



Inovação e trajetória tecnológica da produção de medicamentos no Brasil

Luardo Sanches Silva de Oliveira¹;
Marisa dos Reis Azevedo Botelho²;

Resumo: Considerando a inovação como principal forma de concorrência, este trabalho investiga a possibilidade de identificar trajetórias tecnológicas na indústria farmacêutica no Brasil. Amparado na teoria evolucionária da mudança tecnológica, que define um paradigma como padrões de soluções de problemas e a trajetória tecnológica como as formas de solucioná-los, o estudo verifica a trajetória tecnológica traçada pela indústria farmacêutica no Brasil baseando-se nas citações das patentes do setor depositadas sob jurisdição brasileira entre 2000 e 2024. Metodologicamente, aplica-se a análise de redes sociais (ARS) às citações de patentes, de modo a identificar conexões tecnológicas e possíveis trajetórias. Os resultados indicam fragilidade na articulação entre patentes, sugerindo que a trajetória tecnológica encontrada não é consistente e nem bem definida. O que parece haver são algumas “ilhas” de conhecimento centradas em torno de algumas poucas patentes. Portanto, fica evidente a necessidade de intervenção em um setor cujo interesse é duplo: social e econômico.

Palavras-chave: Inovação; trajetória tecnológica; indústria farmacêutica; patentes.

Código JEL: L65; O31; O34.

Área Temática: Paradigmas e Trajetórias Tecnológicas.

Innovation and technological path of pharmaceutical production in Brazil

Abstract: Considering innovation as the main way of competition, this work investigates the possibility of identifying technological paths in the pharmaceutical industry in Brazil. Based on the evolutionary theory of technological change, which defines a paradigm as patterns of problem-solving and a technological trajectory as the ways of solving them, the study verifies the technological path traced by the pharmaceutical industry in Brazil based on the citations of patents in the sector filed under Brazilian jurisdiction between 2000 and 2024. Methodologically, social network analysis (SNA) is applied to patent applications to identify technological specificities and possible paths. The results demonstrate fragility in the articulation between patents, indicating that the technological path found is neither consistent nor well-defined. What seems to exist are some "islands" of knowledge centered around a few patents. Therefore, the need for intervention in a sector with a twofold interest, social and economic, is evident.

Keywords: Innovation; technological path; pharmaceutical industry; patents.

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). E-mail: luardo.oliveira@ppge.ie.ufrj.br.

² Universidade Federal de Uberlândia (UFU). E-mail: botelhomr@ufu.br.

1. Introdução

Em um cenário globalizado, repleto de assimetrias e composto por economias com empresas concorrendo intensamente umas com as outras, inovar se torna um ato intencional pelo qual as firmas despendem recursos significativos. Nesse sentido, as atividades inovativas das firmas dependem da trajetória tecnológica percorrida por avanços anteriores dentro de determinado paradigma tecnológico decorrente da acumulação de conhecimento e capacitações ao longo da história, conferindo o caráter *path-dependent* da atividade industrial. Os paradigmas nada mais são que padrões específicos de soluções de problemas, enquanto a trajetória compreende formas de solucioná-los. Uma vez vigente, um paradigma passa pela seleção de instituições mercantis e não-mercantis em termos de oportunidade de negócios, cumulatividade do conhecimento e apropriabilidade formal dos benefícios das inovações (David, 1985; Dosi, 1982; Nelson; Winter, 1977; Schumpeter, 1984).

Na indústria, o comportamento e desempenho das firmas quanto à inovação diferem em termos de estratégias e capacitações. Assim como as firmas, os setores industriais também se diferenciam, sobretudo em termos de padrões setoriais de mudança tecnológica, como mostrado por Pavitt (1984) e Castellacci (2008). Nestes estudos, estes autores propuseram uma taxonomia que divide os setores em grupos de acordo com as suas características principais, dos quais se sobressaem: as firmas dominadas por fornecedores; as firmas baseadas em produção, que se dividem em firmas intensivas em escala e fornecedores especializados; e as firmas baseadas em ciência. Este trabalho foca na indústria farmacêutica, que compõe o grupo de firmas baseadas em ciência. Nesta indústria, a inovação representa a principal forma de concorrência e as patentes desempenham um papel fundamental em termos de apropriabilidade, posto que o produto da indústria possui relativa facilidade de imitação (Capanema; Palmeira Filho, 2007; Malerba; Orsenigo, 2015; Scherer, 2010).

No Brasil, a produção de medicamentos é compartilhada entre grandes empresas transnacionais, grandes empresas nacionais, laboratórios farmacêuticos oficiais e uma porção de pequenas empresas de menor participação no mercado. Nesse contexto, as grandes empresas transnacionais são responsáveis, geralmente, por grande parcela dos produtos inovadores disponíveis no mercado, enquanto as grandes empresas nacionais concentram sua produção em medicamentos genéricos e os laboratórios se destacam na oferta de uma série de medicamentos para doenças tropicais negligenciadas, soros e vacinas para atender o Sistema Único de Saúde (SUS) do país. (Manhães; Hasenclever, 2018; Queiroz, 2024; Vargas, 2024; Vasconcelos et al., 2023). Sendo assim, este trabalho, derivado da dissertação de mestrado do autor, tem como objetivo principal verificar a trajetória tecnológica traçada pela indústria farmacêutica no Brasil baseando-se nas citações das patentes do setor depositadas sob jurisdição brasileira aplicando o método de análise de redes sociais (ARS), a fim de responder a seguinte questão: é possível identificar uma trajetória tecnológica consistente e bem definida na indústria farmacêutica presente no Brasil?

Por hipótese, se espera que não haja uma trajetória tecnológica definida na indústria farmacêutica no Brasil. Espera-se, portanto, que as patentes depositadas sob jurisdição brasileira, seja por empresas multinacionais, nacionais ou por laboratórios oficiais, não sejam conectadas de forma relevante, por meio de citação, a outras patentes depositadas na mesma jurisdição, de modo que não se identifique uma trajetória bem definida para a indústria farmacêutica presente no país. A contribuição original do trabalho reside na aplicação da ARS para visualizar concretamente a trajetória tecnológica da indústria farmacêutica no Brasil. Além dessa introdução este trabalho conta com mais quatro seções. A segunda seção apresenta a revisão da literatura relevante sobre inovação e trajetórias tecnológicas e discute, brevemente, as principais características da indústria farmacêutica. A terceira seção apresenta o panorama da produção de medicamentos no Brasil como recorte fundamental do trabalho. A quarta seção apresenta a trajetória tecnológica da produção de medicamentos no Brasil, apontando a metodologia e os dados utilizado, bem como os resultados obtidos. Enfim, a quinta seção apresenta as considerações finais.

2. Referencial teórico

2.1. Inovação e trajetórias tecnológicas

Considerando o arcabouço evolucionário, não é difícil perceber que as firmas são concorrentes

natas. Nenhuma firma pode se considerar totalmente monopolista pois, a concorrência aparece não apenas entre produtos inovadores, como também entre produtos inovadores e produtos antigos. Contudo, novos empreendimentos só terão sequência se houver certa segurança acerca da apropriação de seus benefícios, ou seja, as mudanças na indústria partem do princípio de que há segurança nas suas ações; existe um componente estratégico. Dado o cenário composto por um elevado grau de incerteza e constantes mudanças, a capacidade de apropriação e as formas de proteção dos benefícios das inovações serão elementos fundamentais para o curso da firma. No entanto, o progresso tecnológico pressupõe a destruição de capital, na medida que novos métodos e produtos só serão colocados em prática e no mercado se os métodos e produtos antigos já estiverem se esgotado em termos de apropriação dos benefícios (Schumpeter, 1984).

Nesse sentido, inovar é um ato intencional pelo qual as firmas despendem recursos significativos. Ainda assim, a inovação não é livre de condicionantes. O avanço tecnológico suscitado pela inovação depende da trajetória percorrida por avanços anteriores, bem como das barreiras que foram ou não foram passíveis de transposição. Cada tecnologia particular está envolta de circunstâncias que são *path-dependent*, ou seja, elas carregam consigo oportunidades e limitações que são temporal e espacialmente definidas e irão caracterizar um regime tecnológico a partir do qual, desenvolvimentos incrementais poderão, ou não, ser explorados posteriormente. Justamente, essa característica das tecnologias criará um sistema dinâmico que se auto-sustenta e se auto-reforça podendo gerar incontáveis estruturas tecnológicas como resultado (Arthur; Ermoliev; Kaniovsk, 1987; David, 1985; Nelson; Winter, 1977).

Outra maneira de entender um regime tecnológico pode ser associada ao conceito de paradigma tecnológico. Um paradigma tecnológico pode ser definido como formas específicas de solucionar problemas tecnológicos. Uma vez estabelecido, o grau de difusão de um paradigma e os avanços no interior dele irão indicar quais as trajetórias tecnológicas passíveis de serem seguidas. Sendo assim, uma vez vigente, o sucesso ou não de qualquer regime ou paradigma tecnológico passa por um processo de seleção que envolve atores mercantis e não-mercantis (Dosi, 1982; 1988). Por outro lado, o uso dado à inovação por parte da firma, a sua capacidade de atrair recursos, para sua expansão e a relativa facilidade de imitação por parte de outros agentes econômicos constituem os mecanismos de difusão tecnológica. Posto dessa forma, é possível elencar três características econômicas mais básicas das inovações que definirão, ao mesmo tempo, o paradigma e a trajetória tecnológica, são elas: a oportunidade; a cumulatividade; e a apropriabilidade (Nelson; Winter, 1977; Possas, 1989).

