

ENEI2025 Fortaleza IX ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA INDUSTRIAL

"Financiamento e Desenvolvimento Brasileiro:
oportunidades e desafios"



20-23
MAIO DE 2025



LOCAL: sede do BNB, Avenida
Dr. Silas Munguba, 5.700 –
Centro de Treinamento,
Passaré, Fortaleza (CE)

Realização:  Banco do
Nordeste

ABEIN

Associação Brasileira de
Economia Industrial e Inovação

Hiato tecnológico na indústria de máquinas e equipamentos: uma análise comparativa dos resultados da PINTEC e CIS para países selecionados

Karina Palmieri de Almeida¹;
Marisa dos Reis Azevedo Botelho²;

Resumo: Este trabalho objetiva investigar a existência e o grau de hiato tecnológico do setor brasileiro de máquinas e equipamentos (M&E), considerado segmento-chave para o avanço do processo de industrialização no contexto das tecnologias da Indústria 4.0. Por meio de uma sistematização de indicadores de esforço e resultado inovativo, o trabalho faz uma análise do Brasil e de países europeus nos anos 2000, abrangendo aqueles de maior expressividade no setor de M&E: Alemanha, Itália, Reino Unido, França e Espanha. A hipótese norteadora é a de que as empresas brasileiras do setor de M&E possuem elevado hiato tecnológico, que foi ampliado nos anos 2000 frente às firmas do mesmo setor dos países europeus líderes no segmento. Os indicadores de esforço e resultado inovativo foram construídos a partir de dados da Pesquisa de Inovação (PINTEC/IBGE) e da *Community Innovation Survey* (CIS/EUROSTAT). A análise dos dados corrobora a hipótese ao mostrar que o setor de M&E brasileiro apresenta elevado e crescente hiato tecnológico, que se apresenta tanto no Índice Setorial de Inovação, como no indicador de Eficiência do Esforço Inovativo. O hiato do Índice Setorial de Inovação, que indica quais países tiveram melhor desempenho em termos de esforço e resultado das atividades inovativas, aponta que o Brasil está muito distante da fronteira tecnológica, representada pela Alemanha.

Palavras-chave: Hiato tecnológico; Indústria de máquinas e equipamentos; Países europeus; Brasil.

Código JEL: L6; O10; O30

Área Temática: 5.6 Inovação, competências e competitividade

Technological gap in the machinery and equipment industry: a comparative analysis of PINTEC and CIS results for selected countries

Abstract: This paper aims to investigate the existence and degree of technological gap in the Brazilian machinery and equipment (M&E) sector, considered a key segment for the advancement of the industrialization process in the context of Industry 4.0 technologies. Through a systematization of indicators of effort and innovative results, the paper analyzes Brazil and European countries in the

¹ Doutora em Economia pela Universidade Federal de Uberlândia. E-mail: kaapalmieri@gmail.com.

² Doutora em Economia pela Universidade de Campinas e Professora Titular do Instituto de Economia e Relações Internacionais da Universidade Federal de Uberlândia. E-mail: botelho@ufu.br

2000s, covering those with the greatest expressiveness in the M&E sector: Germany, Italy, the United Kingdom, France and Spain. The guiding hypothesis is that Brazilian companies in the M&E sector have a large technological gap, which widened in the 2000s compared to companies in the same sector in the leading European countries in the segment. The indicators of effort and innovative results were constructed based on data from the Innovation Survey (PINTEC/IBGE) and the Community Innovation Survey (CIS/EUROSTAT). The analysis of the data corroborates the hypothesis by showing that the Brazilian M&E sector has a high and growing technological gap, which is present in both the Sectoral Innovation Index and the Efficiency of Innovative Effort indicator. The gap in the Sectoral Innovation Index, which indicates which countries performed better in terms of effort and results of innovative activities, indicates that Brazil is very far from the technological frontier, represented by Germany.

Keywords: Technological gap; Machinery and equipment industry; European countries; Brazil.

Introdução

O avanço e a difusão de novos paradigmas tecnológicos de informação e comunicação têm possibilitado um grande salto na dinâmica dos sistemas produtivos, transformando a natureza da manufatura e, de maneira geral, da industrialização. A difusão de novas tecnologias atreladas ao processo manufatureiro tem elevado o conteúdo tecnológico dos setores da indústria, no qual se verifica uma crescente e constante mudança na dinâmica dos processos produtivos e no padrão de concorrência setorial da indústria em escala global.

A ascensão da denominada Indústria 4.0 gera novos desafios para os países emergentes, entre eles o de dar um salto em sua trajetória de crescimento, usando as novas tecnologias como uma forma de alcançar mais rapidamente os líderes tecnológicos mundiais e competir de forma mais equilibrada. Ao mesmo tempo, resta saber se os efeitos do avanço dos novos paradigmas tecnológicos vão além do grupo mais avançado de firmas manufatureiras e fomentam uma atualização tecnológica mais ampla da indústria.

Nos países em desenvolvimento, muitos atores de baixa capacidade e baixo desempenho coexistem com outros mais avançados. Nesse ambiente de assimetrias de grau tecnológico cria-se uma lacuna da capacidade digital e a criação de ilhas de tecnologias avançadas, onde algumas das principais empresas líderes envolvidas com tecnologias de produção digital avançadas operam em um ambiente em que prepondera o uso de tecnologias desatualizadas. Assim, a lacuna da capacidade digital que poderia criar uma oportunidade de atualização tecnológica é transformada em um gargalo da industrialização digital (UNIDO, 2019).

Neste contexto, a discussão sobre hiato tecnológico (*technology gap*) é indissociável daquela sobre as diferenças no nível de desenvolvimento dos países e, consequentemente, de suas trajetórias de crescimento. Vários estudos têm se debruçado sobre essa temática, sobretudo a partir do enfoque neoschumpeteriano. Segundo essa abordagem, as diferenças no ritmo de incorporação do progresso técnico entre países desenvolvidos e em desenvolvimento está na raiz da heterogeneidade estrutural das economias, e a com brasileira não é diferente (Cimoli, 2005; CEPAL, 2007; Gusso; Nogueira; Vasconcelos, 2011).

Nesse sentido, a inovação e a difusão do progresso técnico tornaram-se estrategicamente relevantes na maioria dos países em desenvolvimento e, sobretudo, fundamentais para orientação de políticas de inovação que visem aumentar o ritmo de incorporação do progresso técnico e reduzir o hiato tecnológico frente aos países desenvolvidos. Essa abordagem não apenas ajuda a identificar as razões por trás das disparidades tecnológicas, mas também fornece ferramentas sobre como políticas e estratégias podem ser formuladas ou ajustadas para reduzir esses *gaps* tecnológicos. Nesse cenário, é importante entender onde o Brasil se situa no contexto internacional em termos de inovação tecnológica e investigar a existência de hiato tecnológico.

À luz destas referências, este trabalho objetiva investigar a existência e o grau de hiato tecnológico do setor brasileiro de máquinas e equipamentos (M&E), considerado segmento-chave para o avanço do processo de industrialização no contexto das tecnologias da Indústria 4.0. Por meio de uma

sistematização de indicadores de esforço e resultado inovativo, o trabalho faz uma análise do Brasil e de países europeus nos anos 2000, abrangendo aqueles de maior expressividade no setor de M&E: Alemanha, Itália, Reino Unido, França e Espanha. Dentro desse recorte temporal, os critérios utilizados para a seleção dos países desta pesquisa foram: I) maiores economias da União Europeia, a partir do *ranking* do Banco Mundial; II) maiores produtores europeus de M&E, a partir do *ranking* da UNIDO.

Nesse sentido, a principal questão que pretende ser respondida nesta pesquisa versa analisar qual hiato tecnológico se apresenta entre as firmas do setor de M&E brasileiro e de países europeus selecionados como líderes no setor? Assim, a hipótese que norteia este artigo afirma que as empresas brasileiras do setor de M&E possuem elevado hiato tecnológico que, por sua vez, foi ampliado nos anos 2000, frente às firmas do mesmo setor dos países europeus líderes no segmento.

Visando alcançar aos objetivos delineados nesta pesquisa, este artigo encontra-se estruturado em cinco seções, incluindo a presente introdução e as considerações finais. A segunda seção esboça os aspectos teóricos sobre disparidades produtivas e hiato tecnológico, além de abordar sobre a difusão da inovação por meio do processo de importação de tecnologia incorporada em bens de capital. A terceira seção se debruça sobre a metodologia utilizada neste estudo. Em seguida, a quarta sessão busca realizar o exercício a fim de investigar a existência de hiato tecnológico entre as empresas do setor brasileiro de M&E, *vis-à-vis* aos países europeus líderes no segmento.

