trajetória crescente, com destaque para o aumento expressivo ano após ano a partir de 2018. A execução financeira a partir de 2014 foi decrescente e em 2021 representou 8,8% do total arrecadado pelo Fundo. Nota-se que a intenção inicial do FNDCT de garantir recursos para pesquisa, desenvolvimento e inovação não se concretizou conforme se esperava, pois mais de 90% dos recursos do Fundo não tiveram autorização para serem utilizados.

**Gráfico 1 – Arrecadação e Execução dos recursos do FNDCT (2011 até 2021) – valores R\$ nominais**



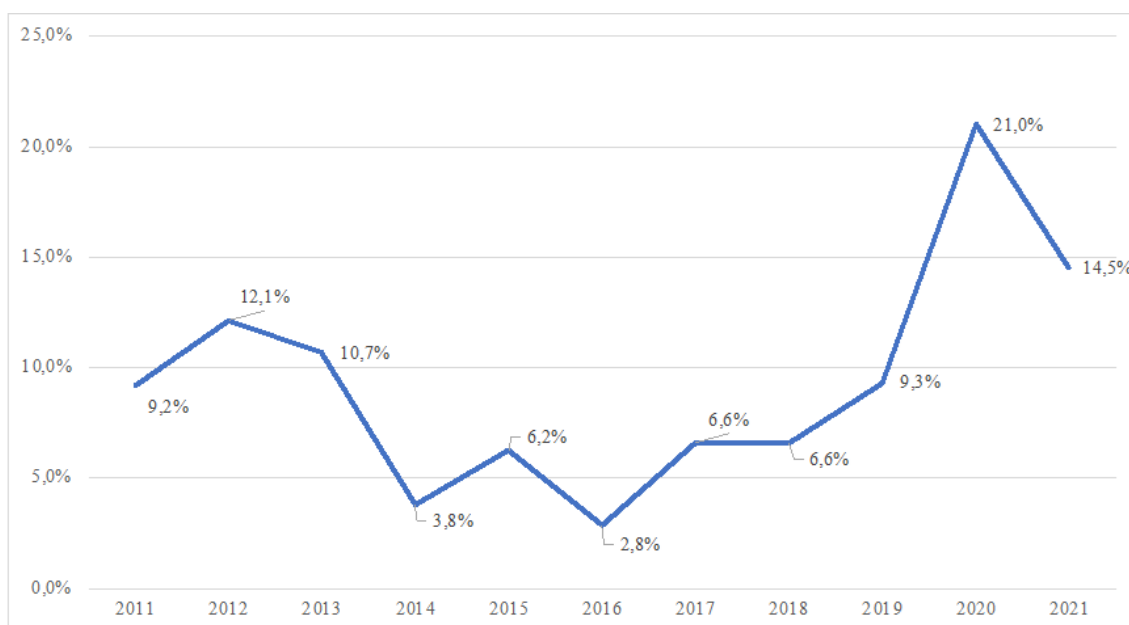
Fonte: Finep

A execução financeira e orçamentária do FNDCT é constituída por uma série de itens de dispêndios, organizados por grupos: fundos setoriais, operações especiais, ação transversal, demais ações e apoio institucional. Os somatórios desses grupos correspondem ao montante financeiro total do FNDCT, seja a arrecadação ou a execução de recursos. A subvenção econômica é destacada na ação das operações especiais. Esse instrumento financeiro foi instituído pela Lei de Inovação [1] e é operado pela Finep sempre precedida de um chamamento público. Esse é um dos instrumentos mais eficazes para induzir o processo de inovação nas empresas. O seu uso é especialmente útil para apoiar as etapas relacionadas à pesquisa, ou seja, as fases iniciais do processo de inovação, ao qual as externalidades relativas ao conhecimento tendem a ser maiores (ZÚÑIGA-VICENTE et al., 2014). Um estudo do Fundo Monetário Internacional mostrou que a subvenção é o mecanismo mais adequado para apoiar a inovação quando as instituições conseguem fazer boas avaliações para seleção de projetos com maiores externalidades potenciais (COSTA, 2013; MONITOR, 2016).

O **Gráfico 2** mostra a evolução percentual dos gastos de subvenção econômica em relação à execução do FNDCT. Entre os anos de 2011 e 2019 a proporção dos dispêndios do FNDCT em subvenção econômica foi de 7,5%. No ano de 2016 essa modalidade de apoio representou 2,8% dos recursos executado do FNDCT, significando

a menor participação da série. A partir de 2016 até o ano de 2021, essa proporção foi crescente. Com o surgimento da pandemia da Covid-19, o percentual de desembolso em subvenção econômica em relação aos recursos do FNDCT alcançou 21%, o maior patamar dos últimos anos.

**Gráfico 2 - Participação da subvenção econômica sobre a execução financeira do FNDCT**



Fonte: Finep

A recente Lei Complementar nº 177[2] tenta solucionar a questão da restrição dos recursos do FNDCT, garantindo a continuidade e a estabilidade de volumes financeiros para CT&I no Brasil. Nesse contexto, o objetivo dessa Lei foi instituir mecanismos que evitem as contingências de recursos e tornem o FNDCT um fundo de natureza contábil e financeira. Dessa forma, garante-se que os recursos arrecadados sejam alocados para sua destinação original e revertidos os saldos financeiros anuais utilizados até o final do exercício apurados no balanço anual para o apoio de projetos de CT&I.

Os efeitos desta Lei Complementar ainda são incertos. No curto prazo, devem representar um aumento significativo de recursos a serem executados. Não é objetivo deste artigo discutir os desafios impostos com a retirada dos mecanismos de contingenciamento que impedem a execução do fundo. Esse novo dispositivo legal pode trazer um novo cenário para formulação e implementação de políticas de CT&I. Isso exigirá capacidade de planejamento, execução, acompanhamento e avaliação da Finep, a agência de fomento responsável pela Secretaria Executiva do fundo.

### **3.4. O apoio da Finep contra a Covid-19**

A Finep é a agência brasileira de inovação responsável por incentivar pesquisas, programas e projetos de relevância para o desenvolvimento científico, tecnológico, social e econômico do Brasil. Sua atuação sempre esteve pautada em apoiar projetos de pesquisa e de inovação. Ao longo de seus mais de 50 anos, essa agência de fomento teve grande importância para o avanço dos indicadores científicos e tecnológicos do país. Em seu braço científico, por exemplo, a Finep foi fundamental para a criação e consolidação da pós-graduação no país, assim como para a criação de um grande aparato de infraestrutura de pesquisa científica nas universidades e ICTs. Ao mesmo tempo, o seu apoio foi fundamental para o desenvolvimento tecnológico e para a difusão de uma cultura de inovação nas empresas brasileiras.

A Finep disponibiliza diferentes modalidades financeiras de apoio, desenhadas para atender aos seus variados perfis de demandantes, em suas mais diversas necessidades de projetos para estimular o desenvolvimento de projetos de CT&I. Os instrumentos financeiros operacionalizados de forma direta são: o financiamento reembolsável, o financiamento não-reembolsável às universidades e ICTs, a subvenção econômica e as operações de investimento.

Com a chegada da pandemia da Covid-19 no país, as primeiras medidas da Finep estiveram concentradas em renegociar as dívidas das empresas financiadas que foram afetadas pela crise econômica repentina. Além disso, ela se dispôs em conceder recursos de crédito com taxas subsidiadas para o desenvolvimento de novos equipamentos de combate à Covid-19. Após, em articulação com o MCTI e com o aval do Ministério da Economia, uma parte dos recursos do FNDCT foram descontingenciados.

A disponibilidade de orçamento não reembolsável fortaleceu o comitê de especialista formado em março de 2020, denominado de Rede Vírus, que assumiu o protagonismo na formulação das ações a serem realizadas para o enfrentamento da Covid-19. Alinhada às diretrizes do MCTI, a Finep buscou apoiar projetos concentrados em três frentes, conforme apresentado no **Quadro 3**.

### Quadro 3 – Frentes de ação da Finep para o enfrentamento da Covid-19

Área de atuação	Ações propostas
Prevenção	Desenvolvimento de soluções inovadoras e no aumento da produtividade para a produção de equipamentos e sistemas de proteção individual (EPI) e coletiva (EPC) e desenvolvimento de espessantes antisséptico.
Diagnóstico	Corona-ômica: rede nacional para monitoramento e sequenciamento do genoma do vírus circulante no país; Desenvolvimento de kits diagnóstico e testes rápidos para Covid-19.
Tratamento	Organizar o ecossistema nacional para fabricação e manutenção de ventiladores pulmonares; Ensaio clínico de hidroxicloroquina associado à azitromicina e de droga selecionada; Identificar uma opção terapêutica apta a iniciar estudos clínicos de fase II em curto prazo com foco em fármacos já aprovados; Estudo clínico de fase IIA, a eficácia e a segurança da transfusão do plasma convalescente em pacientes internados; Ensaio clínico preventivo com cloroquina; Desenvolvimento de vacina contra SARS-CoV-2.

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da Finep.

Os mecanismos utilizados se deram por meio de chamadas públicas ou encomendas diretas. Os instrumentos financeiros utilizados foram a subvenção econômica e o financiamento não reembolsável para as universidades e ICTs. O crédito direto com taxas subsidiadas também foi empregado, no entanto representou poucas operações.