Nestes termos, a relação entre oportunidade e cumulatividade é indissociável. As oportunidades, ao passo que determinam as taxas de inovação no sentido mais geral, são distintas entre indústrias e geradas parcialmente por instituições fora do mundo dos negócios, parcialmente pelas capacidades construídas pelas firmas e parcialmente pelo relacionamento estabelecido com fornecedores. Parafraseando Marengo (2019), as firmas navegam em um mar de oportunidades em busca de inovações, todavia estão sujeitas à sua própria habilidade de identificar onde estão e de capturar os maiores e melhores cardumes. De maneira semelhante, a apropriabilidade se diferencia entre indústrias. Dentre os mecanismos de apropriabilidade mais conhecidos e usados pelas firmas para proteger suas invenções estão as patentes, o segredo industrial, o *lead time*, as complementariedades entre vendas, serviços e instalações fabris e o *know-how*. Aqui será destacado o papel das patentes. Segundo Cohen, Nelson e Walsh (2000) existem razões claras pelas quais as firmas decidem não patentear, que envolvem, sobretudo, os custos associados ao processo de patenteamento, as dificuldades legais de provar que determinado produto é uma invenção e de defendê-la nos tribunais e a obrigatoriedade de divulgar certas informações tidas como críticas em muitos casos.

Por outro lado, as patentes desempenham um papel estratégico em diversas indústrias que se distingue entre aquelas produtoras de tecnologias “complexas”, como a indústria de *smartphones*, cujo produto é composto por diversos componentes de alto nível tecnológico que podem ser patenteados individualmente, e aquelas produtoras de tecnologias “discretas”, como a indústria farmacêutica, cujo produto, apesar de carregar alto nível tecnológico, resulta em um número relativamente baixo de patentes por produto. Para as indústrias de produtos “complexos”, as razões para patentear se assentam com mais vigor na possibilidade de adquirir receitas do licenciamento das invenções e no fortalecimento da sua

posição nas negociações de licenciamento cruzado (*cross-licensing*). Enquanto isso, as razões para patentear nas indústrias de produtos “discretos” estão relacionados com rendas monopolistas advindas da comercialização ou do licenciamento e a possibilidade de bloquear a entrada de concorrentes. Em todo o caso, a patente é uma ferramenta importante para diversificar o portfólio da firma e assegurar parcelas de mercado (Cohen; Nelson; Walsh, 2000).

Nesse sentido, nota-se que as firmas possuem trajetórias que dependem das suas atividades principais e das suas capacidades construídas. Esse fenômeno pode ser explicado com base nas fontes da tecnologia, nas necessidades dos usuários e na capacidade de apropriação dos benefícios da introdução de inovações utilizado por firmas em diferentes setores. Ou seja, a composição setorial na indústria permite identificar padrões de mudanças tecnológica. Baseado nessa observação, Pavitt (1984) propôs uma taxonomia que considera a existência dos seguintes grupos de setores: as firmas dominadas por fornecedores; as firmas baseadas em produção, que se dividem em firmas intensivas em escala e fornecedores especializados; e as firmas baseadas em ciência. Nesta mesma direção, Castellacci (2008) atualiza a taxonomia proposta anteriormente para incluir também o setor de serviços, mas sem grandes mudanças.

Este trabalho foca na indústria farmacêutica que faz parte das firmas baseadas em ciência. Este grupo de firmas é caracterizado pelo grande porte; pela dependência da ciência básica e dos laboratórios de P&D como fonte de tecnologia; pelas interações recorrentes com universidades e centros de pesquisa; pela alta capacidade de geração de inovações de produtos; e pela concorrência através de inovações. Ademais, para estas firmas as formas de apropriação formais, como as patentes, são bastante relevantes, pois asseguram os benefícios de uma atividade de alto risco e proíbem a imitação de um produto inovador freando, assim, o processo de difusão tecnológica.

2.2. Características gerais da indústria farmacêutica

Considerando as taxonomias apresentadas, a indústria farmacêutica se destaca entre as firmas baseadas em ciência. O principal objetivo produtivo dessa indústria é o desenvolvimento de novos medicamentos. É um setor onde a inovação se apresenta como desafio constante a fim de atender a demanda de acionistas e pacientes. Nesse sentido, a superação desse desafio representa melhoras no bem-estar social, na renda individual e nacional (Capanema; Palmeira Filho, 2007; Proksch et al., 2018). Capanema e Palmeira Filho (2007) destacam a indústria farmacêutica mundial tanto no que tange ao montante empenhando em inovação através de P&D, como na lucratividade adquirida a partir desse esforço e mantida por meio do aparato jurídico de proteção intelectual e de movimentos estratégicos de fusão e aquisição. Em relação a proteção intelectual, as patentes assumem protagonismo por conceder proteção por cerca de vinte anos a um produto novo, posto que no setor a imitação tende a ocorrer com certa facilidade uma vez que o produto inovador se encontra disponível no mercado.

Em termos de estrutura, a indústria farmacêutica tende a ser caracterizada por um oligopólio relativamente concentrado. Isso significa que, aqui, coexiste uma pequena quantidade de grandes empresas inovadoras, as Big Pharma, com uma grande quantidade de empresas menores. Isso ocorre pois, enquanto poucas empresas possuem o montante de recursos necessários para uma atividade de alto risco, como é a descoberta de novos medicamentos, o papel desempenhado pela imitação e a natureza fragmentada do mercado – dividido em classes terapêuticas – contribuem para a existência de diversas empresas de menor porte (Malerba; Orsenigo, 2015). A cadeia produtiva da indústria farmacêutica pode ser sintetizada em quatro etapas: i) pesquisa e desenvolvimento; ii) produção de farmoquímicos; iii) produção de medicamentos; e iv) marketing e comercialização. Não sem razão, a indústria farmacêutica se distingue das demais e lidera o ranking dos setores que mais gastam com P&D, sendo cerca de 16% das receitas nas grandes empresas e 11% nas empresas da base, segundo Queiroz (2024).

Historicamente, a indústria farmacêutica moderna inicia seu processo de desenvolvimento através dos trabalhos envolvendo a aspirina – através de processos de síntese química – na última década do século XIX. Naquele período, o desenvolvimento de novas moléculas estava associado a um processo de tentativa e erro. Mais tarde, no período das grandes guerras do século XX, apesar do patenteamento de diversos medicamentos, a necessidade em conjunto com a ampla utilização do licenciamento acelerou a difusão destas substâncias que logo passaram a concorrer via preços dando a impressão de que a

descoberta de novas drogas não era lucrativa (Scherer, 2010). Ainda assim, foi nesse período que boa parte das Big Pharma deram seus primeiros passos. Elas surgem a partir da indústria química europeia e passam a ganhar cada vez mais importância com o surgimento de inúmeros estudos envolvendo o desenvolvimento de novas moléculas. Nessa etapa, as firmas capazes de produzir em grande escala, desenvolver rotinas empresariais consistentes e manter um sistema sólido de P&D conseguiram crescer com mais vigor até se tornarem internacionais (Malerba; Orsenigo, 2015).

Até os anos 1970, a descoberta bem-sucedida de novas moléculas vinha acompanhada por uma quantidade notável de usos alternativos e de novas moléculas similares. Foi a partir do conhecimento acumulado e das redes de interação entre a indústria, hospitais, centros de pesquisa e instituições de ensino superior que o processo de pesquisa de novas moléculas se tornou mais restrito e embasado em bases teóricas mais sólidas a fim de sustentar os efeitos terapêuticos desejados. Desde então, décadas após décadas, o percentual das receitas investido em P&D cresceu continuamente e a proteção intelectual, sobretudo na forma de patentes, têm sido um instrumento estratégico importante (Malerba; Orsenigo, 2015; Scherer, 2010). A despeito destes avanços, as dúvidas relacionadas à descoberta de novas drogas não desaparecem. A adoção de patentes não se justifica apenas pelo alto montante de investimentos realizados e pelo alto grau de incerteza envolvido no processo de descoberta das moléculas, mas pela relativa facilidade de imitação por parte dos concorrentes. Sendo assim, mais do que garantir o direito de propriedade de uma molécula, a patente representa uma ferramenta capaz de assegurar a posse do conhecimento desenvolvido pela firma inovadora em todo processo de P&D, criando assim “cercas de patentes” capazes de bloquear concorrentes (Cohen; Nelson; Walsh, 2000; Scherer, 2010).

Transformações técnicas e científicas em diversos campos também têm contribuído para o ritmo acelerado das transformações dentro do setor por meio de avanços tecnológicos e da introdução de inovações, das quais se destaca a “revolução biotecnológica”, conforme Malerba e Orsenigo (2015, p. 615). Embora ainda não haja um consenso teórico sobre a ascensão de um novo paradigma tecnológico dentro da indústria farmacêutica, são notáveis as transformações que vêm acontecendo no setor derivadas do desenvolvimento da biotecnologia no processo de descobrimento de novos fármacos (McKelvey, 2007). Sobre o surgimento de um novo paradigma, Wonglimpiyarat (2008) revisita o debate teórico acerca do caráter revolucionário ou evolucionário da mudança tecnológica sob a ótica da introdução da biotecnologia na indústria farmacêutica. Para o autor, o uso de biotecnologia, enquanto uma nova forma de produzir medicamentos específicos e adaptados a certas condições parece representar uma mudança mais radical a nível de produto do que a nível de setor; neste último caso, a introdução da biotecnologia parece representar uma mudança incremental, posto que não destrói a indústria farmacêutica em favor da criação de um novo setor.

Nesse sentido, é fácil notar que, dado os aspectos acima assinalados, as principais empresas da indústria farmacêutica estão situadas nos países desenvolvidos, uma vez que neles a estrutura e as instituições que sustentam os processos de P&D e de proteção intelectual têm mais robustez. Contudo, recentemente, países emergentes vêm se destacando no crescimento da produção e do mercado de medicamentos. Segundo Ezziene (2014), entre 1995 e 2010, o gasto farmacêutico *per capita* de todos os países que na época compunham o bloco dos BRICS haviam crescido, com destaque para o Brasil que tem como estratégia priorizar a produção doméstica de medicamentos essenciais e é um produtor relevante de vacinas. Para Oliveira e colaboradores (2019) e para Sadat, Russell e Stewart (2014) a expansão do mercado mundial de medicamentos associado ao crescimento econômico, têm se revelado um caminho de oportunidades para as Big Pharmas lutarem por fatias de mercado. Por fim, vale considerar ainda que ao contrário do que se espera, a introdução de novas tecnologias não necessariamente contribui para a queda de preços de novos medicamentos. Isso ocorre, pois, o uso intensivo de novas tecnologias pela indústria, a introdução de novas tecnologias modificadas e a expansão das aplicações são formas de concorrência e diferenciação entre produtos e entre firmas (Gelijns; Rosenberg, 1994).