2. Referencial Teórico

2.1 Disparidades produtivas e hiato tecnológico

O avanço e a difusão de novos paradigmas tecnológicos de informação e comunicação têm transformado a natureza dos sistemas produtivos e travado um processo de acirramento concorrencial, de modo que a inovação tem constituído uma das principais estratégias de diferencial competitivo na indústria, se tornando cada vez mais complexa, multidisciplinar e disruptiva. Por outro lado, frente às assimetrias de capacidade tecnológica ainda são muitos os países que lutam para acompanhar a evolução tecnológica, buscando ao menos aumentar o ritmo de incorporação do progresso técnico e reduzir o hiato tecnológico frente aos países desenvolvidos.

Diante da permanência e mesmo ampliação das assimetrias entre os níveis de desenvolvimento tecnológico e produtivo entre os países, foi elaborado na literatura o conceito de hiato tecnológico (*technology gap*). Esta abordagem tem sido utilizada para entender os fatores que explicam as disparidades de desenvolvimento e as distintas taxas de crescimento entre os países, e como isso se relaciona com as diferenças entre as capacidades tecnológicas. O hiato tecnológico pode ser causado por uma série de fatores, incluindo diferenças na capacidade de inovação, investimentos em P&D, acesso a recursos, educação, infraestrutura, políticas governamentais e até mesmo aspectos culturais.

Os modelos de hiato tecnológico formalizam as contribuições seminais de Schumpeter e Freeman, além dos trabalhos de Gerschenkron (1962), Rosenberg (1970) e Abramovitz (1986) para explicar os diferenciais nas taxas de crescimento (Fagerberg, 1987; 1988; 1994; Verspagen, 1993). Segundo Fagerberg, (1994, a teoria do *gap* tecnológico do crescimento econômico surgiu principalmente devido ao fracasso das teorias formais de crescimento em reconhecer o papel da inovação e da difusão da tecnologia no crescimento econômico global. Nestes modelos, diferentes estruturas econômicas e sociais têm diferentes capacidades para adquirir conhecimentos técnicos, para dominar novos processos de produção e para absorver inovações tecnológicas do exterior. Os países em desenvolvimento podem avançar ou não, dependendo das suas capacidades para colmatar o fosso tecnológico em relação aos países desenvolvidos.

Fagerberg (1987; 1988; 1994) foi um dos pioneiros a explorar o *gap* tecnológico como um fator determinante nas diferenças das taxas de crescimento econômico, com países na fronteira tecnológica crescendo mais rapidamente devido à sua capacidade de inovar. Para tanto, o autor utilizou variáveis de vinte e cinco países em um modelo *cross-section* com análise intertemporal entre o período de 1960 – 1983. Os resultados do estudo demonstram por meio de um modelo de *gap* tecnológico que existe uma estreita correlação entre o nível de desenvolvimento econômico, medido como PIB per capita, e o nível de desenvolvimento tecnológico, medido por meio de estatísticas de P&D ou de patentes. Além disso, o

autor destaca a capacidade de aprendizado e a absorção de tecnologia como fundamentais para que os países seguidores possam diminuir o *gap* tecnológico.

Dosi, Pavitt e Soete (1990) exploram o conceito de *gap* tecnológico como um fator crucial que explica as diferenças de crescimento econômico e padrões de comércio entre países. Os autores examinam como as nações com capacidades tecnológicas mais avançadas possuem vantagens competitivas e tendem a dominar o comércio internacional, enquanto países com menor capacidade tecnológica lutam para competir. O estudo destaca que essas disparidades tecnológicas não são apenas um reflexo da capacidade de inovação, mas também estão profundamente enraizadas em estruturas institucionais e padrões de acumulação de capital que diferem entre os países. Além disso, tais disparidades são reforçadas por instituições nacionais e políticas de inovação, de modo que a diminuição desse *gap* requer estratégias focadas em melhorias na capacidade de inovação e adaptação tecnológica.

Mais tarde, Fagerberg e Verspagen (2002) também discutem como a globalização afeta a dinâmica de crescimento. Por meio de uma abordagem quantitativa, os autores utilizam indicadores de desenvolvimento tecnológico como despesas em P&D e patentes, além de outros dados econômicos de *surveys* de países europeus e asiáticos no período 1970-1990. Os resultados evidenciam o aumento da importância da inovação para o crescimento econômico ao mesmo tempo que a imitação e a difusão se tornaram mais exigentes. Por outro lado, ressalta-se que o setor da indústria transformadora, que costumava ser muito importante para o crescimento, perdeu muito do seu dinamismo. Além disso, os autores enfatizam que a tecnologia não se trata de um bem público global disponível para todos, haja vista que países em desenvolvimento enfrentam desafios adicionais para alcançar os líderes tecnológicos devido às barreiras estruturais e à competição intensificada. Acerca disso, as inovações radicais podem ser as que melhor explicam a redução do hiato tecnológico e abrem novas possibilidades de mudanças de longo prazo na taxa de tendência do crescimento econômico.

Vários outros trabalhos têm procurado discutir a relação entre capacidade tecnológica e crescimento econômico. Castellacci (2002), Oreiro, Lemos e Silva (2007), Botta (2009), Cimoli e Porcile (2014), Nassif, Feijó e Araújo (2013), Cimoli, Pereima e Porcile (2019), Dosi (2023), entre outros, são exemplos de trabalhos que abordam como a lacuna tecnológica determina o crescimento das exportações e a restrição do balanço de pagamentos. Estes estudos mostram que as características da estrutura de importações e exportações tendem não só a aumentar o *gap* tecnológico do país em relação à fronteira tecnológica internacional, mas também a colocar o país numa trajetória de desenvolvimento econômico insustentável, na medida em que enfrentará grandes restrições externas ao crescimento no longo prazo.

Além disso, alguns estudos destacam o papel crucial das políticas industriais e de inovação no processo de *catching-up* (Amsden, 1989; Chang, 2001; 2006), com destaque para o sucesso do crescimento asiático, e o fracasso das políticas industriais como um dos principais determinantes para o processo de *falling behind*, tendo como exemplo a América Latina (Kahn; Blankenburg, 2009; Peres *et al.*, 2009; Bértola; Ocampo, 2012; Schneider, 2015). A esse respeito, o Brasil, desde o final da década de 1990, tem sistematicamente perdido posições nas exportações mundiais, sobretudo, nos produtos de maior intensidade tecnológica, e comparativamente com os países desenvolvidos ou mesmo outras economias emergentes, está em um processo de desindustrialização e *falling behind* (Arend; Fonseca, 2012; Nassif; Feijó; Araújo, 2013; Araújo; Diegues, 2019).

A relação entre a trajetória de *catching-up* e o hiato tecnológico continua sendo um importante objeto de pesquisa, haja vista que países com lacunas tecnológicas podem continuar a perder terreno em relação aos líderes tecnológicos, ampliando ainda mais a distância. Isso pode resultar em uma dependência prolongada de tecnologias importadas difícil de ser rompida, limitações na capacidade de inovação e impactos negativos no crescimento econômico e na competitividade internacional. Simultaneamente, os países mais distantes da “fronteira tecnológica” tendem a se beneficiar em termos do crescimento das suas exportações por intermédio de uma desvalorização da taxa real de câmbio. Para esses países, observa-se uma clara relação positiva entre a elasticidade-renda das exportações e o nível da taxa real de câmbio, como observado em estudos como o de Oreiro, Lemos e Silva (2007).

Na mesma direção, Botta (2009) apresenta um modelo macroeconômico estruturalista que analisa a relação entre industrialização, crescimento econômico e *catching-up*, considerando as disparidades de desenvolvimento entre países do Norte e do Sul. O modelo proposto assume que a

industrialização é essencial, mas não suficiente por si só para o processo de *catching-up*. Deste modo, o autor chama atenção para o fato de que o desenvolvimento da indústria de transformação é necessário para alimentar a convergência Norte-Sul, somado ainda à boa gestão do processo de industrialização e das instituições domésticas, sendo esta última condição *sine qua non*.

Igualmente importantes para discutir a temática de hiato tecnológico e *catching-up* são os estudos que se dedicaram a entender esse processo sob a perspectiva das economias da América Latina, sobretudo, os trabalhos da escola cepalina. Nesse sentido, alguns trabalhos se debruçaram em analisar comparativamente as trajetórias de crescimento das economias latino-americanas em relação às economias europeias e asiáticas, muitos deles, por sua vez, utilizam o Brasil como objeto de estudo comparativo.

Cimoli e Porcile (2014) abordam a dinâmica de crescimento de economias em desenvolvimento sob a ótica do estruturalismo latino-americano, focando nos desafios impostos pelo sistema centro-periferia. O modelo apresentado no artigo integra *insights* da escola estruturalista, como a persistência de assimetrias tecnológicas e heterogeneidade estrutural, com a macroeconomia pós-keynesiana, baseada na restrição do balanço de pagamentos, e a microeconomia evolucionária, que se preocupa com a dinâmica do aprendizado. Este estudo proporciona uma ferramenta analítica para investigar como choques e políticas afetam os parâmetros de oferta e demanda, e como eles podem influenciar o processo de mudança estrutural e *catching-up* tecnológico a longo prazo.