A **Tabela 1** mostra a distribuição do número de projetos e o montante financeiro alocado pela Finep por tipo de instrumento. De forma geral, foram contratados 163 projetos, totalizando R\$ 356 milhões de orçamento comprometido. Nota-se uma alta concentração no uso dos recursos não reembolsáveis e subvenção econômica, no tocante ao número de projetos apoiados e ao volume financeiro. Esses dois instrumentos de financiamento totalizaram 86% dos recursos. A modalidade de financiamento por meio do crédito com taxas subsidiadas foi a que menos se destacou, correspondendo a 15% dos valores totais financiados e com apenas 5 projetos apoiados.

**Tabela 1 – Número de projetos e valor contratado– valores nominais**

Instrumento Financeiro	Número de Projetos	Valor Contratado	% do financiamento
Crédito	5	51 949 849,20	15%
Não Reembolsável	34	162 981 529,91	46%
Subvenção	124	141 747 183,42	40%
Total	163	356 678 562,53	100%

Elaboração própria a partir dos dados da Finep.

Em relação aos projetos de subvenção econômica, o número de iniciativas inovadoras por parte das empresas brasileiras foi de 124 projetos, correspondendo a 76% do total, conforme destacado na **Tabela 1**. Sobre os financiamentos concedidos nesse instrumento financeiro o total foi de R\$ 141 milhões, significando 40% dos recursos direcionados para o enfrentamento da pandemia da Covid-19.

A **Tabela 2** apresenta a concentração de projetos financiados pela Finep, por área de atuação, conforme as três frentes de ação elencadas no Quadro 3. Adicionalmente, foram incluídos os instrumentos financeiros utilizados, com a quantidade de projetos e os valores alocados. A tabela foi estruturada partindo da premissa de verificar aqueles projetos vinculados aos temas principais das chamadas públicas e de identificar a área do desenvolvimento a partir dos títulos dos projetos financiados.

**Tabela 2 – Áreas de atuação da Finep e projetos apoiados – valores nominais**

Áreas de atuação e Instrumento Financeiro	Número de Projetos	Valor Contratado
<b>Diagnóstico</b>	<b>32</b>	<b>129 940 078,21</b>
Não Reembolsável	8	94 528 629,29
Subvenção	24	35 411 448,92
<b>Prevenção</b>	<b>77</b>	<b>101 684 950,77</b>
Crédito	4	44 419 849,20



Não Reembolsável	3	3 897 892,75
Subvenção	70	53 367 208,82
<b>Tratamento</b>	<b>54</b>	<b>125 053 533,55</b>
Crédito	1	7 530 000,00
Não Reembolsável	23	64 555 007,87
Subvenção	30	52 968 525,68
<b>Total</b>	<b>163</b>	<b>356 678 562,53</b>

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da Finep.

É possível identificar uma concentração do número de projetos na área de Prevenção, com 47% da quantidade total dos apoios concedidos. Por outro lado, em relação ao valor contratado, as áreas de Diagnóstico e Tratamento responderam por algo em torno de 70% dos recursos alocados.

No que diz respeito aos projetos financiados para área de Diagnóstico, oito iniciativas foram contratadas com as Universidades e ICTs. Do valor dos projetos apoiados, 73% foram direcionados para essas instituições. Destaca-se a encomenda para a Universidade Federal de Minas Gerais para coordenar uma rede de laboratórios para testes de diagnósticos da Covid-19, por meio de marcadores moleculares. A encomenda direta reúne treze universidades públicas das cinco regiões geográficas do país. Os recursos já desembolsados somam a quantia de R\$ 35 milhões, cerca de 25% dos recursos destinados para a área de Diagnóstico. O objetivo do projeto é aumentar a capacidade de testagem no país, uma vez que o uso dessa ferramenta em massa, a coleta e a organização dos dados epidemiológicos continuam sendo fundamentais no atual estágio da pandemia.

Até fevereiro de 2022 essa rede de laboratórios realizou aproximadamente 570 mil testes desde o início da pandemia (MCTI, 2022). Esse número se mostra bastante distante da necessidade brasileira, principalmente quando comparamos com o desempenho de outros países. De acordo com as informações do site *Our World in Data* (2022) os Estados Unidos realizaram 820 milhões, enquanto que o Reino Unido realizou mais de 460 milhões de testes em sua população, considerando os dados até fevereiro de 2022.

Em relação aos projetos da área de Tratamento, chama atenção aquelas iniciativas destinadas a adequação e implantação de infraestrutura física de laboratórios e biotérios de nível de biossegurança 3 (NB-3). O objetivo é ampliar o número de instituições equipadas para trabalhar com microrganismos do grupo de risco 3 e com grandes quantidades ou altas concentrações de microrganismos do grupo de risco 2, que constituem um risco acrescido de propagação de aerossóis. Esses projetos totalizaram o investimento de R\$ 33 milhões e estão voltados para atender as necessidades do país em médio e longo prazo para o enfrentamento de doenças contagiosas.

Nota-se ainda que a capacidade de execução dos recursos mostrou-se bastante expressiva, sendo 85% dos desembolsos alocados em um intervalo de tempo de pouco mais de ano. A **Tabela 3** exibe o valor desembolsado por área de atuação e instrumento financeiro.

**Tabela 3 – Valor desembolsado por área de atuação e instrumento financeiro – valores nominais**

Áreas de atuação e Instrumento Financeiro	Valor do Desembolso	% do valor desembolsado por área
Diagnóstico	129 442 064,39	100,0%
Não Reembolsável	94 528 625,47	73,0%
Subvenção	34 913 438,92	27,0%
Prevenção	56 484 211,57	100,0%
Não Reembolsável	3 897 892,75	6,9%
Subvenção	52 586 318,82	93,1%
Tratamento	117 523 533,55	100,0%
Não Reembolsável	64 555 007,87	54,9%
Subvenção	52 968 525,68	45,1%
Total	303 449 809,51	

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da Finep

No segmento de Diagnóstico, os recursos não reembolsáveis para as Universidades e ICTs representaram 73% dos valores alocados nessa área. Ao analisar a área de Prevenção, o destaque são os projetos financiados com recursos de subvenção econômica, que corresponderam a 93% do valor destinado para esse segmento. No entanto, o percentual de volume financeiro para essa área foi de apenas 18%, considerando a participação nas três áreas de atuação. Para o segmento de Tratamento os valores alocados com os instrumentos não reembolsável e a subvenção econômica se aproximaram, representando 54% e 45% respectivamente.

A pandemia da Covid-19 trouxe grandes desafios para os formuladores de políticas públicas, refletindo diretamente na atuação da Finep e no melhor uso dos seus instrumentos financeiros. Ficou evidente no país a falta de capacitações tecnológicas em equipamentos de cuidados intensivos, materiais de proteção individual e insumos farmacêuticos, além da frágil coordenação do governo federal. Por outro lado, foi possível observar algum grau de coordenação na formulação da política e sua execução, através da Rede Vírus. O papel que a rede teve durante este período e a sua atuação e influência na definição dos temas a serem apoiados para enfrentar a pandemia serão discutidas na próxima seção.

### **3.5. A formação e o papel da Rede Vírus**

Em 11 de março de 2020, a Organização Mundial da Saúde (OMS) declarou pandemia global tendo como vírus originador uma nova linhagem de coronavírus causadora de uma síndrome respiratória grave. A rápida disseminação do vírus da Síndrome Respiratória Aguda Grave 2 (Sars-CoV-2), que passou a ser referenciado pela OMS como vírus causador da Covid-19, levou imediatamente a uma crise econômica mundial e uma alta da demanda global por produtos de saúde. Os países no norte global e suas instituições públicas e privadas, em sua maioria, trabalharam de forma coordenada para reduzir os impactos negativos na economia, além da busca acelerada pelo desenvolvimento em tempo recorde de vacinas e tratamentos para a doença.

A forte crise sanitária atingiu a economia brasileira em um momento em que já se encontrava debilitada, em virtude das baixas taxas de crescimento vivenciadas nos últimos anos. Passado o período mais agudo de negação e de diminuição dos possíveis efeitos da pandemia por parte do governo brasileiro, um conjunto de medidas foi anunciado no intuito de prover algum tipo de proteção social, garantir o emprego e a renda de parte da população, dar o devido suporte às empresas e assegurar a estabilidade do sistema financeiro.

No que diz respeito a estrutura produtiva do país, constatou-se o que muitos estudiosos do tema já vinham alertando há alguns anos: a situação de elevada vulnerabilidade e fragilidade da indústria brasileira. No segmento farmacêutico ficou evidente a forte dependência da importação de insumos farmacêuticos ativos, além da deficiente capacidade tecnológica das empresas de desenvolver novos candidatos de medicamentos ou de vacinas.

No mesmo dia em que a pandemia foi anunciada pela OMS, o Ministro da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) promulgou uma portaria[3] instituindo um comitê formado por especialistas, denominado de Rede Vírus. Esse comitê tem por característica ser um fórum de assessoramento científico de caráter consultivo. A finalidade é subsidiar o Ministério em questões estratégicas relacionadas ao combate de viroses emergentes.

O Quadro 1 detalha quais são os objetivos do apoio que esse grupo técnico oferece.

#### **Quadro 1 – Objetivos da atuação do Comitê de Especialistas da Rede Vírus**

Promoção da integração dos esforços de pesquisa científica e desenvolvimento tecnológico em viroses emergentes.
Definição de prioridades de pesquisa na área do conhecimento de viroses emergentes.
promoção do desenvolvimento de tecnologias para auxiliar o País no enfrentamento das viroses emergentes.
articulação e integração de iniciativas de pesquisa, desenvolvimento e inovação em andamento relacionadas às viroses emergentes, em especial nas atividades desenvolvidas no âmbito dos Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCTs).