3. A produção de medicamentos no Brasil

No setor de saúde, em geral, o progresso no tratamento de diversas doenças está intimamente

relacionado ao desenvolvimento tecnológico de vários tipos, sobretudo, nos diferentes tipos de aprendizado. Vale, portanto, destacar, que o setor de saúde, compreendido sob a égide dos sistemas de inovação, compreende uma gama razoavelmente ampla de instituições e indústrias, na qual se insere a indústria de produtos farmoquímicos e farmacêuticos (C.21, CNAE-subclasses 2.3 do IBGE) mais comumente referenciada como indústria farmacêutica (Gadelha, 2003; Vasconcelos *et al.*, 2023). Atualmente, o mercado mundial de medicamentos é bastante amplo, vem passando por mudanças estruturais complexas e apresentando crescimento contínuo sem nenhum indício de interrupção neste comportamento. Pelo contrário, após a pandemia de Covid-19 o setor vem crescendo em ritmo mais acelerado e boa parte devido à participação de mercados farmacêuticos emergentes, como o Brasil (Queiroz, 2024). Segundo Vasconcelos e colaboradores (2023), cerca de 55% do mercado de produtos farmacêuticos é dominado por apenas 10 empresas multinacionais.

No Brasil, a indústria farmacêutica deve ser entendida sob a perspectiva do “modelo liberal e periférico” visto os crescentes déficits comerciais e a dependência tecnológica por meio da importação de fármacos e medicamentos de alto valor agregado (Filgueiras, 2006; Gonçalves, 2013). Durante os anos 1970 e 1980 o mercado era dominado por empresas estrangeiras, enquanto as empresas brasileiras aproveitavam as lacunas institucionais e fragilidades nos sistemas de patentes para produzir medicamentos similares. Em 1980, o Ministério da Indústria e Comércio juntamente com outras entidades, promoveu atividades em prol do desenvolvimento do setor possibilitando alguma produção de fármacos e medicamentos. Todavia, a partir da década de 1990 uma série de mudanças institucionais associadas à abertura comercial e financeira, aos programas de privatização e a retomada da estabilidade monetária afetaram fortemente essa indústria. A partir da adoção do Plano Real, em 1994, se iniciou um novo período de forte importação de medicamentos finais e insumos farmacêuticos ativos (IFA) (CGEE, 2017; Prado, 2011; Queiroz, 2024).

Além disso, houve mudanças na legislação de propriedade industrial com a adoção do Acordo TRIPS e a criação da Organização Mundial de Comércio (OMC), que reestabeleceu a proteção por patentes para os medicamentos inovadores. Por conseguinte, em 1996 o país aprova uma nova Lei de Propriedade Industrial (LPI), a Lei nº 9.276/96 pressionado, sobretudo, pelos Estados Unidos. Por fim, em 1999, a criação da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e a aprovação da Lei dos Genéricos (Lei nº 9.787/99) exigiu das empresas novas capacidades tecnológicas e abriu espaço para um novo mercado que foi ocupado por empresas de capital nacional (Prado, 2011; Rodrigues; Silva; Kiss, 2022; Vasconcelos *et al.*, 2023).

Especificamente sobre a concessão de patentes após o Acordo TRIPS e após a LPI, Mercadante (2019) apresenta uma análise mais aprofundada. Segundo ele, o Brasil adotou os termos do acordo de maneira precipitada, reduzindo oportunidades de fortalecer certas capacidades tecnológicas que foram aproveitadas em países como Índia e China e beneficiando os depositantes em detrimento da sociedade. Ademais, o autor chama a atenção para uma espécie de “sabotagem institucional” no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), que apesar de ser uma autarquia superavitária, não possui autonomia financeira para contratar pessoal e realizar investimentos. Como principal consequência dessa ineficiência operacional surge o fenômeno do *backlog*, que, em suma, expressa o tempo em que uma patente fica na “fila” até ser examinada pelos servidores do Instituto. Portanto é possível afirmar que a concessão de patentes no Brasil a partir destes marcos regulatórios causou um “desequilíbrio” em favor dos titulares e é não é adequada para estimular inovações.

Por seu turno, a Lei dos Genéricos (Lei nº 9.787/99) pode ser considerada uma experiência de sucesso. A princípio, seus objetivos eram ampliar o acesso e a redução de preço dos medicamentos para a população, fomentar a indústria nacional e modificar o comportamento dos profissionais da saúde quanto a prescrição de tratamentos. A Lei obriga que seja dada preferência à aquisição de medicamentos genéricos no âmbito do SUS nos casos em que seja possível e a um preço menor. Isso abriu uma enorme janela de oportunidade para as empresas produtoras, majoritariamente nacionais, pois conferiu-se a elas certa demanda, robustez e competitividade para aumentar sua participação no mercado brasileiro. No entanto, há algumas limitações que surgem provenientes do sucesso da Lei ligadas à possibilidade de acomodação por parte das empresas produtoras de genéricos. A alta rentabilidade nesse mercado faz com que a competição entre as empresas se dê, basicamente, através do pioneirismo em lançar um novo

medicamento genérico e não através da produção de novas moléculas (Quental *et al.*, 2008; Prado, 2011; Rodrigues; Silva; Kiss, 2022). Um efeito já considerado pela literatura sobre a entrada dos genéricos no mercado está relacionado com a queda nos preços dos medicamentos em geral. No Brasil, a entrada de genéricos no mercado contribuiu para uma redução no preço mínimo dos medicamentos em cerca de 28%. Desse modo, verifica-se que os descontos promovidos pelos genéricos pode representar um benefício social, aumentando o acesso a medicamentos (Rocha, 2024).

Dados da CMED (ANVISA, 2025, 2024, 2023) dos últimos três anos mostraram que, no período, quatro dos 10 grupos econômicos privados que mais faturaram no setor, no Brasil, são de capital nacional, incluindo os primeiros, conforme Tabela 1. O relativo “sucesso” dos grupos econômicos nacionais, em parte está associado a estratégias de fusão e aquisição e aos estímulos das Parcerias para o Desenvolvimento Produtivo (PDP), coordenadas pelo Ministério da Saúde desde 2008, do Programa Inova Saúde, coordenado pela FINEP desde 2013, e do Programa de Apoio ao Desenvolvimento da Cadeia Produtiva Farmacêutica (PROFARMA), levado a cabo desde 2003 pelo BNDES, que segundo Rodrigues, Silva e Kiss (2022), foi responsável por 77% do financiamento das principais empresas do setor. Porém, entre as empresas internacionais presentes na lista com os maiores faturamentos, poucas se encontram entre as que mais venderam em termos de quantidade conforme consta nos dados da CMED, podendo indicar que ainda que tenham vendido relativamente menos, o valor agregado de seus produtos os torna caros o suficiente para terem um bom faturamento. Ao longo dos anos é notável o ganho de faturamento dos principais grupos reportados, visto que todos saíram de pelo menos 3 bilhões faturados, para pelo menos 5 bilhões. Além disso, ao longo dos últimos anos, os principais grupos são praticamente os mesmos.

Tabela 1: Principais grupos econômicos privados do setor farmacêutico no Brasil

Posição	Grupo econômico	Faixa de Faturamento (R\$)
2024		
1	= Grupo NC Farma (Nacional)	Acima de 5 bilhões
2	▲ Grupo Eurofarma (Nacional)	Acima de 5 bilhões
3	= Grupo Sanofi (Internacional)	Acima de 5 bilhões
4	▼ Grupo Hypera (Nacional)	Acima de 5 bilhões
5	= Novartis Biociências S.A. (Internacional)	Acima de 5 bilhões
6	▲ Grupo Astrazeneca (Internacional)	Acima de 5 bilhões
7	▲ Novo Nordisk Farmacêutica do Brasil LTDA. (Internacional)	Acima de 5 bilhões
8	▼ Aché Laboratórios Farmacêuticos S.A. (Nacional)	Acima de 5 bilhões
9	▼ Merck Sharp & Dohme Farmacêutica LTDA. (Internacional)	Acima de 5 bilhões
10	▼ Grupo Johnson & Johnson (Internacional)	Acima de 5 bilhões
2023		
1	= Grupo NC Farma (Nacional)	Acima de 5 bilhões
2	▲ Grupo Hypera (Nacional)	Acima de 5 bilhões
3	▲ Grupo Sanofi (Internacional)	Acima de 5 bilhões
4	▲ Grupo Eurofarma (Nacional)	Acima de 5 bilhões
5	▲ Novartis Biociências S.A. (Internacional)	Acima de 5 bilhões
6	Merck Sharp & Dohme Farmacêutica LTDA. (Internacional)	Acima de 5 bilhões
7	= Aché Laboratórios Farmacêuticos S.A. (Nacional)	Acima de 5 bilhões
8	▲ Grupo Astrazeneca (Internacional)	Acima de 5 bilhões
9	▼ Produtos Roche Químicos e Farmacêuticos S.A. (Internacional)	Entre 3-5 bilhões
10	Novo Nordisk Farmacêutica do Brasil LTDA. (Internacional)	Entre 3-5 bilhões
2022		
1	Grupo NC Farma (Nacional)	Acima de 3 bilhões
2	▲ Grupo Pfizer/Wyeth (Internacional)	Acima de 3 bilhões
3	▲ Grupo Hypera (Nacional)	Acima de 3 bilhões
4	▲ Grupo Sanofi (Internacional)	Acima de 3 bilhões
5	▼ Grupo Eurofarma (Nacional)	Acima de 3 bilhões
6	▼ Novartis Biociências S.A. (Internacional)	Acima de 3 bilhões
7	▼ Aché Laboratórios Farmacêuticos S.A. (Nacional)	Acima de 3 bilhões
8	▼ Grupo Johnson & Johnson (Internacional)	Acima de 3 bilhões
9	Grupo Astrazeneca (Internacional)	Acima de 3 bilhões
10	= Grupo Glaxo/Stiefel/Pf Consumer (Internacional)	Acima de 3 bilhões

Fonte: CMED/ANVISA - Relatório de Comercialização enviado pelas Empresas.