Em análise mais recente, Cimoli, Pereima e Porcile (2019) discutem um modelo Norte-Sul de *gap* tecnológico, combinando abordagens schumpeterianas de mudança técnica e estrutural com perspectivas keynesianas sobre demanda efetiva e restrições de balanço de pagamentos. O estudo explora dados do final dos anos 1970 para os países Brasil, Argentina e Coreia do Sul e analisa como diferentes políticas podem influenciar trajetórias de crescimento e o hiato tecnológico, refletindo sobre a convergência observada na Ásia e a divergência na América Latina, destacando o papel crucial da política industrial.

A literatura estabelece claramente que a política industrial foi mais persistente e eficaz na Ásia do que na América Latina. Na Argentina e no Brasil, as políticas de incentivo à diversificação das exportações e ao desenvolvimento de trajetórias tecnológicas e capacidades inovadoras foram interrompidas. Em contraste, a Coreia do Sul manteve essas políticas, contribuindo para sua convergência com países de renda mais alta em termos de capacidades e níveis de renda. Durante as décadas de 1990 e 2000, o crescimento da renda e das capacidades inovadoras na América do Sul ficou relativamente estagnado. Os modelos de *gap* tecnológico sugerem que a taxa de aprendizagem na economia atrasada aumentará se a política industrial melhorar a capacidade de absorção do país. Quando isto acontece, e a aprendizagem reduz o fosso tecnológico, a economia diversifica-se e torna-se mais capaz de superar a restrição externa ao crescimento (Cimoli; Pereima; Porcile, 2019).

O trabalho de Nassif, Feijó e Araújo (2013), utiliza um quadro teórico e empírico baseado na abordagem de Kaldor-Thirlwall para analisar as principais forças que direcionam o comportamento da produtividade e o desenvolvimento econômico no Brasil a longo prazo. O estudo revela que o Brasil, desde os anos 1990 até 2010, entrou em um processo de desindustrialização precoce e enfrentou um aumento na elasticidade-renda da demanda por importações, o que sugere uma trajetória de *falling behind* em relação à economia mundial e às fronteiras tecnológicas internacionais. Além disso, há uma discussão sobre como a falta de políticas industriais adequadas pode levar a taxas de crescimento mais baixas no futuro, apontando a necessidade de medidas que revertam essa tendência para evitar restrições externas significativas ao crescimento a longo prazo.

Melo *et al.* (2017) realizam uma análise comparativa entre Brasil e países europeus selecionados e exploram as diferenças em comportamento inovativo com o intuito de verificar a existência de *gap* tecnológico entre o Brasil e países europeus considerados na fronteira tecnológica. Utilizando indicadores de inovação baseados na PINTEC e na CIS, o estudo emprega análises de correspondência para investigar a existência do *gap* tecnológico, observando as relações entre país e indicadores de inovação, e setor e indicador. Os autores concluem que existe um *gap* tecnológico significativo entre o Brasil e os países europeus localizados na fronteira tecnológica, com base na análise de indicadores de inovação. O estudo indica que a competitividade do Brasil está comprometida por essa defasagem, sugerindo a necessidade de políticas eficazes para impulsionar a capacidade inovativa do país e reduzir

esse gap tecnológico. Deste modo, os autores pontuam que somente o desenvolvimento de competências produtivas e tecnológicas na atividade industrial permite elevar a capacidade de um país para competir no mercado internacional.

Do mesmo modo, o trabalho de Caria Junior (2015) explora a existência de um hiato tecnológico entre o Brasil e países europeus em setores da indústria de transformação por meio de uma análise comparativa entre os dados de inovação da PINTEC e da CIS. O estudo avalia a relação entre os indicadores de inovação e o hiato tecnológico, oferecendo uma visão detalhada sobre as diferenças de capacidade inovativa entre o Brasil e os países situados na fronteira tecnológica, e discute implicações para políticas de desenvolvimento e inovação. Os resultados da pesquisa apontam que o Brasil possui elevado hiato tecnológico em relação aos países mais desenvolvidos da Europa. Ademais, as atividades inovativas brasileiras parecem estar mais estreitamente relacionadas à absorção de tecnologia externa, haja vista que o país apresenta um baixo nível de produção de inovações.

O trabalho de Carvalho *et al.* (2021) busca identificar as estratégias tecnológicas adotadas na indústria de transformação brasileira a partir da construção de indicadores de inovação e de imitação de produto e de processo, bem como de um indicador para inovações organizacionais e de marketing. Para tanto, os indicadores foram aplicados a 19 setores da indústria brasileira de transformação utilizando-se dos dados da PINTEC em comparação aos dados de um conjunto de países europeus selecionados a partir da CIS. Para efeitos de análise, os setores industriais foram agrupados segundo o critério de intensidade tecnológica proposto pela OCDE e os resultados confrontados com os padrões setoriais de inovação. Os resultados apontaram que as estratégias predominantes na indústria brasileira são tipicamente passivas, em claro contraste com as ativas prevalentes nos países avançados.

No mesmo sentido, mais recentemente, o trabalho de Silva e Botelho (2023) também investiga a existência de hiato tecnológico entre o Brasil e países europeus selecionados por meio dados de inovação da PINTEC e da CIS, no entanto, com enfoque em pequenas empresas. Os resultados evidenciam que as pequenas empresas brasileiras não apenas têm elevado hiato tecnológico no índice de inovação, como também o tem no indicador de eficiência do esforço inovativo. Logo, os esforços realizados pelas pequenas empresas brasileiras não têm conseguido alcançar os resultados de outros países desenvolvidos, colocando o Brasil na posição mais distante da fronteira.

2.2 O Hiato tecnológico no setor de M&E e a dependência tecnológica

Uma análise recente conduzida para o Relatório de Desenvolvimento Industrial da UNIDO (2019) indica que a criação de tecnologias avançadas de produção digital permanece extremamente concentrada em algumas economias. Combinando dados de patentes e comerciais, a análise identifica grupos de economias com diferentes níveis de envolvimento com essas tecnologias. A principal descoberta é que as 10 economias pioneiras no avanço dessas tecnologias explicam 91% de todos os pedidos de patentes globais neste campo tecnológico e quase 70% das exportações de bens de capital associadas à essas tecnologias.

O trabalho afirma que várias partes do mundo, sobretudo, no continente africano, ainda não entraram na nova era digital. Todavia, mesmo entre as economias com algum grau de atividade tecnológica, os níveis são bastante diversos. Embora muitas economias estejam se envolvendo gradativamente em novas atividades tecnológicas, ainda não está claro se conseguirão, de fato, implementá-las. Dentre esses países, grande parte entra em contato com as novas tecnologias por meio da importação de tecnologia incorporada em M&E (que está relacionado ao fluxo de mercadorias entre as firmas, pois toda a cadeia produtiva à jusante receberá parte da inovação do produto utilizado anteriormente como insumo), portanto, são poucas ou nenhuma atividade de inovação e exportação doméstica advinda dessas economias.

A literatura dedicada à análise do setor de bens de capital evidencia que são poucos os países que dominam as tecnologias de vanguarda demandadas por esse setor e se encontram na fronteira tecnológica, de modo que a sua produção e exportação se concentram em um número reduzido de países, sendo eles, Alemanha, Estados Unidos, China e Japão. Diante disso, a grande maioria dos países, sobretudo os países em desenvolvimento, precisam recorrer às importações para acessar esses bens e suas tecnologias e, assim, expandir a sua estrutura produtiva (Herrerias; Orts, 2013).

O hiato tecnológico e a dependência de produtos de elevado conteúdo tecnológico dos países em desenvolvimento para com os países mais desenvolvidos se manifestam no setor de M&E por meio de várias formas, dentre as principais destacam-se:

- I. Obsolescência da estrutura produtiva: muitas firmas ainda utilizam M&E antigos que não incorporam as tecnologias mais recentes, resultando em menor eficiência e produtividade;
- II. Baixo investimento em P&D: os países em desenvolvimento investem relativamente pouco em P&D quando comparado a países desenvolvidos, limitando a criação de novos produtos;
- III. Dependência de importações: grande parte das M&E avançados são importados, o que aumenta os custos e cria uma dependência tecnológica;
- IV. Qualificação de mão de obra: escassez de trabalhadores qualificados para operar e manter tecnologias avançadas, dificultando a modernização do setor;
- V. Escassez de financiamento: o acesso a financiamento para investimentos em novas tecnologias e inovação é limitado, sobretudo para pequenas e médias empresas (PMEs).
- VI. Baixa integração academia-indústria: a colaboração entre universidades, centros de pesquisa e a indústria é baixa ou insuficiente, resultando em uma transferência de tecnologia limitada e pouco eficaz;
- VII. Políticas públicas insuficientes: as políticas governamentais não são suficientemente robustas para alavancar a inovação e o desenvolvimento tecnológico no setor, deixando as empresas sem o apoio necessário para competir globalmente;
- VIII. Falta de infraestrutura digital: a infraestrutura digital inadequada e obsoleta impede a implementação de tecnologias avançadas como as ferramentas da Indústria 4.0;
- IX. Baixa integração com Cadeias Globais de Valor: muitas vezes o setor de M&E dos países em desenvolvimento está desconectado das cadeias globais de fornecimento, o que limita o acesso a novas tecnologias e práticas de gestão eficientes.