Fonte: Elaboração própria.

O comitê de especialistas é formado pelo Secretário de Políticas para Formação e Ações Estratégicas do MCTI, um representante do CNPq e um representante da Finep. Além dessas pessoas, o comitê reúne ainda cientistas e representantes da sociedade científica vinculados às principais universidades e aos centros de pesquisa do país.

A Rede Vírus busca atuar na articulação de laboratórios de pesquisa, com foco na otimização e na complementaridade da infraestrutura e de atividades de pesquisa que estão em andamento, em especial aquelas relacionadas ao enfrentamento da Covid-19. A ideia é que as instituições possam atuar em conjunto no desenvolvimento de

diagnósticos, tratamentos, vacinas e produção de conhecimento sobre vírus emergentes.

A Rede está organizada por meio de linhas temáticas. O Quadro 2 apresenta essas linhas e uma breve descrição dos seus objetivos.

**Quadro 2 – Linhas temáticas de atuação da Rede Vírus**

Linhas Temáticas	Objetivos
Vacinas	Desenvolvimento de vacinas contra a Covid-19 utilizando-se da infraestrutura já presente em laboratórios no país.
Biobanco	Estruturação de um banco de amostra de vírus, coletadas a partir dos casos de Covid-19 identificados em todo o Brasil para estudos científicos.
Acompanhamento clínico	Investigações sobre as alterações relacionadas à Covid-19.
Acompanhamento das complicações clínicas ligadas ao Sars-CoV-2	Acompanhamento e investigação de complicações clínicas relacionadas à pacientes com diagnóstico confirmado de Covid-19.
Impacto Corona	Estudos voltados ao entendimento do impacto socioeconômico decorrente da pandemia da Covid-19.
Monitoramento e Vigilância	Relacionado aos resíduos virais encontrados em água e detecção do vírus em determinados animais.
Diagnóstico	Ações voltadas para o diagnóstico e teste de Covid-19.
Corona-ômica	Estabelecimento de uma rede nacional de genomas, exoma e transcriptoma de Covid-19 com o intuito de monitorar e sequenciar o genoma do Sars-CoV-2 circulante no Brasil.

Ensaio Clínicos	Apresentar as informações sobre os ensaios clínicos elaborado pelos projetos de pesquisa desenvolvidos no âmbito da Rede Vírus.
-----------------	---

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do MCTI.

A partir das linhas temáticas enumeradas, a Rede Vírus realizou uma série de ações operacionalizadas por meio de chamamento público ou contratações diretas de ICTs para o desenvolvimento de soluções tecnológicas. Essas iniciativas foram feitas diretamente pelo MCTI ou por meio da Finep. Como secretaria executiva do FNDCT, a Finep contratou uma quantidade de projetos e valores financeiros expressivos nos anos de 2020 e 2021 para o enfrentamento da Covid-19, conforme analisado na seção anterior.

A rede Vírus, portanto, se mostrou um esboço e uma tentativa de se desenhar uma política de inovação em meio a ausência total de vontade e capacidade do governo em executar algo mais estruturante para o desenvolvimento tecnológico do país. A constituição dessa rede articulou a gestão da política com o órgão de financiamento. Nota-se um engajamento das instituições envolvidas para melhor executar as ações formuladas. O setor de saúde possui bons exemplos de que quando a política pública se organizou, a política industrial de fato se voltou para a inovação e as instituições com finalidades convergentes se articularam.

### **3.6. Conclusões**

A pandemia da Covid-19 logrou recolocar no centro do debate a importância do domínio nacional de uma base produtiva em saúde, bem como o papel central do Estado na coordenação de agentes e investimentos no enfrentamento da crise sanitária. Ao expor as falhas da dinâmica do sistema econômico mundial, esse evento também apontou para a urgência de se pensar um novo modelo de desenvolvimento econômico atrelado às questões do bem-estar. Ficou ainda mais evidente, portanto, que um Estado que busca uma sociedade equânime, comprometida com os direitos sociais e a vida só é viável ao dispor de uma base produtiva, tecnológica e de inovação em saúde robusta e que lhe dê sustentação (GADELHA, 2021).

A mudança ocorrida no FNDCT, por meio da aprovação da Lei Complementar 177 é uma questão importante e que pode transformar a dinâmica do fomento à C,T&I no país. A garantia de uma fonte de recursos estável e contínua irá contribuir para o país avançar no planejamento de ações para o desenvolvimento científico e tecnológico. Cabe

destacar que no ano de 2022 provavelmente a Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI) será revista, pois é o último ano da que está em vigor. Essa maior disponibilidade de recursos abre novas possibilidades na construção de políticas.

Este artigo buscou analisar a importância que assumiu a Finep no financiamento de projetos de inovação relacionados ao desenvolvimento de competências tecnológicas para o enfrentamento da pandemia da Covid-19. O uso de instrumentos de políticas, sobretudo aqueles com característica mais de oferta, permitiu um amplo apoio no que diz respeito à quantidade de empresas, universidades e ICTs contratadas e ao valor financeiro mobilizado e desembolsado para fomentar iniciativas inovadoras.

Durante a análise constatou-se a elevada predominância no uso dos instrumentos financeiros de subvenção econômica para empresas e de recursos não reembolsáveis para as universidades e ICTs, tanto em quantidades de projetos quanto no volume financeiro aportado. O crédito com taxas subsidiadas não avançou como esperado, representando poucas operações e recursos distribuídos. A situação econômico-financeira da maior parte das empresas brasileiras foi impactada rapidamente pela crise sanitária. Elas tiveram que priorizar a manutenção de questões operacionais, por exemplo, garantir o adequado fornecimento de insumos ou viabilizar o pagamento da folha salarial, em detrimento de se alavancar com novos empréstimos para inovação.

Em uma análise preliminar é possível notar que a capacidade de execução dos recursos da Finep, no ano de 2020 e 2021 para projetos relacionados ao enfrentamento da pandemia da Covid-19, mostrou-se bastante efetiva. 85% do recurso disponível foi desembolsado em um intervalo de tempo de pouco mais de um ano, considerando todos os expedientes necessários para o lançamento das chamadas públicas e análises dos projetos submetidos até, de fato, o recurso chegar nas mãos do beneficiário e da conveniente.

A construção de um arcabouço institucional e de coordenação do governo, por meio da criação da Rede Vírus, se mostrou acertada no tocante ao papel do Estado de formulador de políticas públicas e da Finep de executor da política por meio dos seus instrumentos de fomento. A implementação de mecanismos financeiros e não financeiros, sem uma articulação do setor público e produtivo, pode produzir políticas industriais e de inovação pouco eficientes.

Uma questão que precisa ser discutida é sobre como os desenvolvimentos financiados irão se articular com as políticas de demanda. A combinação dos instrumentos de

políticas de inovação é considerada uma maneira mais eficiente e eficaz na implementação de políticas industriais e de inovação sistêmicas.

Outras iniciativas no país para conter o avanço da pandemia também foram estimuladas por meio dos recursos de outras instituições públicas de fomento à inovação. Porém, algumas questões, não exaustivas, ainda precisam ser exploradas a fim de melhor entender e analisar o efeito que esses estímulos são capazes de gerar nas empresas, universidades e ICTs.

### **Referências**

ARROW, Kenneth. Economic welfare and the allocation of resources for invention. In: NELSON, R. (Ed.). *The rate and direction of inventive activity*. Princeton: Princeton University Press, 1962. p. 609-626.

BORRÁS, Susana; EDQUIST, Charles. The choice of innovation policy instruments. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 80, n. 8, p. 1513-1522, 2013.

BREZNITZ, Dan; ORNSTON, Darius; SAMFORD, Steven. Mission critical: the ends, means, and design of innovation agencies. *Industrial and Corporate Change*, v. 27, n. 5, p. 883-896, 2018.

CASSIOLATO, José Eduardo; LASTRES, Helena Maria Martins. Sistemas de inovação e desenvolvimento: as implicações de política. *São Paulo Perspec.*, São Paulo, v.19, n. 1, p. 34-45, 2005.

CHRISTENSEN, Jesper. L. The role of finance in national systems of innovation. In: LUNDEVALL, B-A. (Ed.). *National Systems of Innovation: towards a theory of innovation and interactive learning*. London: Pinter, 1992, p. 146-168.

COSTA, Ana Czeresnia. *Política de Inovação Brasileira: Análise dos Novos Instrumentos Operados pela FINEP*. 2013. Tese (Doutorado em Economia) - Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

COSTA, Achyles Barcelos. Teoria econômica e política de inovação. *Revista de Economia Contemporânea*, v. 20, n. 2, p. 281-307, 2016.

COUTINHO, Luciano Galvão. Marcos e desafios de uma política industrial contemporânea. In: CASTRO, A. C. (Org.). *Desenvolvimento em debate*. Rio de Janeiro: Editora Mauad, 2002. p. 191-209.

DE NEGRI, F.; KOELLER, P. O. Declínio do investimento público em ciência e tecnologia: uma análise do orçamento do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações até o primeiro semestre de 2019. Brasília, DF: IPEA, 2019.

EDLER, Jakob; FAGERBERG, Jan. Innovation policy: what, why, and how. *Oxford Review of Economic Policy*, v. 33, n. 1, p. 2-23, 2017.



EDQUIST, Charles. *Systems of innovation: perspectives and challenges*. Oxford: Oxford University Press, 2006.

ERBER, Fábio Stefano. Desenvolvimento tecnológico e intervenção do Estado: um confronto entre a experiência brasileira e a dos países capitalistas centrais. *Revista de Administração Pública*, v. 14, n. 4, p. 10-72, 1980.

FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS (Finep). 2019. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/instrumentos-covid-19>>. Acesso em: 22 fevereiro 2022.

FREEMAN, Christopher. *Technology, policy, and economic performance: lessons from Japan*. London: Pinter Pub Ltd, 1987.

FREEMAN, Christopher; SOETE, Luc. *A economia da inovação industrial*. Campinas: Editora da UNICAMP, 2008.

GADELHA, Carlos Augusto Grabois. Complexo econômico-industrial da saúde 4.0: por uma visão integrada do desenvolvimento econômico, social e ambiental. *Cadernos do Desenvolvimento*, v. 16, n. 28, p. 25-49, 2021. Disponível em: <<http://www.cadernosdodesenvolvimento.org.br/ojs-2.4.8/index.php/cdes/article/view/550>>. Acesso em 22 ago. 2021.

KOELLER, P.; RAUEN, A.T. O. *Previsão de Arrecadação de Recursos do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT) para o período 2021-2024, segundo novas determinações legais*. Brasília, DF: IPEA, 2021.

LUNDEVALL, Bengt-Åke. *The learning economy and the economics of hope*. London: Anthem Press, 2016.

MAZZUCATO, Mariana. *O estado empreendedor: desmascarando o mito do setor público vs. setor privado*. São Paulo: Portfolio-Penguin, 2014.

MAZZUCATO, Mariana. *Mission-oriented research & innovation in the European Union: a problem solving approach to fuel innovation-led growth*. Brussels: European Commission, 2018. Disponível em: <[https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/mazzucato\\_report\\_2018.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/mazzucato_report_2018.pdf)>. Acesso em: 18 mar. 2020.

MELO, Luiz Martins. *O financiamento da inovação industrial*. 1994. 341f. Tese (Doutorado em Economia). Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1994.

MONITOR, Fiscal. *Acting now, acting together/International Monetary Fund*. *World Economic and Financial Surveys*, p. 87-88, abr. 2016.

NELSON, Richard; WINTER, Sidney. *An evolutionary theory of economic change*. Cambridge, Mass: Harvard University Press, 1982.

OUR WORLD IN DATA. *The Global Change Data Lab*. Total Covid-19 tests. Oxford (UK): Oxford Martin School/University of Oxford; 2022. Disponível em:<

[https://ourworldindata.org/grapher/full-list-total-tests-for-covid-](https://ourworldindata.org/grapher/full-list-total-tests-for-covid-19?country=USA~DEU~BRA~GBR)

19?country=USA~DEU~BRA~GBR>. Acesso em: 09 de março de 2022.

ROTHWELL, Roy. Government innovation policy: some past problems and recent trends. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 22, n. 1, p. 3-30, 1982.

SCHOT, Johan; STEINMUELLER, W. Edward. Three frames for innovation policy: R&D, systems of innovation and transformative change. *Research Policy*, n. 47, p. 1554-1567, 2018.

ZÚÑIGA-VICENTE, José Ángel et al. Assessing the effect of public subsidies on firm R&D investment: a survey. *Journal of Economic Surveys*, v. 28, n. 1, p. 36-67, 2014.

---

[1] Lei nº 10.973 de 02 de dezembro de 2004.

[2] Promulgada em 12 de janeiro de 2021.

[3] Portaria nº 1.010, de 11 de março de 2020.

#### **4. Bloco III. Redes de colaboração em CT&I no contexto da Pandemia da COVID-19: assimetrias globais e desafios para o Brasil**

##### **4.1. Introdução**

Em função da sua escala e impactos a pandemia da Covid-19 logrou situar as políticas científicas, tecnológicas e de inovação em saúde num espaço privilegiado do debate sobre desenvolvimento sustentável, reforçando a percepção, já presente na crise de 2008, de que Sistemas Nacionais de Inovação robustos e políticas de CT&I sistêmicas e inclusivas assumem uma importância fundamental na superação de crises. Adicionalmente, o esforço de ampliar as atividades de inovação e produção em saúde para o enfrentamento da pandemia de Covid-19 contribuiu para acelerar um processo já em curso de incorporação das novas plataformas tecnológicas digitais, associadas à chamada 4ª. Revolução Tecnológica, no campo da saúde.

Não obstante esses avanços, a crise ocasionada pela Covid-19, com suas múltiplas dimensões, demonstrou também a fragilidade da retórica de equidade e colaboração entre o Norte e o Sul globais, comumente empregada por organismos multilaterais como a Organização Mundial da Saúde (OMS). Ainda que historicamente seja possível observar a existência pontual de esforços transnacionais de saúde no caso de intervenções específicas de tratamento de epidemias, a rápida disseminação da pandemia de Covid-19 desafiou a capacidade dos governos e da OMS de implementar uma resposta coordenada global no enfrentamento da pandemia (TELLEZ, 2020). Um dos exemplos mais emblemáticos deste fato reside no aumento significativo de práticas protecionistas no comércio internacional que passaram a ser adotadas por diversos países desde o início da pandemia. Na medida em que a escalada inicial da Covid-19 acarretou a escassez de diversos produtos e insumos em saúde, tais como equipamentos de proteção individual, leitos e ventiladores hospitalares, kits de testes de diagnóstico, entre outros, os governos nacionais passaram a lançar mão de ações que envolveram desde a restrição às exportações de produtos e insumos em saúde até a apreensão e desvios de cargas de produtos médicos<sup>11</sup>. O impacto decorrente da escassez de produtos e insumos de saúde foi notadamente maior nos países do sul global, com maior fragilidade da sua base produtiva em saúde e com maior grau de dependência externa em relação à aquisição de medicamentos, vacinas, reagentes e equipamentos médicos.

---

<sup>11</sup> [https://www.wto.org/english/news\\_e/news20\\_e/rese\\_03apr20\\_e.pdf](https://www.wto.org/english/news_e/news20_e/rese_03apr20_e.pdf); <https://www.cartacapital.com.br/saude/eua-sao-acusados-de-reter-itens-medicos-destinados-a-outros-paises/>

Ainda que tenham sido criadas alianças internacionais, visando acelerar o desenvolvimento e a produção de vacinas contra Covid-19 e garantir o acesso igualitário à imunização em todo o mundo, como a iniciativa Covax Facility, se observa ainda uma assimetria imoral entre países ricos e pobres, na aquisição e acesso às doses do imunizante. Enquanto mais de 80% da população de países de renda alta e média alta já recebeu pelo menos uma dose da vacina contra covid-19, este percentual é de menos de 15% na população dos países de renda baixa<sup>12</sup>. Na medida em que as grandes empresas farmacêuticas mundiais são as principais detentoras de patentes destas vacinas, observa-se que as assimetrias globais no acesso ao conhecimento científico e tecnológico no campo da saúde, condicionam e se refletem diretamente sobre as condições de produção e acesso à saúde. Neste aspecto, a pandemia reforçou a percepção sobre a importância que assume o fortalecimento da infraestrutura científica, tecnológica e de inovação em saúde e, particularmente, a articulação desta infraestrutura com os diferentes segmentos da base produtiva em saúde, como um dos pilares fundamentais na construção de uma efetiva soberania nacional.

Diante deste cenário, o artigo traz uma análise de caráter exploratório sobre o panorama global das atividades de ciência, tecnologia e inovação em saúde relacionadas com enfrentamento da pandemia da Covid-19. A análise contempla dois aspectos principais, o primeiro relativo ao caráter pervasivo e transdisciplinar das áreas de conhecimento associadas às atividades de CT&I na saúde, particularmente no tocante à crescente incorporação de áreas de conhecimento associadas às novas plataformas tecnológicas digitais no campo da saúde. O segundo aspecto relativo ao caráter assimétrico que assume o processo de geração e apropriação de capacitações científicas e tecnológicas em âmbito global. A partir de dados de patentes e publicações coletados nas bases de dados Web of Science, e Questel Orbit, o artigo analisa a evolução da produção científica e tecnológica relacionada à Covid-19 em âmbito mundial em diferentes países, a interdisciplinaridade das áreas de conhecimento envolvidas e a participação brasileira nas redes de conhecimento associadas à pesquisa na Covid-19.

O artigo encontra-se organizado da seguinte forma. A próxima seção discute os aspectos metodológicos do estudo. A terceira seção traz a discussão sobre os principais resultados do estudo. A análise da terceira seção contempla inicialmente, o panorama global de publicações relacionadas à Covid-19, tendo em vista a participação relativa do Brasil em diferentes áreas de conhecimento associadas às publicações sobre

---

<sup>12</sup> <https://ourworldindata.org/grapher/share-people-vaccinated-covid?country=High+income~Upper+middle+income~Lower+middle+income~Low+income>. Dados atualizados em 10 de março de 2022.

coronavírus no período 1989-2022. A seguir discute-se o caráter multidisciplinar e transdisciplinar das áreas de conhecimento associadas às publicações e patentes no campo da saúde e no tocante à Covid-19.

#### **4.2. Aspectos metodológicos**

A análise apresentada se baseia no levantamento de dados de publicações e patentes, coletados na base de dados Web of Science disponibilizada pela Clarivate Analytics, e a base de dados de patentes Questel Orbit.