Segundo a análise feita por Paranhos e colaboradores (2021) acerca do PROFARMA e do Programa Inova Saúde, enquanto dois dos principais instrumentos de financiamento à inovação da indústria farmacêutica, os aspectos positivos dessas iniciativas residem, de modo geral, na aplicação de recursos não-reembolsáveis para a inovação, no estabelecimento de condições para financiamento reembolsável e em condições específicas para micro e pequenas empresas. No entanto, elas carecem de mecanismos de avaliação e monitoramento da atividade inovativa, de exigência de contrapartida para saúde pública e de uma melhor distribuição de recursos entre firmas, posto que 83% dos recursos são destinados a apenas 10 das 48 firmas que participavam do PROFARMA na época, por exemplo. Tendo isso em mente, os autores sugerem, sobretudo, a ampliação do acesso aos recursos e o estabelecimento de contrapartidas por parte dos beneficiados dos programas e, ainda, enfatizam a importância da infraestrutura de P&D para a produção medicamentos biotecnológicos e a construção das capacitações para a exportação. Os programas lograram fortalecer empresas nacionais, especialmente produtores de medicamentos genéricos, mas os avanços foram limitados a poucas grandes empresas.

Atualmente, o mercado brasileiro de medicamentos ocupa a oitava colocação no mercado consumidor global com cerca de 2% de participação. Contudo, até 2021 dados apontavam que enquanto 80% dos medicamentos consumidos no país são produzidos localmente, apenas 5% dos insumos farmacêuticos são ofertados por firmas nacionais (Vasconcelos *et al.*, 2023). Segundo levantamento feito por Rodrigues, Silva e Kiss (2022) cerca de 90% das necessidades do setor são atendidas por importações. Queiroz (2024) mostra que o déficit chegou a aproximadamente US\$ 10 bilhões de dólares em 2021 já contabilizando efeitos da pandemia de Covid-19. Durante a primeira década dos anos 2000, uma prática que se tornou comum foi a entrada de firmas transnacionais que mantinham no exterior as atividades de pesquisa e parte significativa da produção. Essa tendência de certa forma contribuía tanto para aumentar o montante importado, como para aumentar o montante exportado da parcela da produção que acontecia no Brasil. A partir de 2008, com efeito das PDPs as empresas nacionais que conseguiram certa robustez financeira a partir da produção de genéricos passaram a se capacitar para produzir medicamentos biotecnológicos que poderiam ser exportados. Apesar disso, o valor exportado de produtos farmacêuticos nunca superou a casa dos US\$ 2 bilhões.

Embora os gastos em P&D tenham se elevado, é importante considerar que muitas empresas farmacêuticas nacionais ainda apresentam um baixo esforço inovativo. A capacidade em P&D da indústria farmacêutica brasileira parece ser mais forte em P&D incremental do que em P&D para descoberta de novas moléculas, justamente por pautar sua estratégia de crescimento na inserção no mercado de medicamentos genéricos. Contudo, vale ponderar, a política de saúde pública que permitiu a produção dos medicamentos genéricos no Brasil, outrossim, atuou como política industrial e foi fundamental para o crescimento econômico do setor, aumentando a proporção de caixas de medicamento genérico vendidos e o percentual de aprovação anual de registro de medicamentos genéricos, sobretudo nos primeiros anos de vigência da Lei (Manhães; Hasenclever, 2018; Vargas, 2024; Vasconcelos *et al.*, 2023).

A análise feita sobre a evolução dos esforços e dos investimentos em construção de capacidades para inovar das grandes empresas farmacêuticas nacionais e transnacionais revela que houve uma mudança no direcionamento dos investimentos da grande empresa farmacêutica nacional. Ainda que a vulnerabilidade tecnológica e a dependência de fármacos importados se mantenha, as empresas farmacêuticas nacionais estão avançando na complexidade das capacidades inovativas a partir do P&D interno e externo e da contratação de pessoal qualificado a fim de aumentar a acumulação tecnológica devido à inclusão do setor nas políticas públicas e programas de estímulo, como o PROFARMA, e à robustez financeira adquirida através da produção de genéricos (Paranhos; Mercadante; Hasenclever, 2020; Rodrigues; Silva; Kiss, 2022; Vargas *et al.*, 2012).

4. Trajetória tecnológica da produção de medicamentos no Brasil

4.1. Metodologia

A metodologia utilizada aqui é, predominantemente, de natureza empírica-exploratória. Para tal fez-se valer do método de análise de redes sociais (ARS), pois ele permite estabelecer relação entre

indivíduos, chamados de nós. Tal relação entre nós é estabelecida pelas arestas. Portanto, se considerar as patentes como nós e a citação feita entre elas como as arestas da rede, será possível construir uma trajetória tecnológica que permitirá observar quanto conhecimento foi necessário acumular para chegar até o estado da arte de determinada tecnologia. Nesse sentido, quanto mais relação entre patentes for observada na rede, mais definida será a trajetória tecnológica, ao mesmo tempo que, se uma determinada patente for relativamente bastante citada, será possível determiná-la como o paradigma comum da rede. Caso contrário, não será possível identificar alguma trajetória consistente e a inexistência de paradigmas comuns evidenciará apenas iniciativas isoladas de inovação tecnológica. A contribuição original do trabalho reside, justamente, na aplicação da ARS para visualizar concretamente a trajetória tecnológica da indústria farmacêutica no Brasil.

Um estudo recente se destaca ao utilizar a análise de redes sociais (ADR) e a análise dinâmica de redes sociais (ADRS) para analisar a produção de inovações na indústria farmacêutica. Basso (2019) procura identificar a evolução do esforço inovativo em P&D, entre 1997 e 2018, das 20 maiores empresas da indústria farmacêutica global, destacando a trajetória das três principais firmas do setor. Adicionalmente, ela ainda traça a rota tecnológica das principais classes terapêuticas em que cada uma daquelas três principais empresas atuam. Nesse sentido, o trabalho utiliza métricas de análise de redes sociais para realizar um exame mais apurado dos resultados encontrados. O Quadro 1 apresenta as métricas que foram relatadas pela autora e que também serão aplicadas aqui, bem como suas respectivas definições.

Quadro 1: Principais métricas usadas na análise de redes sociais³

Métricas	Definição
Grau médio	Determina o número médio de conexões entre cada nó da rede. Valores altos podem indicar facilidade no fluxo e difusão de informações pela rede.
Diâmetro da rede	Expressa a distância média entre todos os pares de nós. Diâmetro grande pode indicar lentidão nos fluxos de informação, enquanto um diâmetro pequeno pode indicar agilidade no fluxo de informações, porém pode expor vulnerabilidade da rede.
Densidade do grafo	Expressa a proporção entre o número de arestas em uma rede e o número máximo de arestas possível. Quanto mais conectada uma rede, mais densa ela é.
Componentes conectados	Conta o número de componentes conectados dentro da rede.
Modularidade	Define o número de comunidades dentro de uma rede. Quantifica a força da divisão da rede em comunidades, aumentando a densidade intragrupos e diminuindo a densidade entre grupos.
Coefficiente de <i>clustering</i> médio	Expressa a proporção média de arestas observadas entre cada nó com seus vizinhos sobre o total de arestas possíveis entre eles. Pode indicar coesão da rede, dado que valores altos indicam alta propensão de formar comunidades mais densas e valores baixos indicam estruturas mais espalhadas.
Comprimento médio de caminho	Expressa a distância média global de todos os caminhos mais curtos entre todos os pares de nós possíveis da rede. Pode indicar eficiência na medida em que valores baixos, em média, indicam que cada nó está a poucos passos de qualquer outro nó e valores altos indicam o contrário.
Centralidade de aproximação	Indica a distância média que existe entre um determinado nó e todos os outros nós da rede. A centralidade de aproximação é maior se a distância total para todos os outros nós for menor.
Centralidade de intermediação	Indica quais nós estão posicionados mais frequentemente no caminho mais curto entre os nós da rede. Nós com alta centralidade de intermediação podem controlar a comunicação da rede.
PageRank ⁴	Indica credibilidade de um nó, pois considera a relação entre nós como “voto de confiança”. Ou seja, um <i>link</i> recebido de um nó importante é mais relevante do que um recebido de nós mais periféricos.

Fonte: Elaboração própria

³ Baseado em Nooy, Mrvar e Batagelj (2005)

⁴ Page *et al.* (1999)

Esse tipo de análise de redes sociais foi proposto inicialmente por Hummon e Doreian (1989), cujo objetivo, na época, era estabelecer uma rede de citações sobre DNA. Dado o caráter cronológico, cumulativo e acíclico do conhecimento científico – ou seja, novos avanços dependem de avanços precedentes e apenas avanços recentes poderão citar os anteriores – é possível estabelecer ligações entre trabalhos que discutem um mesmo tópico, podendo, portanto, mapear determinado conteúdo intelectual e estabelecer seus limites por meio de rotas. Nessas circunstâncias, cada trabalho representa um nó que se conecta a outro através da citação, formando uma rede que põe luz às diversas interrelações entre atores individuais, sociais e institucionais que contribuíram para a evolução do conhecimento. Através da formação dessas redes é possível verificar quais os caminhos com o maior ou o menor número de nós ligados através da citação, definindo assim quais são mais fortes e mais fracos; qual o caminho principal; qual o grau de conectividade; e qual o comprimento do caminho traçado; de modo que caminhos mais longos indicam um maior esforço para chegar ao estado da arte daquele determinado conhecimento; dentre outras possibilidades. (Hummon; Doreian, 1989).