No que tange à dependência de produtos com elevado conteúdo tecnológico, os bens de capital desempenham um papel fundamental no processo de importação de tecnologia. De modo geral, é por meio desse processo que as estruturas produtivas dos países menos desenvolvidos industrialmente incorporam novas tecnologias em M&E que possibilitam acompanhar o progresso técnico dos países centrais. Por meio do processo de transferência de tecnologia, ao adquirir M&E avançados, esses países têm a oportunidade de modernizar suas indústrias e assim, aproximar-se do progresso técnico observado em nações mais desenvolvidas. Esse processo é essencial para que possam competir mais efetivamente no cenário global e promover o desenvolvimento econômico sustentado e reduzir o *gap* tecnológico.

Sob essa perspectiva, é importante ressaltar que há uma vertente da literatura que considera o comércio internacional como um portador de tecnologia estrangeira incorporada em M&E. Refere-se aos trabalhos que investigam a difusão de tecnologias por meio do comércio internacional ou à abordagem dos modelos das Novas Teorias do Crescimento Endógeno – por meio da qual alguns estudos relacionam os efeitos de *spillovers* de conhecimento à inovação e crescimento, bem como outros, mais específicos, os quais sugerem que os efeitos de *spillovers* tecnológicos ocorrem, principalmente, via fluxos internacionais de mercadorias, por meio dos quais a tecnologia estrangeira se difunde mediante comércio internacional de M&E.

Em contrapartida, embora a importação de M&E possibilite a rápida difusão de inovações e altas tecnologias, essa estratégia pode levar a um longo caminho de dependência tecnológica (Erber, 2010). Sem a devida articulação o setor de M&E dos países menos desenvolvidos pode se tornar cada vez mais atrofiado e o hiato tecnológico em relação à fronteira cada vez maior, tornando-os sempre dependentes de fontes externas para avanços tecnológicos.

Tal dependência gera várias consequências incluindo vulnerabilidades econômicas, como a exposição às flutuações cambiais que podem afetar os custos de importação, restrições impostas ao Balanço de Pagamentos, limitar o desenvolvimento de capacidades tecnológicas internas e a possibilidade de criação de empregos de alta qualificação no setor, bem como perpetuar a posição desses países nas CGV, mantendo-os na posição de consumidores de tecnologia em vez de produtores e inovadores, com poucas chances de inversão desses papéis. Além disso, em alguns casos, a tecnologia importada não se ajusta bem ao estágio de desenvolvimento industrial dos países menos desenvolvidos e são mal adaptadas às necessidades e condições locais (FMI, 1974).

Para quebrar esse ciclo, é primordial que os países em desenvolvimento não apenas importem tecnologia, mas também implementem políticas focadas em desenvolvimento tecnológico, como o aumento do investimento em educação, incentivos em P&D local, bem como a criação de parcerias estratégicas internacionais que possam facilitar a transferência de tecnologia de maneira que beneficie suas economias a longo prazo. Isto não só favoreceria a adaptação das tecnologias importadas às necessidades e contextos locais, mas também estimularia a criação de novas tecnologias, levando em conta que a inovação e a tecnologia podem influenciar positivamente o crescimento econômico das nações, porém ressalta-se a necessidade de políticas eficazes para gerenciar essas transformações (UNCTAD, 2020).

Embora os aspectos inerentes ao crescimento econômico e ao *gap* tecnológico sejam bastante abordados pela literatura, a análise das diferenças das capacidades inovativas e o *gap* tecnológico entre as empresas do setor de M&E é bastante escassa. Os poucos trabalhos que estudaram especificamente este setor, não se debruçaram em investigar o hiato tecnológico do setor de M&E brasileiro em relação aos países europeus líderes no segmento, o que será realizado nas sessões a seguir.

3. Notas metodológicas

Este artigo tem como objetivo principal investigar a existência e o grau de hiato tecnológico do setor brasileiro de M&E, a partir dos anos 2000, *vis-à-vis* aos países europeus de maior expressividade no segmento. Para cumprir o objetivo proposto, realizar-se-á um estudo da evolução dos indicadores de inovação tecnológica, indicadores de esforço e resultado inovativo, a partir dos anos 2000, visando analisar a trajetória e dinâmica inovativa da indústria brasileira de M&E e compará-los com os indicadores do mesmo setor de países europeus líderes no segmento.

Mediante recurso de estatística descritiva pretende-se realizar uma comparação setorial, por meio dos dados obtidos pela sistematização de *surveys* sobre inovação no Brasil (Pesquisa de Inovação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – PINTEC/IBGE) e na União Europeia (*Community Innovation Survey* – CIS/EUROSTAT), a partir dos anos 2000. Para fins desta pesquisa, tanto na PINTEC quanto na CIS, a fabricação de M&E obedece a divisão 28 da Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE 28). Ambas as bases de dados têm como referência metodológica o Manual de Oslo³, oferecendo a possibilidade de compatibilização e comparação. Além disso, também serão sistematizados dados de indicadores conjunturais e setoriais do segmento em análise disponibilizados publicamente em relatórios e documentos oficiais para cada um dos países em análise.

Serão consideradas nesta análise as edições de 2003; 2005; 2008; 2011; 2014 e 2017 da PINTEC. Entretanto, os dados da CIS não estão disponíveis na mesma periodicidade, portanto a comparação será realizada entre as edições das pesquisas de ano mais próximo, sendo eles 2004; 2006; 2008; 2010; 2014 e 2018; conforme apresentado no quadro a seguir:

Quadro 1 – Compatibilização entre as edições das bases de dados PINTEC E CIS

PINTEC / IBGE		CIS / EUROSTAT	
Edição	Referente ao período	Edição	Referente ao período
2003	2001 – 2003	2004	2002 – 2004
2005	2003 – 2005	2006	2004 – 2006
2008	2006 – 2008	2008	2006 – 2008
2011	2009 – 2011	2010	2008 – 2010
2014	2012 – 2014	2014	2012 – 2014
2017	2015 – 2017	2018	2016 – 2018

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da Pesquisa de Inovação (PINTEC), Brasil (2020) e *Community Innovation Survey* (CIS), European Comission (2024).

Dentro desse recorte temporal, com o intuito de garantir uma análise representativa das principais economias europeias que dominam o setor de M&E, os critérios utilizados para a seleção dos países

³ Documento elaborado pela Organisation for Economic Co-Operation and Development (OECD) em conjunto com a Eurostat, com o intuito de orientar, padronizar e estabelecer conceitos e metodologias para a elaboração de estatísticas e indicadores de P,D&I que oferece diretrizes de maneira internacionalmente comparável (OCDE, 2005).

desta pesquisa foram: I) maiores economias da União Europeia, a partir do *ranking* do Banco Mundial; II) maiores produtores europeus de M&E, a partir do ranking da UNIDO. Portanto, os países selecionados para esta análise são: Alemanha, Itália, Reino Unido, França e Espanha.

Não obstante, apesar da relevância econômica do Reino Unido no conjunto dos países europeus, bem como a expressividade de sua indústria de M&E, não será possível analisar seus dados referentes à última edição da CIS (2018), haja vista que, em 2017, iniciou-se o Brexit (processo de saída do Reino Unido da União Europeia). Desde então, as bases de dados da União Europeia passaram a não disponibilizar dados do país, que será, portanto, desconsiderado na última edição da CIS nesta pesquisa.

O cálculo do hiato tecnológico do setor de M&E entre os países analisados será feito por uma metodologia baseada no conceito de “Distância Euclidiana” (DE), por meio da qual foram desenvolvidos o Índice de Inovação e o Índice de Eficiência do Esforço Inovativo. Assim, inspirado no trabalho de Silva e Botelho (2023), esta pesquisa utiliza a metodologia desenvolvida por Caria Junior (2015), onde o autor constrói indicadores capazes de apresentar o cálculo do hiato tecnológico para empresas em diferentes países e em um recorte setorial.