Os dados de publicação da coleção principal da Web of Science contemplam artigos, editoriais, capítulos de livros, textos para discussão, notas, periódicos, livros, séries de livros, relatórios, conferências e outros materiais acadêmicos indexados em 23 idiomas referentes ao período 1945-2021, tendo sido a primeira observação da amostra verificada em 1968. A base de dados fornece, ainda, informações sobre áreas de conhecimento, nome dos autores e redes de coautoria, instituição e país de afiliação de autores e coautores, autores institucionais, corporativos e consórcios de pesquisa, organizações financiadoras dos estudos, nomes de revistas e encontros relativos às publicações. A Questel-Orbit disponibiliza informação sobre cerca de 125 milhões de patentes e 66 milhões de famílias de patentes com cobertura de 110 autoridades de direitos de propriedade intelectual em todo o mundo. A base de dados contempla ainda informações atualizadas diariamente sobre códigos de classificação de patentes, domínios e subdomínios de tecnologia, relatórios de citações de patentes e não patentes com indicadores de relevância, objeto da invenção, vantagens e desvantagens da técnica anterior, reivindicações independentes, além de métricas qualitativas como valor da patente, generalidade e impacto da tecnologia. A busca avançada na Questel-Orbit contemplou o dicionário de palavras-chave nos campos: título, resumo, descrição, objeto de invenção e conceito.

A coleta de dados foi feita a partir da seleção de um conjunto de palavras-chave relacionadas ao coronavírus e a sua nova versão associada à pandemia Covid-19.<sup>13</sup> Apesar do foco majoritário no novo coronavírus, o conjunto de palavras-chave utilizado apresenta uma abrangência que contempla outras variações do vírus como os associados às doenças Sars e Mers. Tal opção metodológica permitiu avaliar a evolução

---

<sup>13</sup> Os dados foram coletados em 24 de fevereiro de 2022 segundo metodologia de seleção de palavras-chave relacionadas à emergência do novo coronavírus: Coronavirus OR coronavirus OR 2019-ncov OR "ncov 2019" OR 2019ncov OR "Covid 19" OR Covid2019 OR Covid-2019 OR "Covid 2019" OR "cov 19" OR cov2019 OR "severe acute respiratory infection" OR "severe acute respiratory infections" OR "severe acute respiratory disease" OR "coronavirus 2" OR "coronavirus 2" OR sreg-cov-2 OR sars-cov-2 OR sars2 OR "sars cov 2" OR "novo coronavirus" OR "new coronavirus" OR "novel coronavirus" OR "nuevo coronavirus" OR "coronavirus disease".

da produção de conhecimento científico associada ao coronavírus ao longo de um período mais amplo.

A mutação recente do coronavírus que possibilitou o contágio humano e deu origem à pandemia Covid-19 constitui um evento novo. Entretanto, as variações do vírus e as suas possibilidades de mutação já vinham sendo estudadas e acompanhadas em todo mundo desde a década de 1960. Em termos do número total de publicações, ao longo do período 1968-2022 foram observadas 269.606 publicações científicas referentes ao coronavírus. As publicações mundiais sobre o tema cresceram a uma média anual de 202% no período 1968-2022 e sofreram um abrupto crescimento de 10106% em 2020, marcado por 90429 publicações, em comparação ao ano anterior. Em 2021, ano seguinte, o crescimento anual foi de 70%, totalizando 153.949. Até fevereiro de 2022 foram identificadas 11.506 novas publicações relacionadas a coronavírus

O aumento sustentado do número de estudos no período 1968-2022 indica o caráter cumulativo do conhecimento científico. Uma vez que novas peças de conhecimento são construídas com base em conhecimento prévio acumulado, os investimentos de longo prazo em pesquisa básica e aplicada são críticos para a construção de capacitações científico-tecnológicas que estão diretamente relacionados à capacidade de resposta em caráter emergencial quanto a temas específicos em tempos de crise.

### **4.3. Discussão**

#### **4.3.1. Inserção brasileira nas publicações e patentes sobre Covid-19**

A participação das publicações brasileiras sobre o tema corresponde a 3,1% das publicações mundiais no período 1968-2022. Estados Unidos, China, Inglaterra, Itália, Índia, Alemanha, Espanha e Canadá destacam-se entre os países que mais publicaram estudos sobre coronavírus ao longo do período considerado. O Brasil encontra-se na 11ª colocação mundial entre países por volume de publicação em temas relacionados a coronavírus no período 1968-2022. Neste período o país publicou 8,459 estudos sobre o tema, um montante de documentos que é compatível com o número de publicação de outros países como França (9.307), Turquia (7.168) e Japão (5.861).

As publicações brasileiras estão dispersas por 121 áreas de conhecimento no triênio 2020-2022 e 220 áreas de conhecimento no período 2002-2020. A Tabela 1 apresenta as vinte áreas de conhecimento com o maior registro de publicações no mundo no período recente 2020-2022. No Brasil, além das áreas contempladas na Tabela 1, destacam-se, ainda, no mesmo período análise, as áreas de saúde ocupacional ambiental e pública, outros tópicos em ciência tecnologia, ecologia e ciências

ambientais, farmácia e farmacologia, pesquisa e medicina experimental, engenharia, enfermagem, medicina e cirurgia oral, serviços de ciências da saúde, virologia, parasitologia e química.

Apesar de sua elevada importância relativa nas publicações mundiais relacionadas ao coronavírus, áreas de conhecimento como medicina interna geral, neurociências e neurologia, sistema cardiovascular, ciência da computação, outros tópicos em ciências sociais, legislação governamental e física apresentaram frequência reduzida ou nula no Brasil.

**Tabela 1 – Áreas de conhecimento altamente relacionadas à pesquisa sobre coronavírus.**

Áreas de pesquisa	Brasil 2002 - 2022	Brasil 2020 - 2022	Mundo 1968 - 2022	Mundo 2020 - 2022
Medicina Interna Geral		825	1	33.302
Neurociências Neurologia		1	8.993	8.827
Sistema cardiovascular		1	8.720	8.692
Sistema respiratório	193	190	7.332	7.103
Educação Pesquisa Educacional	1	1	1	6.729
Microbiologia	1	149	8.005	6.520
Ciência da Computação		177	1	6.032
Pediatria	1	1	1	5.828
Oncologia	195	1	1	5.712
Ciências Sociais Outros Tópicos		157	1	4.327
Hematologia	1	1	1	3.758
Biologia Celular	1	96	3.960	3.528
Metabolismo da Endocrinologia	1	111	3.318	3.303
Legislação governamental		95	1	3.136
Obstetrícia & ginecologia	115	115	2.976	2.961
Geriatrica Gerontologia	47	54	1	2.668

Dermatologia	1	1	2.662	2.659
Física		1	2.216	2.185
Informática Médica	36	1	1.876	1.869
Reumatologia	45	45	1.868	1.864

Fonte: Elaboração própria com base em dados extraídos da base *Web of Science*.

#### **4.3.2. Pervasividade, multidisciplinariedade e interdisciplinaridade**

A análise do conjunto de áreas do conhecimento associadas às publicações sobre o coronavírus no mundo revela o caráter amplo e multidimensional do processo de geração de conhecimento relacionado ao tema da pandemia. Ao longo do período analisado, observa-se a existência de 251 áreas de conhecimento relacionadas à pesquisa sobre o coronavírus.

A base de conhecimentos evolui não apenas a partir da criação de novas peças de conhecimento fundamental, mas também a partir de novas combinações de peças de conhecimento preexistentes e dissimilares. Cada publicação pode estar associada a uma ou mais áreas de conhecimento, resultando em uma rede de áreas de conhecimento direta ou indiretamente correlacionadas através de fluxos interdisciplinares de conhecimento. Neste aspecto, a observação de dupla contagem dos estudos mundiais registrados por áreas de conhecimento (373.645 em 1968-2022) corrobora as hipóteses de multidisciplinariedade e interdisciplinaridade da base de conhecimentos associada à produção científica sobre coronavírus. Em outras palavras, além de essa produção científica estar relacionada a múltiplas áreas de conhecimento, essas áreas de conhecimento estão interligadas entre si a partir de pares de interdependências.

A Figura 2 apresenta a rede de áreas de conhecimento associadas às publicações sobre coronavírus no período 1989-2020 no Brasil. As 420 publicações identificadas em todo o período de análise apresentaram 561 registros por áreas de conhecimento. É possível observar a importância relativa em termos de grau de interligação e centralidade das áreas de conhecimento: saúde pública, ambiental e ocupacional; pesquisa e medicina experimental; doenças infecciosas; imunologia; bioquímica e biologia molecular; biologia matemática e computacional; ecologia e ciências ambientais; virologia; ciências veterinárias; matemática; microbiologia; informática médica; microbiologia e biotecnologia aplicadas; genética e hereditariedade; neurociências e neurologia; medicina tropical; parasitologia e medicina celular.



No mundo, a crescente incorporação de plataformas tecnológicas relacionadas à Revolução 4.0 nas bases de conhecimento no campo da saúde fica evidenciada pela articulação entre as áreas núcleo de ciências da vida e biomedicina com áreas de conhecimento como biologia computacional matemática (110), tecnologia de laboratório médico (93), ciência da computação (81), informática médica (64), ciência da informação (14), instrumentos e instrumentação (13), espectroscopia (11), telecomunicações (6), microscopia (6), sistemas de controle de automação (3), mecânica (3), sensoriamento remoto (2), ciência da imagem e tecnologia fotográfica (1).<sup>14</sup> No Brasil, a incorporação dos conhecimentos científicos que amparam os avanços na indústria 4.0 em estudos relacionados ao coronavírus ainda é tímida, mas vêm se intensificando nos últimos dois anos com a incorporação de áreas como biologia computacional matemática (2), ciência da computação (1) e informática médica (1), além de áreas como matemática (2), acústica (2) e engenharia (1). A estreita relação dessas áreas com áreas de ciências da vida e da saúde são evidenciadas na Figura 2.