A citação, por sua vez, além da construção de caminhos ou trajetórias tecnológicas representa ainda um meio relevante de mensurar a importância ou o valor, sobretudo de patentes, no decorrer do tempo. A citação entre duas patentes representa uma relação entre ambas que pode capturar indicativos de um processo dinâmico e contínuo de desenvolvimento tecnológico novo ou incremental. Desse modo, a contagem de citações recebidas por uma patente, por si só, já permitiria encontrar, no tempo, uma invenção comum e economicamente bem-sucedida que permitiu consideráveis desenvolvimentos posteriores. No entanto, vale ressaltar que, ainda que possa ser tirado das citações informações úteis acerca do processo de desenvolvimento tecnológico, existe neste exercício, um viés de cunho temporal, posto que patentes lançadas a mais tempo, simplesmente, tiveram mais oportunidade de serem citadas (Trajtenberg, 1990).

Com base nestes desenvolvimentos iniciais, Verspagen (2007) ampliou a análise de redes sociais para abarcar a maneira com a qual o conhecimento tecnológico se desenvolve e é aplicado para fins comerciais. Para cumprir tal tarefa, o autor aplica a ARS a um banco de patentes a fim de mapear qual a trajetória tecnológica dentro de determinado paradigma, uma vez que as patentes, além de sua importância comercial e capacidade de indicar certos resultados da aplicação do conhecimento científico, mantêm as características dos trabalhos científicos. Sendo assim, uma patente que cita outra patente anterior demonstra quanto do conhecimento desenvolvido contribuiu para avanços tecnológicos mais recentes, formando assim uma “cadeia de ideias”.

Com base nesse método, é possível, portanto, mapear a trajetória tecnológica da indústria farmacêutica no Brasil através da formação de redes de citação de patentes depositadas sob o código A61K da *Internacional Patent Classification* (IPC) e da *Cooperative Patent Classification* (CPC)⁵. Esse código diz respeito às patentes de invenção e as patentes de modelo de utilidade voltadas às necessidades humanas, mais especificamente as preparações para fins médicos, odontológicos ou de higiene pessoal. Contudo, é possível remover da amostra as patentes depositadas nos subgrupos A61K 6/00 e A61K 8/00, que dizem respeito às patentes relacionadas a preparações odontológicas e cosméticos. Feita essa discriminação, as patentes restantes abrangem parte significativa da produção da indústria farmacêutica.

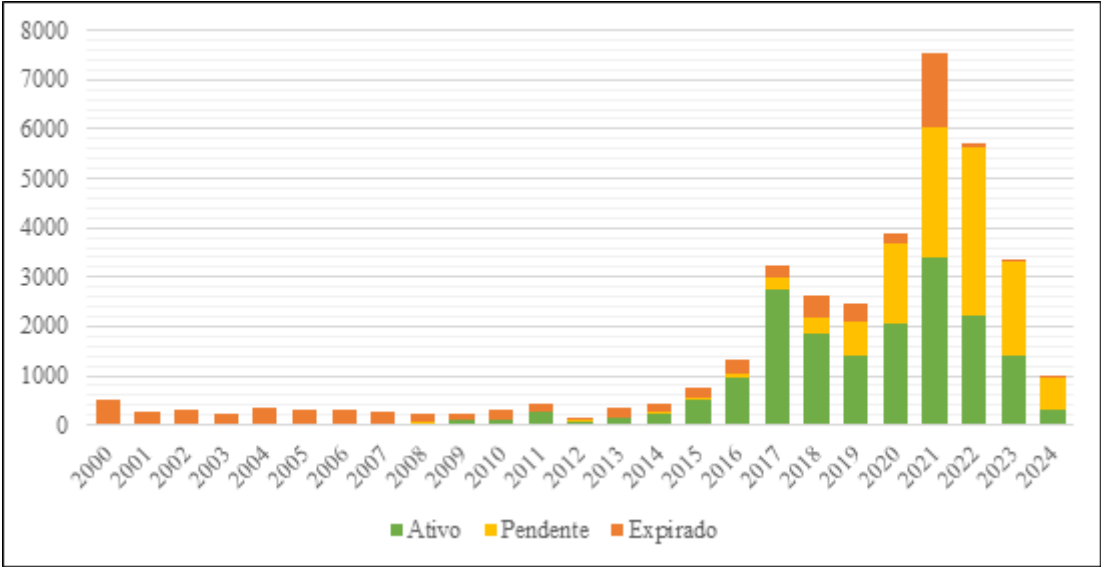
4.2. Procedimentos e dados

Com isso em mente, foram consultadas seis bases de dados de patentes. Dentre elas base selecionada foi a Lens.org por ter acesso gratuito e permitir *download* de grande quantidade de dados. a base conta com 36.523 patentes registradas sob a classificação A61K, exceto A61K6/00 e A61K8/00. Sendo assim, foram utilizados os seguintes filtros para a seleção dos dados: foram selecionadas todas as patentes sob a jurisdição brasileira registradas entre 01 de janeiro de 2000 até 31 de dezembro de 2024; e foram selecionadas as patentes com status legal ativo, pendente ou expirado. A fim de caracterizar os dados obtidos, o gráfico abaixo mostra a quantidade de patentes depositadas anualmente ao longo dos anos analisados, classificando seu estatuto legal em ativa, pendente ou expirada. A análise do gráfico mostra um aumento do número de depósitos de patentes sob o código A61K (exceto A61K 6/00 e A61K

⁵ A diferença substancial entre a IPC e a CPC é que a última é feita baseada na primeira, porém com nível maior de detalhamento. Enquanto a primeira possui cerca de 70 mil grupos a segunda possui cerca de 200 mil (Brasil, 2025).

8/00) a partir de 2012, atingindo seu ápice em 2021, seguido por uma queda nos três anos seguintes. Das 36.523 patentes depositadas, 17.893 (49,0%) encontram-se com estatuto legal ativo, 11.926 (32,7%) estão pendentes e 6.704 (18,4%) estão expiradas.

Gráfico 1: Registro de patentes ao longo do tempo segundo a base Lens.org



Fonte: Elaboração própria.

É possível observar ainda, dentre as patentes contidas na base, quais os códigos de patente com mais depósitos, como mostra a Tabela 2. Lembrando que uma patente pode receber mais de um código, é notável que o esforço de patenteamento da indústria farmacêutica se concentra em medicamentos usados no tratamento de câncer, seguido por preparações que fazem uso de anticorpos.

Tabela 2: Principais classificação de patentes registradas na base Lens.org

IPC	Contagem	Descrição
A61P 35/00	5.952	Agentes antineoplásicos.
A61K 39/395	2.677	Anticorpos (aglutininas A61K 38/36); Imunoglobulinas; Soro imune, por exemplo, soro antilinfocítico.
A61K 9/00	2.517	Preparações medicinais caracterizadas por formas físicas especiais.
C07K 16/28	2.173	Imunoglobulinas, por exemplo, anticorpos monoclonais ou policlonais contra receptores, antígenos de superfície celular ou determinantes da superfície celular.
A61P 29/00	2.120	Agentes analgésicos, antipiréticos ou anti-inflamatórios não centrais, por exemplo, agentes antirreumáticos; anti-inflamatórios não esteroides.
A61K 39/00	2.023	Preparações medicinais contendo antígenos ou anticorpos (materiais para imunoensaio G01N 33/53).
A61P 43/00	1.970	Medicamentos para fins específicos, não previstos nos grupos A61P 1/00 - A61P 41/00.
A61P 25/00	1.545	Medicamentos para distúrbios do sistema nervoso.
C07D 471/04	1.438	Compostos heterocíclicos contendo átomos de nitrogênio como os únicos átomos heteroscópicos do anel no sistema condensado, sendo pelo menos um anel de seis membros com um átomo de nitrogênio, não previsto pelos grupos C07D 451/00 - C07D 463/00. Sistemas orto-condensados.
A61K 38/00	1.434	Preparações medicinais contendo peptídeos (peptídeos contendo anéis betalactama A61K 31/00; dipeptídeos cíclicos não tendo em sua molécula nenhuma outra ligação peptídica além das que formam seu anel, p. ex. piperazina-2.5-dionas, A61K 31/00; peptídeos de base ergolina A61K 31/48; contendo compostos macromoleculares tendo unidades de aminoácidos distribuídas estatisticamente A61K 31/74; preparações medicinais contendo antígenos ou anticorpos A61K 39/00; preparações medicinais caracterizados pelos ingredientes não ativos, p. ex. peptídeos como carreadores de medicamentos, A61K 47/00).

Fonte: Elaboração própria.

Ademais, foi feito um segundo exercício a fim de observar quais os principais depositantes de patentes sob jurisdição brasileira, seja individualmente ou em colaboração. Para isso, tomou-se a base de dados, separou-se cada patente por depositante e foram feitas pequenas correções de grafia para encontrar resultados mais precisos. Se uma determinada patente foi depositada em colaboração entre duas instituições, ela foi atribuída a cada uma delas para que fosse possível saber em quantos depósitos cada depositante estava envolvido. Assim, o resultado desse exercício deu origem a Tabelas 3.

Tabela 3: Principais depositantes registrados na Lens.org e origem do capital

Depositante	Número de depósitos
Novartis AG (internacional)	660
Hoffmann La Roche (internacional)	546
Universidade Federal de Minas Gerais (nacional)	430
Merck Sharp & Dohme (internacional)	310
Universidade de São Paulo (nacional)	304
Janssen Pharmaceutica NV (internacional)	288
Astrazeneca AB (internacional)	269
Boehringer Ingelheim Int (internacional)	260
Lilly CO Eli (internacional)	234
Genentech INC (internacional)	231

Fonte: Elaboração própria.