A distância euclidiana consiste na comparação de dois pontos relativos a observações de dois casos da amostra (i e j), dada pela raiz quadrada da somatória dos quadrados das diferenças entre os valores de i e j para todas as variáveis k (para $k = 1, 2, 3 \dots, n$). Em seu formato original, é bastante utilizada em análise de *clusters*, como expresso na equação (1) abaixo:

$$DE_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^n (X_{ik} - X_{jk})^2} \quad (1)$$

onde X_{ik} representa a característica do indivíduo i do critério k , enquanto X_{jk} a característica do indivíduo j do critério k ; n é o número de variáveis na amostra. A adaptação para o modelo do hiato tecnológico está posta abaixo e considera o recorte setorial. Logo, para realizar a análise setorial, a evolução dos dados em um determinado período depende uma base fixa para que não haja distorções nas bases de comparação conforme os períodos mudam (Caria Junior, 2015; Silva; Botelho, 2023). Fixou-se na DE a base zero, representando o pior desempenho possível em qualquer indicador, resultando num método de raiz da soma das diferenças quadráticas entre cada um dos indicadores, como apresentado na equação (2):

$$DE_{Setorial}_{base\ zero} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (0 - X_{ij})^2} \quad (2)$$

Onde $X_{ij} = X$ valor do indicador i para o país j .

Deste modo, a base zero coloca todos os países sob a mesma métrica, e permite compará-los, em termos relativos, com valores que variam entre zero e um. Além disso, elimina-se o problema de haver países com desempenho absoluto zero (Caria Junior, 2015). Assim, a DE total será dada em função da somatória de todos os indicadores de esforço e resultado inovativo. A distância de cada país da base é relativa ao melhor desempenho possível, representada pelo denominador de (3). Como o melhor desempenho possível é 1 em cada indicador, o resultado máximo seria a soma do número de indicadores, resultando em uma ponderação pela raiz do número de indicadores.

$$DE_{Total} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (0 - X_{ij})^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (0 - 1)^2}} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_{ij})^2}}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

Uma vez estabelecida a DETotal, serão construídos indicadores (Quadro 2) de esforço inovativo e dinamismo e/ou resultado inovativo para serem aplicados na análise das distâncias tecnológicas calculados pelo método da DE.

Quadro 2 – Indicadores de esforço e resultado inovativo⁴

Esforço inovativo	Resultado inovativo
$Ind\ 1 = \frac{\text{Empresas que realizam P\&D}}{\text{Total de empresas}}$	$Ind\ 6 = \frac{\text{Empresas inovadoras}}{\text{Total de empresas}}$
$Ind\ 2 = \frac{\text{Gastos em atividades inovativas}}{\text{Receita líquida de vendas}}$	
$Ind\ 3 = \frac{\text{Empresas que realizam P\&D contínuo}}{\text{Empresas inovadoras}}$	
$Ind\ 4 = \frac{\text{Gastos em P\&D}}{\text{Receita líquida de vendas}}$	
$Ind\ 5 = \frac{\text{Pessoas ocupadas em P\&D}}{\text{Pessoas ocupadas}}$	

Fonte: Elaborado a partir de Caria Junior, 2021.

A compreensão do esforço empreendido para inovar possibilita avaliar quais setores estão buscando de forma mais contundente a geração de inovações, bem como os tipos de gastos inovativos mais utilizados para esta finalidade. Deste modo, o Indicador de Esforço Inovativo (equação 4) contempla os seguintes elementos: participação de empresas que realizam P&D no total; gastos em atividades inovativas na receita líquida de vendas (RLV); empresas que realizam P&D contínuo sobre inovadoras; gastos em P&D sobre RLV; e pessoas ocupadas em P&D em relação ao total. Por outro lado, o Indicador de Resultado Inovativo (equação 5) capaz de apresentar o dinamismo do setor alcançado como produto ou efeito do esforço inovativo abrange: empresas inovadoras sobre total de empresas (Caria Junior, 2015).

$$DE\ Esforço = \frac{\sqrt{(0 - Ind1_j)^2 + (0 - Ind2_j)^2 + (0 - Ind3_j)^2 + (0 - Ind4_j)^2 + (0 - Ind5_j)^2}}{\sqrt{5}} \quad (4)$$

$$DE\ Resultado = \frac{\sqrt{(0 - Ind6_j)^2}}{\sqrt{1}} \quad (5)$$

Em seguida, calcula-se o Índice Setorial de Inovação por meio de média geométrica dos índices de esforço e resultado inovativo. A média geométrica permite que ambos tenham o mesmo peso, conforme apresentado na equação (6) a seguir:

$$IST = \sqrt{I_{Esforço} \cdot I_{Resultado}} \quad (6)$$

O Hiato setorial, que representa a disparidade tecnológica de um mesmo setor entre diferentes países, portanto, será a distância da fronteira de cada setor, com base na DETotal (equação 3) aplicada ao resultado do IST:

$$Hiato\ setorial = \left[\left(\frac{IST_{observado}}{IST_{maximo}} \right) - 1 \right] \cdot (-100) \quad (7)$$

A partir dos procedimentos utilizados para o cálculo do hiato tecnológico, será realizada uma medida complementar de Eficiência do Esforço Inovativo Setorial (EEI), avaliado pela razão entre a DE dos indicadores de dinamismo e a DE dos indicadores de esforço inovativo, conforme expresso abaixo:

⁴ A pesquisa utilizou como indicador de resultado apenas o Indicador 6 (Empresas inovadoras / Total de empresas). Não foram utilizados outros indicadores de resultado, como dados de empresas inovadoras em produto e empresas inovadoras em processo, devido ao fato de haver pequenas divergências metodológicas entre as bases de dados PINTEC e CIS, bem como mudanças metodológicas ocorridas entre as edições da CIS, que influenciaram os resultados desses dados em específico.

$$EEI_{ij} = \frac{DE\ Resulto}{DE\ Esforço} \quad (8)$$

Segundo Caria Junior (2015), essa razão indicará o quão descolado do esforço inovativo está o desempenho de um país, i.e., a eficiência do esforço inovativo refere-se à capacidade de uma organização ou sistema de utilizar seus recursos de maneira eficaz para gerar inovação e converter seus investimentos em resultados inovativos. Uma vez apresentada a metodologia de pesquisa deste trabalho, a próxima seção apresentará os resultados da indústria de M&E do Brasil frente aos países europeus líderes no segmento.

4.4 Análise dos resultados

A Tabela 1 apresenta a evolução dos indicadores de esforço e resultado inovativo do setor de M&E de todas as edições da PINTEC a partir dos anos 2000 confrontadas com as edições correspondentes da CIS para países selecionados, como apresentado no Quadro 6. Conforme apresentado no Quadro 7, os indicadores compreendem a participação de empresas que realizam P&D no total; gastos em atividades inovativas na receita líquida de vendas (RLV); empresas que realizam P&D contínuo sobre inovadoras; gastos em P&D sobre RLV; pessoas ocupadas em P&D em relação ao total; e empresas inovadoras sobre total de empresas.

A princípio, observa-se que entre os países selecionados nesta pesquisa, em todos os indicadores de esforço inovativo, Alemanha e França se alternam na posição de “fronteira tecnológica” ao longo de todo o período em análise⁵. De acordo com os dados apresentados na Tabela 1, verifica-se que o indicador que mostra a participação de pessoas ocupadas em P&D (IND5) se destaca no período para todos os países europeus selecionados. Em relação a este indicador, Alemanha se encontra na fronteira tecnológica em todas as edições, seguida por França e Itália, que apresentam pequeno hiato em relação à liderança.

Em seguida, se destacam os indicadores que mostram a participação de empresas que realizam P&D (IND1) e que realizam P&D contínuo (IND3). O Indicador 1 apresenta comportamento similar ao indicador 5, no entanto, no Indicador 3 a França se encontra na fronteira tecnológica em todas as edições, com exceção da primeira, seguida por Alemanha e Itália. Por outro lado, os indicadores que mostram a participação das vendas destinadas a atividades inovativas (IND2) e em gastos em P&D (IND4) apresentam baixa relevância. Vale ressaltar que dentre os países selecionados, a Espanha se encontra sempre na quarta posição e apresenta o maior *gap* em relação à fronteira tecnológica.

Para efeitos de comparação, o Brasil apresenta um comportamento diferente dos demais países analisados. Os indicadores de esforço inovativo do Brasil demonstram um grande *gap* em relação aos demais países em todas as edições da PINTEC, apresentando resultados muito baixos, além disso, em todo o período o indicador de maior destaque para o país refere-se à parcela do total que realizam P&D contínuo (IND3).

A Tabela 1 também apresenta a evolução da taxa de inovação das empresas do setor de M&E, demonstrada por meio do indicador de resultado inovativo (IND6). Alemanha é o país com maior taxa de inovação em todas as edições da CIS em análise, portanto, situada na fronteira. Em seguida, encontram-se França e Itália, no entanto, todos os demais países apresentam elevada distância no indicador de resultado em relação à Alemanha, especialmente, a Espanha e o Brasil, último colocado. Este resultado fica mais claro quando se verifica que entre 80% e 94% do total das empresas alemãs do setor de M&E foram classificadas como inovadoras ao longo do período. Por outro lado, as empresas brasileiras do setor consideradas inovadoras representaram valores entre 40% e 50% do total.