**Figura 2 – Multidisciplinaridade e interdisciplinaridade das áreas de conhecimento das publicações brasileiras (1989-2020)**



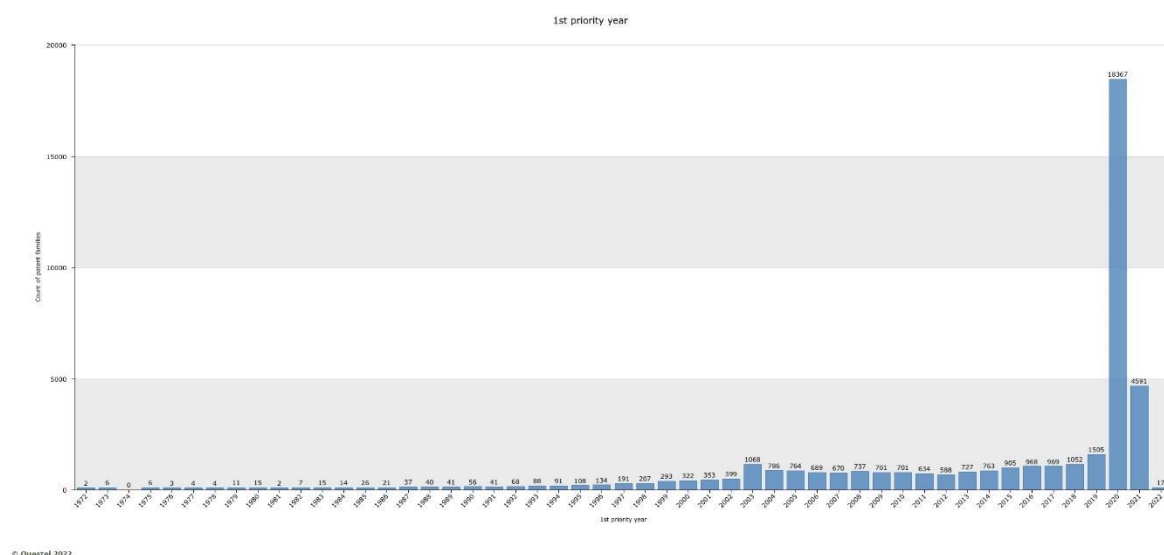
<sup>14</sup> E, em menor grau, engenharia (191), matemática (71), acústica (22), ciência de gestão de pesquisa de operações (9), métodos matemáticos em ciências sociais (7), metalurgia e engenharia metalúrgica (4) e tecnologia da ciência nuclear (1).

Fonte: Elaboração própria com base em dados extraído da base *Web of Science*.

A pervasividade tecnológica associada à pesquisa sobre o coronavírus também é evidenciada a partir da análise dos dados de famílias de patentes.<sup>15</sup> Nos últimos cinquenta anos, entre 1972 e 2022, foram identificadas 39810 famílias de patentes associadas às pesquisas sobre coronavírus sendo que, deste total, 1505 famílias tiveram sua primeira prioridade depositada em 2019, 18367 em 2020 e 4591 em 2021. Respectivamente, os anos 2019, 2020 e 2021 representam um percentual de 4%, 46% e 12% das famílias de patentes relacionadas a coronavírus identificadas. Até fevereiro de 2022 foram identificadas 17 novas famílias de patentes em coronavírus.

A dispersão temporal das famílias de patentes em coronavírus é apresentada na Figura 3. Do total de famílias de patentes identificadas, 68 famílias foram depositadas por signatários brasileiro. Destas 47 famílias tiveram sua primeira prioridade depositada em 2022, 9 em 2021 e apenas 2 em 2019.

**Figura 3 – Prioridades de famílias de patentes relacionadas a coronavírus por ano**



A Tabela 2 consolida as famílias de patentes por campos tecnológicos. A maioria das patentes relacionadas a coronavírus estão associadas a farmacêutica, biotecnologia, tecnologia médica, análise de materiais biológicos, outros bens de consumo, química dos materiais básicos e química fina orgânica. Apesar da prevalência de códigos relacionados a atividades farmacêuticas e biotecnológicas, a ocorrência de códigos de patentes associados a campos tecnológicos dissimilares como materiais avançados,

<sup>15</sup> A pervasividade tecnológica se refere à possibilidade de novas combinações de peças de conhecimento tecnológico provenientes de paradigmas tecnológicos ou campos de tecnologia dissimilares. Um exemplo possível é o das aplicações nanobiotecnológicas, em que cada aplicação descrita em uma patente se relaciona tanto à biotecnologia quanto à nanotecnologia, dada a elevada pervasividade de cada um desses paradigmas tecnológicos.

manufatura avançada, tecnologia informática, engenharia civil, fotônica, nanotecnologia, entre outros campos, corrobora a hipótese de pervasividade tecnológica nas patentes relacionadas a coronavírus.

**Tabela 2 – Famílias de patentes por campos tecnológicos no Brasil e no Mundo áreas de conhecimento**

<b>Campo tecnológico</b>	<b>Brasil</b>	<b>Mundo</b>
Análise de materiais biológicos	7	4645
Tecnologia audiovisual	1	258
Processos básicos de comunicação		26
Química dos materiais básicos	12	2148
Biotecnologia	4	7732
Engenheiro químico	2	1717
Engenharia civil	1	754
Tecnologia de computador		1553
Ao controle		903
Comunicação digital		287
Máquinas elétricas		415
Motores	1	111
Tecnologia ambiental		1109
Química alimentar		1008
Mobiliário	4	797
Manuseio		955
Métodos de TI para gestão		732
Máquinas-ferramentas		88
Química macromolecular		487
Materiais		268
Medição	4	1721
Elementos mecânicos		105
Tecnologia médica	21	7341
Micro-estrutura e nano-tecnologia	1	238
Ótica		185
Química fina orgânica	3	2039
Outros bens de consumo	6	3412
Outras máquinas especiais	2	825
Farmacêuticos	24	16539
Semicondutores		85
Tecnologia de superfície		441
Telecomunicações		399

Máquinas de têxteis e papel	1	679
Processos e aparelhos térmicos		1219
Transporte		420

Fonte: elaboração própria com base em Questel Orbit

Uma terceira dimensão que reflete a pervasividade tecnológica da produção científica e tecnológica associada a Covid-19 reside na observação dos códigos da Classificação Internacional de Patentes (CIP). As 39810 famílias de patentes identificadas no período total de análise no mundo estão associadas a 1249 códigos Classificação Internacional de Patentes (CIP) diferentes. No Brasil, as 68 famílias estão relacionadas à 237 códigos CIP diferentes. É comum que uma mesma patente faça referência a vários códigos de uma mesma vizinhança tecnológica.

Quando analisados os códigos ao nível de subclasses de patentes (4 dígitos) da Classificação de Patentes Cooperativas, observa-se que sete códigos representaram conjuntamente 67% das famílias de patentes relacionadas ao coronavírus por códigos CIP, são eles: preparações para fins médicos, dentários ou sanitários (A61K), atividade terapêutica específica de compostos químicos ou preparações medicinais (A61P), micro-organismos ou enzimas; suas composições; propagação, preservação ou manutenção de micro-organismos; mutação ou engenharia genética e cultura (C12N); Peptídeos (C07K); investigação ou análise dos materiais pela determinação de suas propriedades químicas ou físicas (G01N); tecnologias para adaptação às mudanças climáticas (Y02A); composições ou papéis de teste para os micro-organismos; processos de preparação de tais composições; controle responsivo à condição em processos microbiológicos ou enzimológicos (C12Q).

A Figura 4 ilustra a rede de interdependências entre campos tecnológicos descritos ao nível de subclasses de patentes (4 dígitos) para uma amostra restrita das 500 patentes mais citadas ao longo do período 1963-2020 sobre coronavírus.

A interface entre o avanço tecnológico sobre coronavírus e as novas tecnologias associadas a 4ª Revolução Tecnológica é explicitada pela verificação de patentes em subcódigos CIP como: transmissão de informação digital (H04L, 163), comunicação de imagens (H04N, 107);; redes de comunicação sem fio (H04W, 184); processamento elétrico de dados digitais (G06F, 507); ; identificação, apresentação, suporte e manipulação de transportes de dados (G06K, 377); sistemas de processamento de dados (G06Q, 435); arranjos computacionais baseados em modelos computacionais específicos (G06N, 340); arranjos computacionais baseados em modelos computacionais específicos (G06V, 255); processamento ou geração de dados de imagem (G06T, 231), entre outros.

### **4.3.3. Principais atores e redes de colaboração**

Dentre as organizações internacionais que mais publicaram estudos relacionadas ao novo coronavírus no período recente 2020-2022, destacam-se: University of London; Harvard University; University of California System; Harvard Medical School; University of Toronto; University College London; Institut National de la Sante et de la Recherche Medicale Inserm; University of Texas System; Johns Hopkins University; Egyptian Knowledge Bank Ekb; University of Oxford; Imperial College London; Assistance Publique Hopitaux Paris APHP; State University System of Florida; Pennsylvania Commonwealth System of Higher Education PCSHE; Chinese Academy of Sciences; University of Pennsylvania; Huazhong University of Science Technology; University of Milan e a Columbia University.