Ao contrário da Tabela 1, apresentada no capítulo anterior, que mostrava os principais grupos econômicos da indústria farmacêutica no Brasil, por faturamento, a Tabela 3 não conta com nenhuma empresa ou grupo econômico privado de capital nacional. As únicas instituições representantes do país entre as que mais patenteiam são duas universidades públicas, a Universidade Federal de Minas Gerais e a Universidade de São Paulo, envolvidas no depósito de 430 e 304 patentes, respectivamente. Novartis, Merk & Sharp, Astrazeneca e Hoffman La Roche aparecem em ambas as tabelas, figurando entre as principais depositantes e as principais empresas, por faturamento. Esses achados reforçam a ideia de que ainda que as empresas internacionais presentes na lista tenham vendido relativamente menos, em termos de quantidade, o valor agregado de seus produtos os torna caros o suficiente para terem um bom desempenho em termos de faturamento. Ou seja, ainda que não seja o objetivo do trabalho, parece haver, ao menos nesse caso, uma relação entre o faturamento e o esforço de patentear.

Uma vez realizado esse exame descritivo dos dados registrados na base, foi necessário extrair as citações feitas pelas patentes para a construção da rede. Como a base de dados não fornecia uma ferramenta eficaz que fizesse esse tipo de extração, foi necessário criar um *software* capaz de realizar tal tarefa a partir do *website* Google Patents. Nesse caso, foi feito um *script* para automatizar a extração das citações utilizando um ambiente de desenvolvimento integrado capaz de extrair as citações das patentes contidas na base de dados Lens.org a partir de técnicas de *web scraping* (raspagem de dados). A seguir será apresentada a análise e discussão dos resultados obtidos a partir do exercício realizado

4.3. Análise e discussão dos resultados

Uma vez que os dados foram coletados e processados, o passo seguinte foi a construção das redes sociais a partir do *software* especializado Gephi e o cálculo das métricas acima citadas. Vale destacar que, das 36.523 patentes de origem contidas na base de dados, 31.105 faziam referência a uma ou mais patentes através da citação, o que corresponde a cerca de 85,16%. Desse modo, a rede conta com 304.957 nós e 1.402.993 arestas, mas apenas 5.817 componentes conectados. A Tabela 4 registra o valor dos cálculos realizados para o conjunto completo das patentes da indústria farmacêutica sob jurisdição brasileira entre 2000 e 2024.

Tabela 4: Métricas da rede de patentes da indústria farmacêutica no Brasil

Nós	304.957
Arestas	1.402.993
Grau médio	4,601
Diâmetro da rede	6
Densidade do grafo	0
Componentes conectados	5.817
Modularidade	0,815
Coefficiente de <i>clustering</i> médio	0,008
Comprimento médio de caminho	1,143

Fonte: Elaboração própria.

Nela é possível observar um grau médio de 4,601. É importante ressaltar que, em redes de citação, o grau médio tende a ser normalmente mais baixo. Considerando uma rede aleatória com o mesmo número de nós e arestas, para fins de comparação, o grau médio ficaria em torno de 9 ou 10. Neste caso então, em média, são necessárias cerca de outras 5 patentes para gerar o conhecimento tecnológico das patentes originais da amostra. Em contrapartida, o valor da densidade 0 significa que o software não encontrou um valor que seja não nulo antes da terceira casa decimal, ou seja, grosso modo, a razão entre as conexões que existem e as que poderiam existir é bastante baixa.

Já o valor do diâmetro da rede, como visto anteriormente no Quadro 1, ao passo que pode indicar agilidade no fluxo de informação quando pequeno, como é o caso, apenas 6, pode indicar também vulnerabilidade, pois a remoção de poucas patentes importantes seria suficiente para afetar fortemente a estrutura da rede já que a distância média entre os pares de nós é pequena. Em uma rede aleatória com o mesmo número de nós e arestas o diâmetro seria cerca de 18. O valor da densidade da rede reforça essa constatação. Enquanto isso, o valor da modularidade é relativamente elevado indicando a presença de comunidades e reforçando os achados na literatura de que, ao que parece, na indústria farmacêutica no Brasil empresas transnacionais e nacionais cumprem papéis distintos, afetando inclusive a balança comercial do setor, conforme apontado por Queiroz (2024), Capanema e Palmeira Filho (2007) e Predo, Ballini e Sarti (2024). Esses autores destacam o papel das atividades de P&D da grande empresa farmacêutica transnacional e como isso, de certo modo, permitiria a criação de “cerca de patentes” (Cohen; Nelson; Walsh, 2000). De outra forma, o valor da modularidade pode indicar também a divisão da rede conforme classes terapêuticas, posto que é menos provável, por exemplo, que patentes de medicamentos analgésicos cite patentes de medicamentos antialérgicos.

Por sua vez, o valor do coeficiente de *clustering* médio, 0,008, indica que o conhecimento depositado nas patentes pouco se comunica entre si; não há um paradigma comum. Por fim, o comprimento médio de caminho de 1,143 indica que o caminho percorrido pelo conhecimento gerado é bastante curto, ou seja, não é necessário muito conhecimento acumulado para gerar determinada patente no Brasil, logo, aparentemente não deve se tratar de tecnologias muito complexas ou então, se trata apenas de desenvolvimento tecnológico para adaptação de determinados medicamentos à realidade tropical do país, visto que, apesar do crescimento do mercado de medicamentos em países em desenvolvimento apontado Oliveira e colaboradores (2019) e Sadat, Russell e Stewart (2014), as características mais gerais da indústria farmacêutica *per se* baseada no desenvolvimento da ciência básica, dos altos gastos investidos em P&D e na dependência de sistemas de proteção intelectual (Malerba; Orsenigo, 2015; Scherer, 2010) justificam a manutenção das sedes das empresas transnacionais nos países desenvolvidos.

Adicionalmente, é possível observar, através do indicador de PageRank, desenvolvido por Page e colaboradores (1999) quais as patentes mais relevantes da rede. Este indicador considera a citação como um “voto de confiança”. De acordo com essa metodologia, uma citação recebida de um nó importante na rede é mais relevante do que as citações recebidas por nós mais periféricos. A Tabela 7 registra as 10 principais patentes de acordo com esse indicador bem como seus respectivos títulos. É válido destacar que as três primeiras protegem conhecimento voltado ao sistema imunológico, a saber: as patentes US4816567A, US5530101A e EP0940468A1; e que dentre as 10, apenas uma é uma patente de origem brasileira, a patente BR9305075A, de propriedade da Fundação Oswaldo Cruz.

Estes resultados, especificamente, reforçam tanto o domínio dos países desenvolvidos dentro da

indústria farmacêutica, como o papel de destaque da Fiocruz no cenário nacional conforme foi apresentado por Fonseca, Fernandes e Fonseca (2017), no que se refere à construção de capacitações. Como foi visto, além das questões relacionadas à infraestrutura científica, o processo histórico de desenvolvimento da farmacêutica moderna e das Big Pharma ocorreu preponderantemente em território europeu, à luz das duas Grandes Guerras, no qual a atuação dos Estados Unidos era significativa e a difusão de medicamentos era facilitada (Malerba; Orsenigo, 2015; Scherer, 2010).

Tabela 5: As principais patentes da rede da indústria farmacêutica no Brasil, por PageRank

Patente	Depositante	Título	PageRank
US4816567A	Genentech INC	<i>Recombinant immunoglobulin preparations.</i>	0,000064
US5530101A	Protein Design Labs INC	<i>Humanized immunoglobulins.</i>	0,000051
EP0940468A1	Genentech INC	<i>Humanized antibody variable domain.</i>	0,000037
US5225539A	Medical Research Council	<i>Recombinant altered antibodies and methods of making altered antibodies.</i>	0,000028
ATE158021T1	Genpharm INT	<i>Production and use of non-human transgent animals for the production of heterologue antibodies.</i>	0,000025
US3773919A	EI Du Pont de Nemours and CO	<i>Poly lactide-drug mixtures</i>	0,000025
BR9305075A	Fiocruz	Antígeno para conferir imunidade protetora contra infecções helmínticas em humanos e animais, e processo de vacinação para aplicação na imunoprofilaxia de doenças helmintológicas de interesse veterinário e médico.	0,000024
SG48759A1	Abgenix INC	<i>Generation of xenogenic antibodies.</i>	0,000023
MX2007013978A	Ono Pharmaceutical CO	<i>Human monoclonal antibodies to programmed death 1 (pd-1) and methods for treating cancer using anti-pd-1 antibodies alone or in combination with other immunotherapeutics.</i>	0,000023
GB8607679D0	Winter GP	<i>Recombinant DNA product.</i>	0,000023

Fonte: Elaboração própria.

Na Tabela 6 é possível observar as principais patentes de acordo com a centralidade de intermediação. Esse indicador importa, pois, mostra quais patentes ocupam uma posição estratégica dentro da rede, estado no caminho mais curto entre as demais patentes. Isso significa que boa parte do conhecimento gerado, necessariamente, passa por elas para gerar um novo conhecimento. Em síntese, essas patentes cobrem medicamentos biológicos, sobretudo anticorpos (BR122022000334B1, BR122018016031B8, BRPI0712224B8, BR112013020540B1, BRPI0518192B8, BRPI0709606B8), terapias gênicas (BR112017000497B1) e doenças raras, como a fibrose cística (BR112018076281A2) e reforçam as transformações que vêm acontecendo no setor, ao menos em nível de produto, derivadas do desenvolvimento da biotecnologia, assim como esperado por Wonglimpiyarat (2008) e Malerba e Orsenigo (2015).