⁵ Devido à falta de informações disponíveis não foi possível avaliar os dados do Reino Unido nesta pesquisa. Além disso, de acordo com a equipe técnica da Eurostat, a falta de alguns dados da CIS para os demais países europeus analisados decorre do fato de que algumas coletas de dados eram opcionais, em especial, as questões relativas às despesas.

Tabela 1 – Indicadores de Esforço e Resultado Inovativo do setor de M&E em países selecionados – CIS 2004, 2006, 2008, 2010, 2014, 2018 e PINTEC 2003, 2005, 2008, 2011, 2014, 2017

Indicadores de esforço e resultado inovativo PINTEC (2003) e CIS (2004)												
País	IND1	D IND1	IND2	D IND2	IND3	D IND3	IND4	D IND4	IND5	D IND5	IND6	D IND6
Alemanha	0,640	Fronteira	0,050	Fronteira	0,513	Fronteira	0,031	Fronteira	0,945	Fronteira	0,809	Fronteira
Itália	0,421	34,2	0,027	46	0,506	1,4	0,013	58,1	0,664	29,7	0,520	35,7
Reino Unido	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,472	41,7
França	0,393	38,6	0,019	62	0,467	9,0	0,016	48,4	0,773	18,2	0,464	42,6
Espanha	0,286	55,3	0,016	68	0,422	17,7	0,011	64,5	0,639	32,4	0,470	41,9
Brasil	0,128	80	0,033	34,8	0,169	67,1	0,008	75,8	0,014	98,5	0,435	46,2
Indicadores de esforço e resultado inovativo PINTEC (2005) e CIS (2006)												
País	IND1	D IND1	IND2	D IND2	IND3	D IND3	IND4	D IND4	IND5	D IND5	IND6	D IND6
Alemanha	0,632	33,1	0,054	Fronteira	0,480	34,5	-	-	0,908	Fronteira	0,832	Fronteira
Itália	-	-	-	-	-	-	-	-	0,721	20,6	0,525	36,9
Reino Unido	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,459	44,8
França	0,944	Fronteira	0,021	61,1	0,733	Fronteira	0,021	Fronteira	0,829	8,7	0,708	14,9
Espanha	0,173	81,7	0,017	68,5	0,377	48,6	0,010	52,4	0,662	27,1	0,456	45,2
Brasil	0,133	85,9	0,042	23,1	0,171	76,7	0,006	72,1	0,014	98,5	0,394	52,6
Indicadores de esforço e resultado inovativo PINTEC e CIS (2008)												
País	IND1	D IND1	IND2	D IND2	IND3	D IND3	IND4	D IND4	IND5	D IND5	IND6	D IND6
Alemanha	0,628	Fronteira	0,040	Fronteira	0,378	14,1	0,025	Fronteira	0,977	Fronteira	0,947	Fronteira
Itália	0,339	46	0,017	57,5	0,398	9,5	0,009	64	0,779	20,3	0,637	32,7
Reino Unido	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,574	39,4
França	0,471	25	0,023	42,5	0,440	Fronteira	0,017	32	0,855	12,5	0,665	29,8
Espanha	0,267	57,5	0,012	70	0,335	23,9	0,009	64	0,709	27,4	0,539	43,1
Brasil	0,092	85,4	0,030	24,8	0,126	71,4	0,006	78	0,008	99,2	0,510	46,1
Indicadores de esforço e resultado inovativo PINTEC (2011) e CIS (2010)												
País	IND1	D IND1	IND2	D IND2	IND3	D IND3	IND4	D IND4	IND5	D IND5	IND6	D IND6
Alemanha	0,609	Fronteira	0,047	Fronteira	0,463	5,3	-	-	0,973	Fronteira	0,884	Fronteira
Itália	0,471	22,7	0,027	42,6	0,426	12,9	0,017	5,6	0,849	12,7	0,728	17,6
Reino Unido	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,572	35,3
França	0,542	11	0,024	48,9	0,489	Fronteira	0,018	Fronteira	0,873	10,3	0,737	16,6
Espanha	0,242	60,3	0,015	68,1	0,306	37,4	0,011	38,9	0,758	22,1	0,545	38,3
Brasil	0,197	67,7	0,021	55,3	0,290	40,8	0,008	55,6	0,019	98	0,413	53,3
Indicadores de esforço e resultado inovativo PINTEC e CIS (2014)												
País	IND1	D IND1	IND2	D IND2	IND3	D IND3	IND4	D IND4	IND5	D IND5	IND6	D IND6
Alemanha	0,539	13,5	0,056	Fronteira	0,441	16	0,034	Fronteira	0,958	Fronteira	0,879	Fronteira
Itália	0,269	56,8	0,021	62,5	0,371	29,3	0,013	61,8	0,783	18,3	0,579	34,1
Reino Unido	-	-	0,022	60,7	-	-	0,010	70,6	0,838	12,5	0,677	23
França	0,623	Fronteira	0,038	32,1	0,525	Fronteira	0,024	29,4	0,869	9,3	0,756	14
Espanha	0,242	61,2	0,018	67,9	0,347	33,9	0,011	67,6	0,721	24,7	0,523	40,5
Brasil	0,119	80,9	0,022	61,3	0,179	65,9	0,008	76,5	0,015	98,4	0,403	54,2
Indicadores de esforço e resultado inovativo PINTEC (2017) e CIS (2018)												
País	IND1	D IND1	IND2	D IND2	IND3	D IND3	IND4	D IND4	IND5	D IND5	IND6	D IND6
Alemanha	0,636	Fronteira	-	-	0,544	5,9	-	-	0,951	Fronteira	0,845	Fronteira
Itália	0,480	24,5	0,027	25	0,311	46,2	-	-	0,885	6,9	0,769	9
Reino Unido	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
França	0,635	0,2	0,036	Fronteira	0,578	Fronteira	-	-	0,899	5,5	0,757	10,4
Espanha	0,273	57,1	0,026	27,8	0,450	22,1	-	-	0,668	29,8	0,455	46,2
Brasil	0,101	84,1	0,017	53,9	0,221	61,8	0,007	-	0,017	98,2	0,392	53,6

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da *Community Innovation Survey (CIS)*, European Comission (2024) e Brasil (2020).

A Tabela 2 apresenta o cálculo da Distância Euclidiana dos indicadores de esforço e resultado inovativo. Por meio dele, é possível sintetizar os resultados de todos os indicadores anteriormente apresentados em dois únicos indicadores de esforço e resultados inovativos das empresas do setor de M&E visando comparar os resultados entre os países. Verifica-se que do mesmo modo, ao longo do período Alemanha e França se alternam na posição de fronteira para o indicador de esforço inovativo, seguidos por Itália, Espanha e Brasil. Uma vez calculada a Distância Euclidiana, é possível mensurar o hiato tecnológico de cada um dos países em estudo em relação à fronteira.

Em todo o período, as empresas do setor de M&E alemãs e francesas quando não estão localizadas na fronteira tecnológica, apresentaram hiato significativamente inferior aos demais países. A Itália manteve o hiato “médio”, enquanto Espanha e Brasil apresentaram hiato “alto” e piora no quadro com aumento da distância, haja vista que o hiato da DE do esforço inovativo do setor brasileiro aumentou de 61,6 pontos em 2003, para 83,3, em 2017. Todavia, embora estejam na mesma classificação, o hiato do Brasil em relação à fronteira é muito maior que o da Espanha, em alguns casos mais que o dobro da distância. Apesar do aumento dos esforços para a implementação de atividades de P&D contínuo nas empresas brasileiras do setor de M&E, como apresentado na Tabela 1 por meio do IND3, os dados

evidenciam que esse indicador de forma isolada não é capaz de reduzir o nível do hiato tecnológico em relação ao país que se situa na fronteira.