No Brasil destacam-se a USP com 1809 publicações e a Fiocruz com 656 publicações internacionalmente indexadas relacionadas ao coronavírus no período de 2002-2020. Outras instituições relevantes em volume de publicação são: Universidade Federal de São Paulo Unifesp (656); Universidade Federal do Rio De Janeiro (497); Universidade Federal de Minas Gerais (491); Universidade Estadual de Campinas (459); Universidade Federal do Rio Grande do Sul (371); Universidade Estadual Paulista (317); Universidade Federal da Bahia (269); Universidade Federal de Pernambuco (247); Universidade Federal do Parana (242); Hospital Israelita Albert Einstein (232); Universidade Federal Fluminense (229), e a Universidade de Brasília (226).

Um aspecto importante das publicações realizadas por pesquisadores brasileiros é a elevada frequência de colaboração científica com autores e instituições internacionais de países como Estados Unidos da América, Inglaterra, Itália, Espanha, Canadá, Austrália, Alemanha, França, Portugal, Índia e China.<sup>16</sup> A análise das famílias de patentes permite identificar as principais depositantes de patentes relacionadas ao coronavírus ao longo do período analisado. Nesse aspecto, destaca-se no mundo o predomínio de universidades, institutos públicos e grandes empresas

Dentre as empresas, destacam-se gigantes farmacêuticas como Novartis (216), Glaxo Smithkline (151), Bristol Myers Squibb (69), Eli Lilly (29), Hoffmann La Roche (32), Boehringer Ingelheim (32). As empresas Wyeth (65) e Pfizer (61), ambas controladas pelo Grupo Pfizer, detém no total 126 famílias de patentes, colocando o grupo Pfizer em

---

<sup>16</sup> As principais parceiras nas colaborações internacionais sobre coronavírus foram as instituições: University of London, Harvard University, University of California System, University Of Toronto, University of Oxford, University of Barcelona, University College London, State University System of Florida, Monash University, University of Texas System, University of Melbourne.

posição privilegiada no desenvolvimento de vacinas e antirretrovirais. O mesmo fenômeno se verifica no caso da empresa AstraZeneca (195) e de sua subsidiária MEDIMMUNE (59). Empresas dedicadas ao segmento de saúde animal como Zoetis (50), Intervet (83), Boehringer Ingelheim Vetmedica (42), além da multisetorial 3M (114), também se destacam pela elevada concentração de patentes. Biofarmacêuticas integradas como a Amgen e sua subsidiária Immunex (165), Incyte (118), Cellectis (111), Vertex Pharmaceuticals (66), Alnylam Pharmaceuticals (65) figuram na lista de empresas com maior número de patentes relacionadas ao coronavírus. Outras empresas como Iridica (79), Chiron (75), Gree Electric Appliances (69), Procter & Gamble (61), Regeneron Pharmaceuticals (37), MacroGenics (29) e Hangzhou Dac Biotech (28) também se destacam.

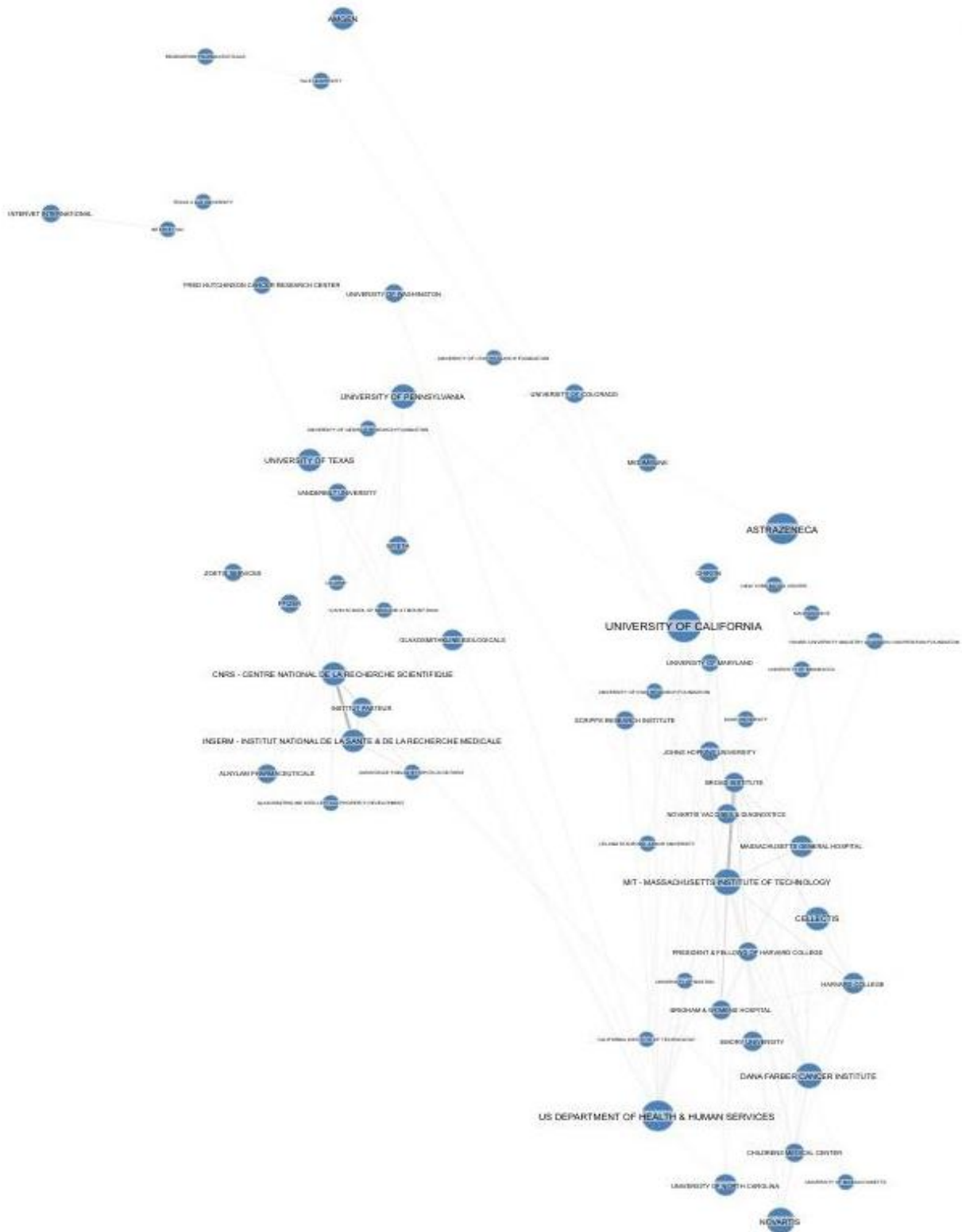
A lista de principais universidades e institutos de pesquisa detentores de patentes se assemelha, em alguma medida, a lista de instituições que mais publicaram documentos científicos relacionados a coronavírus. Destacam-se: University of California (214); MIT - Massachusetts Institute of Technology (139); University of Pennsylvania (122); University of Texas (105); Tsinghua University (93); University of North Carolina (93); Fudan University (85); Harvard College (85); Zhejiang University (77); Emory University (74); South China Agricultural University (72); Johns Hopkins University (67); Chongqing University (62); Shanghai Jiao Tong University (62); University of Colorado (60); Sun Yat Sen University (57); Union Hospital Tongji Medical College Huazhong University of Science & Technology (57); University of Washington (57); Vanderbilt University (56); University of Rochester (50); Institute of Microbiology - Chinese Academy of Sciences (49); Sanskriti University (48); University of Maryland (47); University Beijing (45); Iamem University (42); University of Nankai (40); Yale University (40); Yonsei University Industry Academic Cooperation Foundation (40); Seoul National University R&Db Foundation (39); Duke University (38); University of Michigan (37); University of Minnesota (37); Beijing University of Chemical Technology (36); Leland Stanford Junior University (34); Shandong University (34); University of Georgia Research Foundation (34); University of Boston (33); University of Iowa Research Foundation (33); Nanjing Agricultural University (30); University of Massachusetts (30); Southeast University (29); Texas A&M University (29); California Institute of Technology (29) e a University Of Utah Research Foundation (29).

Dentre as agências governamentais e institutos de pesquisa sem fins lucrativos que se destacam como detentoras de patentes relacionadas ao coronavírus observa-se o predomínio de instituições chinesas, coreanas e americanas. O departamento norte-americano de serviços humanos e de saúde (HHS, na sigla em inglês), por exemplo,

detém 191 famílias de patentes em temas relacionados ao coronavírus, superando inclusive o número de patentes detido por grandes empresas e conglomerados individualmente. Além dos Estados Unidos, agências governamentais e institutos públicos de controle e prevenção de doenças de países como Coreia e China atuam ativamente na geração de novo conhecimento científico-tecnológico comercialmente explorável em temas relacionados ao coronavírus. Dentre estas instituições, destacam-se: Centre National De La Recherche Scientifique CNRS (112), - Institut National De La Sante & De La Recherche Medicale Inserm (105), Institute of Military Medical Sciences PLA Academy Of Military Sciences (66), Korea Research Institute Of Bioscience & Biotechnology (48), West China Hospital Sichuan (46), National Institute For Viral Disease Control & Prevention Chinese Center For Disease Control & Prevention (43), Csic - Consejo Superior De Investigaciones Cientificas (35), Republic Of Korea (35), Wuhan Institute Of Virology Chinese Academy Of Sciences (33), Assistance Publique Hopitaux De Paris (29), Us Army (28) E Jiangsu Provincial Center For Disease Control & Prevention Public Health Research Institute Of Jiangsu Province (29). Institutos de pesquisa não governamentais como o Institut Pasteur (76) e o Dana-Farber Cancer Institute (131), afiliado à Harvard Medical School, também figuram na lista de principais detentores de famílias de patentes relacionadas a coronavírus. . Embora não diretamente ligados ao Estado, as pesquisas conduzidas por esses institutos são historicamente apoiadas por iniciativas de políticas públicas de diversos países. A rede internacional do Instituto Pasteur, sediado na França, inclui 32 instituições localizadas em 25 países nos 5 continentes. No Brasil, a Fundação Oswaldo Cruz é uma das 32 instituições que integram a rede internacional do Institut Pasteur. Destacam-se ainda, nesta linha, as instituições: Massachusetts General Hospital (94), Brigham & Womens Hospital (66), Broad Institute (71), Fred Hutchinson Cancer Research Center (47), Childrens Medical Center (62), PRESIDENT & FELLOWS OF HARVARD COLLEGE (61), Scripps Research Institute (59) E New York Blood Center (37).