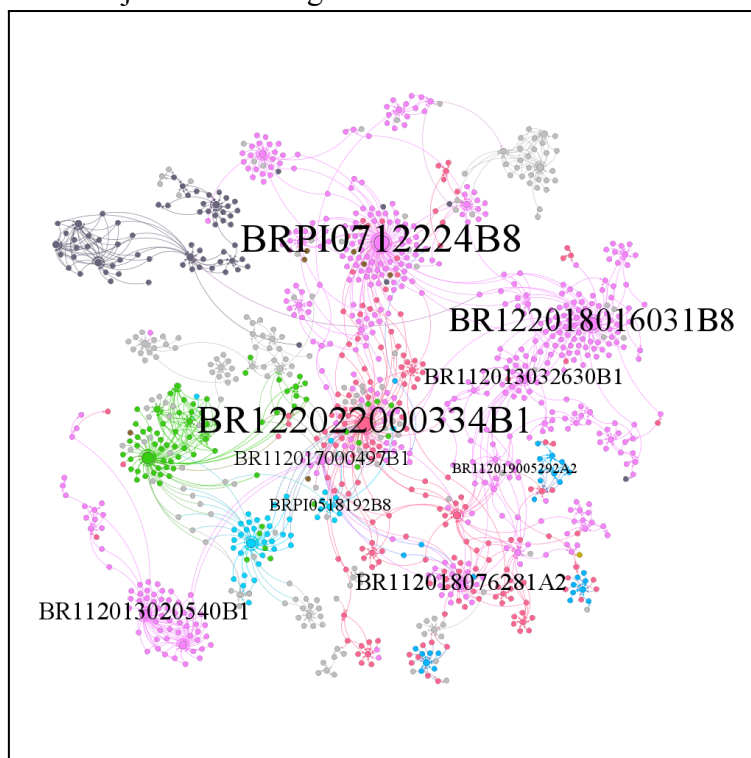
Tabela 6: As principais patentes de acordo com a centralidade de intermediação

Patente	Depositante	Grau de entrada	Grau de saída	Centralidade de aproximação	Centralidade de intermediação
BR112018076281A2	Kymab Limited	46	817	0,771	47279,500
BR122022000334B1	Genentech INC	107	74	0,789	14565,167
BR112017000497B1	Ventana Medical Systems INC	31	139	0,664	13596,500
BR122018016031B8	Applied Molecular Evolution INC	85	96	1,000	9232,500
BR112013032630B1	Chugai Seiyaku Kabushiki Kaisha	40	189	0,766	9035,667
BRPI0712224B8	Regeneron Pharma	113	54	1,000	5448,400
BR112013020540B1	Immunogen INC	50	127	1,000	4886,500
BRPI0518192B8	Res Systems Ars Holding NV; Laboratoires Serono SA; Merck Serono SA	17	29	1,000	4844,000
BRPI0709606B8	Tris Pharma INC	27	222	1,000	4753,000
BR112019005292A2	Nextcure INC	5	277	1,000	3947,833

Fonte: Elaboração própria.

Em seguida, a Figura 1 explicita a trajetória tecnológica da indústria farmacêutica no Brasil. Nela, para fins de melhor visualização, é possível observar as patentes originais da amostra que se citam entre si ao menos uma vez. Desse modo, ficam visíveis apenas 1.096 (3,64%) nós e 1.428 (38,28%) arestas, ou seja, um número relativamente baixo de nós, considerando o total da amostra, é responsável por quase 40% das citações entre patentes, revelando um cenário de pouca integração. A figura ainda destaca a posição das principais patentes conforme centralidade de intermediação (Tabela 6) e separa a amostra em comunidades, conforme a modularidade, com destaque para o grupo de cor lilás, que concentra a maioria das patentes com alta centralidade de intermediação.

Figura 1: Trajetória tecnológica da indústria farmacêutica no Brasil



Fonte: Elaboração própria.

Em síntese, a análise conjunta das métricas apresentadas anteriormente e do grafo na Figura 1 mostra que quase não há uma trajetória de fato, e sim “ilhas” de conhecimento cujo núcleo se encontra em patentes com alta centralidade de intermediação. O exame das métricas utilizadas na análise confirma o

argumento de Vasconcelos e colaboradores (2023) sobre o caráter periférico de inserção internacional da indústria farmacêutica no Brasil, notadamente dependente da importação de IFA e com gastos em P&D insuficientes para gerar inovações radicais, e sobre a evidente vulnerabilidade sanitária do país. É difícil falar de uma trajetória tecnológica consistente e bem definida neste caso. Não há, nem mesmo entre as patentes citadas um paradigma único, visto que existe um conjunto de patentes que são citadas por uma série de outras patentes menos relevantes da mesma comunidade.

Basicamente, é possível afirmar que o conhecimento acumulado parece não se difundir de maneira significativa. Disso surgem duas possibilidades: ou as patentes da indústria farmacêutica no Brasil são totalmente inovadoras, ou elas apenas adaptam determinada tecnologia ao cenário brasileiro a fim de bloquear concorrentes conforme apontado na literatura. A segunda possibilidade parece mais provável. Cohen, Nelson e Walsh (2000) já argumentava sobre o uso desse tipo de estratégia na formação de “cercas de patentes”, sobretudo em indústrias produtoras de tecnologias discretas como é o caso de indústria farmacêutica, no qual o produto resulta de um número relativamente baixo de patentes e pode ser facilmente imitado por concorrentes.

5. Considerações finais

A inovação tem sido o principal baluarte do desenvolvimento industrial, e as firmas, enquanto principais agentes desse sistema, sabem disso. Nos meandros de um sistema capitalista cada vez mais integrado e competitivo, as firmas se dedicam à atividade inovativa conforme já indicava Schumpeter (1984). Não obstante, tal dedicação depende de uma porção de capacidades construídas e de conhecimento acumulado ao longo do tempo, ou seja, depende, fundamentalmente, da trajetória tecnológica. Desse modo, as firmas, cada qual com a sua particularidade em termos de propriedades e padrões de mudanças tecnológica, procuram meios de se apropriar dos benefícios formais das inovações, dentre os quais se destaca o patenteamento.

Diante desse panorama, a clara compreensão das trajetórias tecnológicas através das citações de patentes permite responder a seguinte questão: é possível identificar uma trajetória tecnológica consistente e bem definida na indústria farmacêutica presente no Brasil? A resposta a essa questão pode parecer curta à primeira vista, mas não é, de maneira alguma, uma resposta simples. Considerando a análise feita, é possível afirmar que não existe uma trajetória tecnológica consistente e bem definida para a indústria farmacêutica no Brasil. Sendo assim, a hipótese de que não há uma trajetória tecnológica consistente e bem definida no setor é confirmada. Assim como esperado, as patentes depositadas sob jurisdição brasileira, seja por empresas multinacionais, nacionais ou outras instituições, não são conectadas de forma relevante, por meio de citação, a outras patentes depositadas na mesma jurisdição, conforme observado através da análise das métricas de redes sociais.

O que parece haver, na verdade, são ilhas de conhecimento em torno de algumas poucas patentes mais relevantes na amostra. Isso conduz a outra constatação importante: parece não haver, na indústria farmacêutica no Brasil um paradigma comum, ou seja, não existe uma patente cujo as métricas indiquem um destaque significativo sobre as demais. Por conseguinte, é possível reforçar o caráter periférico de inserção internacional da indústria farmacêutica no Brasil, visto que as empresas nacionais não patenteiam, provavelmente porque dedicam mais esforços a produção de medicamentos genéricos do que a atividade inovativa, e que, mesmo as empresas transnacionais, parecem dedicar a maior parte do esforço de patenteamento para a atividade de adaptação dos medicamentos à realidade brasileira. Como consequência principal, tem-se a manutenção da dependência de tecnologia estrangeira.

Ainda assim, é possível notar um esforço maior das instituições em patentear no Brasil a partir de 2012, segundo consta na base de dados Lens.org, que deve ser decorrente do amadurecimento de programas como o PROFARMA, por exemplo, que facilitou o financiamento à inovação ao explicitar o interesse em estimular a indústria farmacêutica no país. Nesse caso, apesar de não ser objetivo desse trabalho, a relação entre inovação – representada pelas patentes – e faturamento parece fazer sentido apenas entre as grandes empresas transnacionais. Ademais, no Brasil, existem dificuldades institucionais referentes ao processo de patenteamento que, em certa medida, desestimula a atividade inovativa de parte das firmas, principalmente das firmas nacionais de menor porte, pois cria um “desequilíbrio” em favor

dos titulares das patentes causado pelo tempo de espera para o início dos exames de concessão da propriedade industrial. Todavia, vale destacar o papel das universidades públicas do país que, a despeito das dificuldades, se destacam entre as instituições que mais patenteiam no país.

De modo mais geral, as principais patentes destacadas nessa dissertação envolvem, sobretudo, o uso de anticorpos para uso terapêutico, o que pode reforçar a *expertise* do Brasil em vacinas e destacá-lo futuramente no âmbito da biotecnologia. Esse é um passo importante a ser dado visto que, ainda que não seja um consenso entre estudiosos, a produção de medicamentos ou tratamentos de base biológica parece ser o que há de mais novo na indústria farmacêutica de modo geral, reforçando as transformações que vêm acontecendo no setor, ao menos a nível de produto. A expansão do mercado mundial e o interesse da indústria farmacêutica em medicamentos que atendam usuários específicos, a partir da biotecnologia pode representar um potencial produtivo que poderia ser explorado por empresas nacionais a partir de novas trajetórias tecnológicas e no tratamento de doenças negligenciadas. É válido mencionar que, a despeito das políticas de estímulo ao setor, sobretudo do PROFARMA e do Programa Inova Saúde, não foi encontrado na literatura estudos que investigassem os efeitos diretos desses ou outros programas no patenteamento.

Sendo assim, os resultados encontrados confirmam a hipótese inicial e destaca a necessidade de intervenção em um setor cujo interesse é duplo: social e econômico. As políticas de estímulo à indústria farmacêutica nacional devem ser pensadas considerando uma integração eficiente entre política industrial e política social, o que por si só não é uma tarefa fácil. Além disso, dada a condição do poder público brasileiro de ofertante e demandante de medicamentos, seria possível combinar políticas pelo lado da oferta e pelo lado da demanda, que enfatizassem a importância da infraestrutura de P&D para a produção de medicamentos biotecnológicos e a construção das capacitações para a exportação. Existe um potencial que poderia ser explorado por empresas nacionais a partir de novas trajetórias tecnológicas envolvendo biotecnologia. Trabalhos futuros poderiam explorar mais as características das empresas nacionais a fim de tentar isolar a trajetória tecnológica dessas firmas, bem como das universidades, ou então investigar quais os efeitos diretos de programas como o PROFARMA e o Inova Saúde sobre o patenteamento com o intuito de fazer uma avaliação *ex-post* dessas iniciativas, projetando possíveis melhorias para iniciativas posteriores.