Tabela 2 – Distância Euclidiana para esforço e o resultado inovativo em países selecionados – CIS 2004, 2006, 2008, 2010, 2014, 2018 e PINTEC 2003, 2005, 2008, 2011, 2014, 2017

Distância Euclidiana para esforço e resultado inovativo PINTEC (2003) e CIS (2004)						
País	DE Esforço Inovativo	Hiato Esforço	Hiato	DE Resultado Inovativo	Hiato Resultado	Hiato
Alemanha	0,560	Fronteira		0,809	Fronteira	
Itália	0,418	25,4	Médio	0,520	35,7	Alto
França	0,441	21,3	Médio	0,464	42,6	Alto
Espanha	0,366	34,6	Alto	0,470	41,9	Alto
Brasil	0,215	61,6	Alto	0,435	46,2	Alto
Distância Euclidiana para esforço e resultado inovativo PINTEC (2005) e CIS (2006)						
País	DE Esforço Inovativo	Hiato Esforço	Hiato	DE Resultado Inovativo	Hiato Resultado	Hiato
Alemanha	0,604	7,2	Baixo	0,832	Fronteira	
Itália	0,721	-	-	0,525	36,9	Alto
França	0,651	Fronteira		0,708	14,9	Médio
Espanha	0,349	46,4	Alto	0,456	45,2	Alto
Brasil	0,099	84,8	Alto	0,394	52,6	Alto
Distância Euclidiana para esforço e resultado inovativo PINTEC e CIS (2008)						
País	DE Esforço Inovativo	Hiato Esforço	Hiato	DE Resultado Inovativo	Hiato Resultado	Hiato
Alemanha	0,547	Fronteira		0,947	Fronteira	
Itália	0,420	23,2	Médio	0,637	32,7	Alto
França	0,479	12,4	Baixo	0,665	29,8	Alto
Espanha	0,371	32,2	Alto	0,539	43,1	Alto
Brasil	0,071	87	Alto	0,510	46,1	Alto
Distância Euclidiana para esforço e resultado inovativo PINTEC (2011) e CIS (2010)						
País	DE Esforço Inovativo	Hiato Esforço	Hiato	DE Resultado Inovativo	Hiato Resultado	Hiato
Alemanha	0,619	Fronteira		0,884	Fronteira	
Itália	0,474	23,4	Médio	0,728	17,6	Médio
França	0,509	17,8	Médio	0,737	16,6	Médio
Espanha	0,381	38,4	Alto	0,545	38,3	Alto
Brasil	0,157	74,6	Alto	0,413	53,3	Alto
Distância Euclidiana para esforço e resultado inovativo PINTEC e CIS (2014)						
País	DE Esforço Inovativo	Hiato Esforço	Hiato	DE Resultado Inovativo	Hiato Resultado	Hiato
Alemanha	0,530	0,6	Baixo	0,879	Fronteira	
Itália	0,406	23,8	Médio	0,579	34,1	Alto
França	0,533	Fronteira		0,756	14	Médio
Espanha	0,374	29,8	Médio	0,523	40,5	Alto
Brasil	0,097	81,8	Alto	0,403	54,2	Alto
Distância Euclidiana para esforço e resultado inovativo PINTEC (2017) e CIS (2018)						
País	DE Esforço Inovativo	Hiato Esforço	Hiato	DE Resultado Inovativo	Hiato Resultado	Hiato
Alemanha	0,731	Fronteira		0,845	Fronteira	
Itália	0,525	28,2	Médio	0,769	9	Baixo
França	0,622	14,9	Baixo	0,757	10,4	Baixo
Espanha	0,425	41,9	Alto	0,455	46,2	Alto
Brasil	0,122	83,3	Alto	0,392	53,6	Alto

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da *Community Innovation Survey (CIS)*, European Comission (2024) e Brasil (2020).

A partir de então, indaga-se sobre a efetividade do esforço inovativo em converter-se em resultados inovativos, i.e., apresentar maior número de empresas inovadoras e aumento na taxa de inovação. O cálculo da Distância Euclidiana para o resultado inovativo do setor de M&E destaca a Alemanha na fronteira tecnológica em todas as edições analisadas, até mesmo nos anos em que a França apresentou maior esforço inovativo, como 2006 e 2014, indicando maior capacidade de converter os esforços e atingir resultados inovativos. Vale ressaltar que ao longo dos anos, somente França e Itália conseguiram reduzir significativamente o hiato de “alto” para “baixo”, por outro lado, Espanha e Brasil que já possuíam hiato “alto” em relação à fronteira, se distanciaram ainda mais. Neste caso, o hiato da DE de resultado inovativo do Brasil aumentou de 46,2 pontos, em 2003, para 53,6, em 2017.

A esse respeito, a literatura sobre *gaps* tecnológicos enfatiza que as disparidades tecnológicas são persistentes e, muitas vezes, se ampliam devido a vários fatores estruturais que podem ser potencializados em países menos desenvolvidos (Cimoli; Pereima; Porcile, 2019). Os estudos sugerem

que países mais desenvolvidos tendem a inovar continuamente, mantendo e até expandindo sua liderança tecnológica. Enquanto isso, países em desenvolvimento enfrentam desafios significativos para alcançar esse nível devido a limitações em capacidade de P&D, restrições financeiras, infraestrutura, educação, falta de pessoal qualificado e políticas de apoio à inovação. A dinâmica de *catch-up* é possível, mas requer intervenções políticas substanciais e estratégias de desenvolvimento focadas na absorção e na criação de tecnologia.

A Tabela 3 apresenta o cálculo do Índice Setorial de Inovação e o hiato inovativo setorial das empresas do setor de M&E para os países selecionados. Conforme descrito anteriormente pela Equação 6, este índice é calculado por meio de média geométrica dos índices de Distância Euclidiana de esforço e resultado inovativo, que permite que ambos tenham o mesmo peso e mostre qual dos países apresenta melhor desempenho em termos de esforço e resultado das atividades inovativas.

O hiato do Índice Setorial de Inovação da indústria brasileira de M&E passou de 54,6 pontos em 2003, menor hiato registrado, para 72,2 em 2017, maior hiato já registrado (Tabela 3). Acredita-se que o período de melhor desempenho do indicador pode ser identificado como uma resposta ao cenário favorável vivido pela economia brasileira a partir de 2003, uma vez que esta entrou em uma nova fase de crescimento, com mudanças na estrutura e na dinâmica econômica. Entre 2003 e 2010, o Brasil experimentou o maior ciclo de crescimento desde os anos 1980, haja vista que o PIB cresceu, em média, 4,1% ao ano, mesmo tendo atravessado a pior fase da crise internacional de 2008.

Neste período, a economia brasileira foi fortemente influenciada pelo cenário externo devido à situação de liquidez dos mercados financeiros, ao aumento dos preços internacionais das *commodities*, ao ritmo de crescimento do comércio mundial e à abundância de fluxos de capitais, especialmente para as economias emergentes. Entretanto, não é razoável presumir que apenas o cenário externo favorável por si só determinava a dinâmica econômica e/ou setorial, uma vez que foram criadas condições para que o Estado desempenhasse um papel decisivo na mudança da economia brasileira, sobretudo, possibilitando o aumento dos investimentos como motor do crescimento econômico.

Após esse período, o comércio global passou a crescer em um ritmo bastante inferior ao registrado no período que antecedeu à crise, a entrada de fluxos de capitais perdeu fôlego, a partir de 2011, e a nova fase de alta dos preços das *commodities* se reverteu em uma retração do comércio internacional, a partir de 2012. A austeridade fiscal tornou a situação dos investimentos vulnerável e, por conseguinte, o acesso ao crédito mais custoso no pós-crise, sobretudo, para a inovação, uma vez que, como afirmam Lee et al. (2018), empresas inovadoras têm mais dificuldade em acessar financiamento do que outras empresas, e isso piorou significativamente na crise, criando um cenário ainda mais desafiador para a competitividade internacional do setor.

O aumento do hiato tecnológico no setor de M&E brasileiro em relação aos países europeus de maior expressividade no segmento sugere que o Brasil está enfrentando dificuldades em acompanhar os avanços tecnológicos globais nesta área específica. Isso representa uma preocupação em relação à perda de competitividade internacional. Este cenário pode impactar negativamente o crescimento econômico, haja vista que o setor de M&E possui efeitos de *spillovers* ao longo da cadeia produtiva, a criação de empregos de maior qualificação no setor, dificuldades em atender às demandas de mercados mais avançados, e desafios na atração de investimentos estrangeiros diretos, essenciais para a modernização da infraestrutura nacional e para o desenvolvimento tecnológico e de novas capacidades.

A partir de então, faz-se necessário calcular a medida complementar de Eficiência do Esforço Inovativo Setorial. Como apresentado na Equação 8, este indicador é avaliado pela razão entre a Distância Euclidiana dos indicadores de esforço inovativo e dinamismo, que, por sua vez, indica o quão descolado do esforço inovativo está o desempenho de um país. Logo, a eficiência do esforço inovativo refere-se à capacidade de utilização dos recursos de maneira eficaz para gerar inovação e convertê-los em resultados inovativos.