Cabe ressaltar que as universidades e os institutos públicos de pesquisa atuam de forma central e articulada com as empresas e instituições privadas detentoras de famílias de patentes relacionadas à coronavírus. A Figura 3 apresenta a rede mundial de signatários de famílias de patentes relacionadas a coronavírus. Observa-se a centralidade destacada da University of California, do Centre National De La Recherche Scientifique CNRS, do MIT Massachusetts Institute of Technology e do US Department Of Health & Human Services na conformação da estrutura em rede apresentada. A centralidade destas instituições reforça a importância da atuação do Estado no suporte aos avanços em ciência e tecnologia que amparam o enfrentamento à pandemia de coronavírus.

Figura 3 – Rede de signatários de famílias de patentes relacionada à coronavírus



Fonte: Questel-orbit

No Brasil, foi possível a identificação de 50 signatários das 68 famílias de patentes relacionadas a coronavírus. Deste total, mais da metade, ou 26 signatários são



instituições públicas de pesquisa, dentre as quais se destacam, além da Fundação Oswaldo Cruz e do Instituto Butantan, diversas Universidades Federais, como a Universidade Federal de Minas Gerais- UFMG, Universidade Federal do Parana – UFPR, Universidade Estadual de Campinas – Unicamp, entre outras.

**Tabela 3 – Principais detentores brasileiros de famílias de patentes relacionadas a coronavírus**

Signatários	N. fam. Patentes
Universidade Federal De Minas Gerais - UFMG	6
Fundacao Oswaldo Cruz FIOCRUZ	3
Universidade Federal Do Parana - UFPR	3
Ambipar Rd Pesquisa E Desenvolvimento BR SP	2
Imunova Analises Biológicas	2
Odonto Technology Pesquisa e Inovação	2
Universidade Estadual De Campinas - UNICAMP	2
Universidade Federal Do Ceara - UFC	2
2heal Industria E Comercio De Produtos Quim Para Uso Industrial	1
Afbr Investimentos E Participacoes	1
Argos Produtos De Limpeza Me	1
Bee Bio Ecommitted Evolution Servicos Industry E Comercio	1
Bio Pronto Industry & Com De Produtos Biolog Epp	1
Biogeoenergy Fabricacao E Locacao De Equipamentos	1
Biotecam Assessoria E Desenvolvimento De Tecnologia Ambiental	1
Br3 Bio	1
British Industry E Comercio	1
Carlos Medicis Morel Consorcio Bmk	1
Diklatex Industry Textil	1
Farmacore Biotecnologia Limitada	1
Federal University Of Santa Maria	1
Fiber Tecidos Tecnicos	1
Flavio Sadamo Micima	1
Ged Inovacao Engenharia & Tecnologia	1
Goedert	1
Hermes Paulo De Amorim Filho Br Sp	1
Hs Atms Tecnologia Eireli	1
Hts Elevadores Industry E Comercio	1
Imunoscan Engenharia Molecular	1
Instituto Butantan	1
Instor Projetos E Robotica	1

Marcos Fernando De Resende Matta	1
Mla Suprimentos Medicos	1
Nanox Technology	1
Nanox Tecnologia	1
Nowill Alexandre Eduardo	1
Omnitek Tecnologia	1
Opto Eletronica	1
Pacheco Veiga Genesisio	1
Pfd Comercio Varejista De Equipamentos Médicos	1
South Dakota Board Of Regents	1
UFU Universidade Federal De Uberlândia	1
Uniao Brasileira De Educacao E Assistencia Mantenedora Da PUCRS	1
Universidade Federal De Viçosa - UFV	1
Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul - UFRGS	1
Universidade Federal De Ciências Saúde de Porto Alegre	1
Universidade Nova do Sudeste	1
Universidade Federal de Pelotas	1
Viçosa Universidade Federal	1
VMI SIST De Segurança	1

Fonte: elaboração própria com base em Questel Orbit

#### **4.4. Considerações finais**

A análise sobre as diferentes áreas que integram a produção de conhecimento científico sobre a Covid-19 reforça a percepção sobre o caráter multidisciplinar e interdisciplinar e assimétrico associado à produção do conhecimento científico e tecnológico na área da saúde. Da mesma forma, permite identificar a crescente incorporação de novas plataformas tecnológicas associadas à 4ª revolução tecnológica nas bases de conhecimento associadas ao processo de inovação em saúde.

A ciência e a tecnologia sempre foram as armas mais poderosas usadas pela humanidade no combate às pandemias e emergências sanitárias de uma maneira geral. Assim como em outras crises sanitárias de proporções globais, a pandemia da Covid-19 impôs, e ainda impõe, desafios gigantescos no tocante aos esforços mundiais em CT&I. Embora a OMS e organizações internacionais tenham desenvolvido diversas iniciativas para criação de redes globais de colaboração, observa-se uma profunda assimetria no acesso a vacinas e medicamentos entre países desenvolvidos e não desenvolvidos.

A análise apresentada no artigo permite destacar os seguintes pontos:

- Observa-se, a partir de 2020, uma ampliação considerável das redes de colaboração internacionais em publicações e patenteamento relacionadas à Covid-19. Entretanto essa ampliação apresenta um caráter assimétrico e excludente em termos da participação de países em desenvolvimento, colocando em xeque a retórica de equidade e colaboração norte-sul e a própria concepção de open-science;
- Os padrões assimétricos de colaboração internacional em publicações se refletem de forma ainda mais evidente nas formas de apropriação do conhecimento, tendo em vista os principais países signatários de famílias de patentes relacionadas à Covid-19.
- A evolução da produção científica e tecnológica e das redes de colaboração em CT&I é acompanhada de uma ampliação do caráter multidisciplinar, interdisciplinar e pervasivo das áreas de conhecimento científico-tecnológico associadas às publicações e patentes, particularmente no tocante à importância das novas plataformas tecnológicas digitais em Saúde 4.0.
- Tanto no caso dos países desenvolvidos como nos países em desenvolvimento observa-se o papel central das universidades e institutos públicos de pesquisa no financiamento e coordenação de redes de colaboração em âmbito nacional e internacional.

Neste aspecto, a exemplo do que ocorre no mundo, a produção de conhecimento científico sobre coronavírus no Brasil é dominada por Universidades e Institutos Públicos de Pesquisa. Instituições como a Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) e a Universidade de São Paulo (USP) se destacam tanto pela sua relevância nacional como internacional na produção científica relacionada ao tema. Adicionalmente, em âmbito nacional, a produção de conhecimento científico relacionada ao coronavírus tem amplas contribuições das universidades públicas federais.

Da mesma forma, é importante ressaltar que tais instituições desempenham um papel crucial no estabelecimento de redes internacionais de colaboração científica, expressas tanto no volume de coautorias em publicações como na participação em projetos conjuntos de PD&I. A parceria estabelecida entre a Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), a Universidade de Oxford e a farmacêutica AstraZeneca para compra de lotes e transferência de tecnologia para produção de uma vacina contra Covid-19, constitui um dos exemplos sobre a importância do papel que vem sendo desempenhado pelas instituições públicas de pesquisa na coordenação das atividades de CT&I voltadas ao combate a pandemia no País.

A importância do apoio público às atividades de CT&I em saúde no contexto da Covid-19 se reflete também na elevada participação de instituições públicas no fomento à pesquisa. A prevalência das universidades e institutos públicos de pesquisa e a importância do apoio de agências nacionais de fomento nas pesquisas sobre coronavírus é coerente com a literatura de economia da ciência, tecnologia e inovação, embora ganhe notoriedade em tempos de crise frente aos impactos sanitários e socioeconômicos da pandemia.

Em âmbito mundial, destaca-se a atuação de instituições como os National Institutes of Health nos Estados Unidos e o National Natural Science Foundation na China, além de diversas instituições públicas nacionais de fomento à ciência em países da União Europeia, Japão e Canadá. No Brasil, ressalta-se a importância de instituições como o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico Tecnológico (CNPq) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), assim como das Fundações Estaduais de Amparo à Pesquisa no fomento à produção científica nacional. Tal fato reforça a preocupação sobre a sustentabilidade das atividades científicas diante dos sucessivos cortes e contingenciamentos no orçamento público de CT&I que têm sido observados nos últimos anos no País.

Por fim, a análise apresentada no artigo reforça a percepção sobre as assimetrias existentes no processo de geração, difusão e financiamento da pesquisa em saúde em âmbito mundial, e evidencia a necessidade de atuação estratégica do Estado na mediação deste processo.

**cee** Centro de Estudos  
Estratégicos da Fiocruz  
Antonio Ivo de Carvalho



**FIOCRUZ**

**SUS**