Referências bibliográficas

- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Anuário Estatístico do Mercado Farmacêutico 2023**. Brasília, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2024/cmed-divulga-anuario-com-dados-do-mercado-nacional-de-medicamentos-em-2023>. Acesso em 20 fev. 2025.
- ARTHUR, W. B.; ERMOLIEV, Y. M.; KANIOVSKI, Y. M. Path-dependent processes and the emergence of macro-structure. **European journal of operational research**, v. 30, n. 3, p. 294-303, 1987.
- BASSO, F. G. **Mapeamento de tendências tecnológicas: uma análise a partir do esforço tecnológico na indústria farmacêutica**. 2019. 262p. Tese (Doutorado em Administração das Organizações) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2019.
- CAPANEMA, L. X. L.; PALMEIRA FILHO, P. L. Indústria farmacêutica brasileira: reflexões sobre sua estrutura e o potencial de investimentos. In: TORRES FILHO, E. T.; PUGA, F. P. **Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (Brasil). Perspectivas do investimento 2007/2010**. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, p. 161-206, 2007.
- CASTELLACCI, F. Technological paradigms, regimes and trajectories: manufacturing and service industries in a new taxonomy of sectoral pattern of innovation. **Research Policy**, v. 37, n. 6-7, p. 978-994, 2008.
- CGEE. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. **Competências para inovar na indústria farmacêutica brasileira**. Brasília: CGEE, 2017.
- COHEN, W. M.; NELSON, R.; WALSH, J. P. **Protecting their intellectual assets: Appropriability conditions and why US manufacturing firms patent (or not)**. 2000.
- DAVID, P. A. Clio and the Economics of QWERTY. **The American economic review**, v. 75, n. 2, p. 332-337, 1985.
- DOSI, G. Sources, Procedures, and Microeconomic Effects of Innovation. **Journal of Economic Literature**, v. 26, n. 3, p. 1120-1171, 1988.
- DOSI, G. Technological paradigms and technological trajectories. **Research Policy**, v. 11, p. 147-162, 1982.
- EZZIANE, Z. Essential drugs production in Brazil, Russia, India, China and South Africa (BRICS): opportunities and challenges. **Int J Health Policy Manag**, 3, 365-370, 2014. DOI: 10.15171/ijhpm.2014.118.
- FILGUEIRAS, L. O neoliberalismo no Brasil: estrutura, dinâmica e ajuste do modelo econômico. **Neoliberalismo y sectores dominantes. Tendencias globales y experiencias nacionales**, v. 179, p. 206, 2006.
- GADELHA, C. A. O complexo industrial da saúde e a necessidade de um enfoque dinâmico na economia da saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, 2003, v. 8, p. 521-535, 2003.
- GELIJNS, A.; ROSENBERG, N. The dynamics of technological change in medicine. **Health affairs**, v. 13, n. 3, p. 28-46, 1994.
- GONÇALVES, R. **Desenvolvimento às avessas: verdade, má-fé e ilusão no atual modelo brasileiro de desenvolvimento**. Rio de Janeiro: LTC; 2013.
- HUMMON, N. P.; DOREIAN, P. Connectivity in a citation network: The development of DNA theory. **Social Networks**, v. 11, p. 39-63. 1989.
- MALERBA, F.; ORSENIGO, L. The evolution of the pharmaceutical industry. **Business History**, v. 57, n. 5, 664-687, 2015. DOI: 10.1080/00076791.2014.975119.
- MANHÃES, E.; HASENCLEVER, L. A dinâmica produtiva e territorial da indústria farmacêutica dos genéricos no Brasil 2000/2017. **Boletim Petróleo, Royalties e Região - Campos dos Goytacazes/RJ - Ano XVI**, v. 15, n. 59, 2018.
- MARENGO, L. A falha das “falhas de mercado”: algumas questões sobre os fundamentos econômicos do patenteamento. In: CHIARINI, T.; CALIARI, T (org). **A economia política do patenteamento na América Latina: tecnologia e inovação a favor do desenvolvimento**. 1. ed. Jundiaí: Paco, 2019.
- MCKELVEY, M. Biotechnology industries. In: HANUSCH, H; PYKA, A. (org.). **Elgar companion to**

neo-Schumpeterian economics. Edward Elgar Publishing, 2007.

MERCADANTE, E. **Concessão de patentes farmacêuticas no Brasil pós-Acordo TRIPS**. 2019 [Dissertação de Mestrado]. Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2019.

NELSON, R.; WINTER, S. In search of useful theory of innovation. **Research Policy**, v. 6, p. 37-76, 1977.

OLIVEIRA, K. F.; FREIRE, G. G. S.; MUNHOZ, I. P.; AKKARI, A. C. S. Pharmaceutical and Bio-pharmaceutical Patents: The Opportunity of Pharmerging Countries. In: REIS, J.; PINELAS, S.; MELÃO, N. (org.). **Industrial Engineering and Operations Management I: XXIV IJCIEOM**, Lisbon, Portugal, July 18–20. Cham: Springer International Publishing, Springer Proceedings in Mathematics & Statistics, v. 280, 2019. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-030-14969-7>. Acesso em: 10 ago. 2025.

PAGE, L.; BRIN, S.; MOTWANI, R.; WINOGRAD, T. **The PageRank citation ranking: Bringing order to the web**. Stanford InfoLab, 1999.

PARANHOS, J., MERCADANTE, E., HASENCLEVER, L. Os esforços inovativos das grandes empresas farmacêuticas no Brasil: o que mudou nas duas últimas décadas? **Revista Brasileira de Inovação**, v. 19, p. e0200015, 2020.

PAVITT, K. Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. **Research Policy**, v. 13, n. 6, 1984.

POSSAS, M. Em Direção a uma Paradigma Microdinâmico: a abordagem Neo-Schumpeteriana. In: AMADEO, E; TOLIPAN, R. (Org.). **Ensaio sobre Economia Política Moderna: Teoria e História do Pensamento Econômico**. 1 ed. São Paulo, SP: Marco Zero, v. 1, p. 157-177, 1989.

PRADO, A. R. M. A indústria farmacêutica brasileira a partir dos anos 1990: a Lei dos Genéricos e os impactos na dinâmica competitiva. **Leituras de Economia Política**, Campinas, v. 19, p. 111-145, 2011.

PROKSCH, D.; BUSCH-CASLER, J.; HABERSTROH, M. M.; PINKWART, A. 'National health innovation systems: Clustering the OECD countries by innovative output in healthcare using a multi-indicator approach', **Research Policy**, 48, pp. 169-179, 2019.

QUEIROZ, S. O mercado de medicamentos no Brasil e no Mundo. In: DE NEGRI, F.; ZUCOLOTO, G. F.; KOELLER, P.; MIRANDA, P.; CHIARINI, T. (org.). **Tecnologias e preços no mercado de medicamentos**. Rio de Janeiro: Ipea, p. 15-52, 2024.

QUENTAL, C., ABREU, J. C. D., BOMTEMPO, J. V., & GADELHA, C. A. G. Medicamentos genéricos no Brasil: impactos das políticas públicas sobre a indústria nacional. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 13, p. 619-628, 2008.

ROCHA, R. C. B. Efeitos da entrada de genéricos no mercado sobre o preço dos medicamentos. In: DE NEGRI, F.; ZUCOLOTO, G. F.; KOELLER, P.; MIRANDA, P.; CHIARINI, T. (org.). **Tecnologias e preços no mercado de medicamentos**. Rio de Janeiro: Ipea, 2024.

RODRIGUES, P. H. A.; SILVA, R. D. F. C.; KISS, C. Mudanças recentes e continuidade da dependência tecnológica e econômica na indústria farmacêutica no Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 38, n. Suppl 2, p. e00104020, 2022.

SADAT, T.; RUSSELL, R.; STEWART, M. Shifting paths of pharmaceutical innovation: Implications for the global pharmaceutical industry. **International Journal of Knowledge, Innovation and Entrepreneurship**, v. 2, n. 1, p. 6-31, 2014.

SCHERER, F. M. Pharmaceutical Innovation. In: **Handbooks in economics: economics of innovation**. Elsevier, v. 1, p. 539–574, 2010.

SCHUMPETER, J. **Capitalismo, socialismo e democracia**. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1984.

TRAJTENBERG, M. A Penny for Your Quotes: Patent Citations and the Value of Innovations. **The RAND Journal of Economics**, v. 21, n. 1, p. 172-187, 1990.

VARGAS, M. A. O mercado de biofármacos no Brasil e no Mundo. In: DE NEGRI, F.; ZUCOLOTO, G. F.; KOELLER, P.; MIRANDA, P.; CHIARINI, T. (org.). **Tecnologias e preços no mercado de medicamentos**. Rio de Janeiro: Ipea, p. 53-108, 2024.

VARGAS, M.; GADELHA, C. A. G.; COSTA, L. S.; MALDONATO, J. Inovação na indústria química e biotecnológica em saúde: em busca de uma agenda virtuosa. **Revista de Saúde Pública**, v. 46, p. 37-40,

2012.

VASCONCELOS, D. M. M.; CALADO, G. S.; BERMUDEZ, J. A. Z.; COSTA, J. C. S.; OLIVEIRA, M. A.; CORTÉS, M. A.; VELOSO, N. F. *Panorama da produção local de medicamentos no Brasil: desafios e vulnerabilidades*. São Paulo, SP: Fundação Oswaldo Cruz: Organização Pan-Americana da Saúde, Organização Mundial da Saúde, 2023.

VERSPAGEN, B. Mapping technological trajectories as patent citations networks. A study on the history of fuel cell research. **Advances in Complex Systems**, v. 10, p. 93–115. 2007.

WONGLIMPIYARAT, J. Biotech revolution: the impact of biotechnology on the pharmaceutical industry. **International Journal of Technology, Policy and Management**, v. 8, n. 2, p. 182, 2008.