Tabela 3 – Índice Setorial de Inovação e Hiato Inovativo em países selecionados – CIS 2004, 2006, 2008, 2010, 2014, 2018 e PINTEC 2003, 2005, 2008, 2011, 2014, 2017

Índice Setorial de Inovação PINTEC (2003) e CIS (2004)			
País	ISI	Hiato Setorial	Hiato
Alemanha	0,673	Fronteira	
Itália	0,466	30,7	Alto
França	0,452	32,8	Alto
Espanha	0,415	38,4	Alto
Brasil	0,306	54,6	Alto
Índice Setorial de Inovação PINTEC (2005) e CIS (2006)			
País	ISI	Hiato Setorial	Hiato
Alemanha	0,709	Fronteira	
Itália	0,615	13,2	Médio
França	0,679	4,2	Baixo
Espanha	0,399	43,7	Alto
Brasil	0,197	72,1	Alto
Índice Setorial de Inovação PINTEC e CIS (2008)			
País	ISI	Hiato Setorial	Hiato
Alemanha	0,720	Fronteira	
Itália	0,517	28,1	Médio
França	0,564	21,6	Médio
Espanha	0,447	37,9	Alto
Brasil	0,190	73,6	Alto
Índice Setorial de Inovação PINTEC (2011) e CIS (2010)			
País	ISI	Hiato Setorial	Hiato
Alemanha	0,740	Fronteira	
Itália	0,587	20,6	Médio
França	0,612	17,2	Médio
Espanha	0,456	38,4	Alto
Brasil	0,255	65,6	Alto
Índice Setorial de Inovação PINTEC e CIS (2014)			
País	ISI	Hiato Setorial	Hiato
Alemanha	0,683	Fronteira	
Itália	0,485	29	Alto
França	0,635	7	Baixo
Espanha	0,442	35,2	Alto
Brasil	0,198	71	Alto
Índice Setorial de Inovação PINTEC (2017) e CIS (2018)			
País	ISI	Hiato Setorial	Hiato
Alemanha	0,786	Fronteira	
Itália	0,635	19,2	Médio
França	0,686	12,7	Médio
Espanha	0,440	44	Alto
Brasil	0,219	72,2	Alto

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da *Community Innovation Survey (CIS)*, European Comission (2024) e Brasil (2020).

Como esperado, a Alemanha apresenta maior índice setorial de inovação em todas as edições em análise. É interessante observar que os países de maior renda possuem maior Índice de Inovação, i.e., a classificação dos países em termos de índice de inovação segue quase a mesma ordem de seus níveis de renda, indicando uma correlação direta entre maior riqueza e maior capacidade de inovação. Embora a França tenha apresentado hiato “médio” do índice de inovação, de acordo com os dados da última edição da CIS, foi o único país que conseguiu em alguns momentos reduzir o hiato tecnológico, classificado como “baixo” nos anos de 2006 e 2014. A Itália conseguiu reduzir o hiato “alto” para a classificação

“média” e o manteve assim quase todo o período, exceto em 2014. Por outro lado, Espanha e Brasil aumentaram ainda mais o hiato tecnológico já considerado “alto”. A Espanha aumentou o hiato em 15%, já o Brasil aumentou o hiato em cerca de 32% ao longo do período, sendo o único país com hiato superior a 50 pontos em relação à fronteira em todos as edições analisadas.

Deste modo, a Tabela 4 apresenta a eficiência do esforço inovativo das empresas do setor de M&E e o hiato do esforço em relação ao país fronteira. Diferente dos demais indicadores, este apresenta um comportamento diverso. Na edição PINTEC (2003) e CIS (2004), a França foi o país de fronteira, onde as empresas do setor de M&E tiveram melhor desempenho nos resultados alcançados em relação aos esforços inovativos empreendidos, i.e., país onde houve maior produtividade dos esforços em atividades inovativas. Naquele ano, Itália e Espanha apresentaram hiato “médio” e Alemanha e Brasil apresentaram hiato “alto”.

Tabela 4 – Eficiência do Esforço Inovativo e seu Hiato entre países selecionados

Eficiência do Esforço Inovativo e Hiato Inovativo PINTEC (2003) e CIS (2004)			
País	EEI	Hiato Setorial	Hiato
Alemanha	1,445	37,3	Alto
Itália	1,244	18,2	Médio
França	1,052	Fronteira	
Espanha	1,284	22	Médio
Brasil	2,023	92,3	Alto
Índice de Inovação PINTEC (2005) e CIS (2006)			
País	EEI	Hiato Setorial	Hiato
Alemanha	1,377	89,2	Alto
Itália	0,728	Fronteira	
França	1,088	49,4	Alto
Espanha	1,307	79,4	Alto
Brasil	3,980	446,6	Alto
Índice de Inovação PINTEC e CIS (2008)			
País	EEI	Hiato Setorial	Hiato
Alemanha	1,731	24,7	Médio
Itália	1,517	9,2	Baixo
França	1,388	Fronteira	
Espanha	1,453	4,6	Baixo
Brasil	7,183	417,4	Alto
Índice de Inovação PINTEC (2011) e CIS (2010)			
País	EEI	Hiato Setorial	Hiato
Alemanha	1,428	Fronteira	
Itália	1,536	7,5	Baixo
França	1,448	1,4	Baixo
Espanha	1,430	0,2	Baixo
Brasil	2,631	84,2	Alto
Índice de Inovação PINTEC e CIS (2014)			
País	EEI	Hiato Setorial	Hiato
Alemanha	1,658	18,6	Médio
Itália	1,426	2	Baixo
França	1,418	1,4	Baixo
Espanha	1,398	Fronteira	
Brasil	4,155	197,1	Alto
Índice de Inovação PINTEC (2017) e CIS (2018)			
País	EEI	Hiato Setorial	Hiato
Alemanha	1,156	8	Baixo
Itália	1,465	36,8	Alto
França	1,217	13,7	Médio
Espanha	1,071	Fronteira	
Brasil	3,213	200	Alto

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da *Community Innovation Survey (CIS)*, European Comission (2024) e Brasil (2020).

Nas edições PINTEC (2005) e CIS (2006), a Itália foi o país de fronteira, todos os demais países apresentaram hiato da eficiência do esforço considerado “alto”. No entanto, chama-se atenção para o grande hiato do setor brasileiro em relação à fronteira, que aumentou em 384%, saltando de 92,3 pontos, em 2003, para 446,6, em 2006, 357,4 pontos a mais que a Alemanha, segundo país mais distante da fronteira, com *gap* de 89,2 pontos. Na edição de 2008, a França novamente se apresentou como país fronteira. Alemanha reduziu o hiato “alto” para “médio” e Itália e Espanha para “baixo”. O Brasil, embora tenha reduzido ligeiramente o hiato, continuou com distância muito elevada, registrando 417,4 pontos.

Nas edições PINTEC (2011) e CIS (2010), a Alemanha foi o país localizado na fronteira da eficiência do esforço inovativo. Naquele ano, é possível observar drástica redução no hiato dos demais países. Espanha, França e Itália registraram baixíssimo hiato, já o Brasil, apesar de ter reduzido consideravelmente o *gap*, apresentou distância de 84,2 pontos, ainda classificado como “alto”. Acredita-se que a diminuição do hiato tecnológico entre os países em análise naquele período pode ser atribuída a vários fatores. Todavia, em um cenário pós crise internacional de 2008, sugere-se que os impactos da crise econômica global possam ter levado países desenvolvidos a reduzir drasticamente seus investimentos em P&D e atividades inovativas de forma temporária, de modo que os países em desenvolvimento foram capazes de reduzir o *gap* tecnológico. Este fato pode ser considerado, haja vista que países em desenvolvimento muitas vezes se beneficiam da colaboração internacional e da transferência de tecnologia de países desenvolvidos. Portanto, essa transferência de conhecimento pode impulsionar a inovação e os resultados inovativos em países em desenvolvimento.

Na edição de 2014, a Espanha foi o país de fronteira e, portanto, país com melhor produtividade dos esforços inovativos empreendidos. França e Itália mantiveram o hiato “baixo”, Alemanha apresentou hiato “médio” e o Brasil registrou novamente grande aumento no hiato, saltando de 84,2 pontos, em 2011, para 197,1, em 2014. Acredita-se que este resultado é decorrente da crise econômica enfrentada pelo Brasil que afetou severamente o setor de M&E. Cabe destacar que a retração do crédito imposta pelo cenário geral de restrições macroeconômicas, gerou maior dificuldade de acesso ao financiamento, em especial, às empresas inovadoras, além de influenciarem sobre as decisões de inovar. Além disso, nesse período houve queda na receita líquida de vendas da indústria de M&E no mercado interno, que representa também um reflexo da crise internacional de 2008, uma vez que houve queda da demanda interna por conta da retração dos investimentos.

Por fim, PINTEC (2017) e CIS (2018) a Espanha se manteve enquanto país de fronteira da eficiência do esforço inovativo. A Alemanha conseguiu reduzir a distância e registrou hiato “baixo”, enquanto França e Itália aumentou a distância. A primeira para a classificação de hiato “médio” e a segunda para “alto”. O Brasil, por sua vez, aumentou ligeiramente a distância e continuou com elevadíssimo hiato, registrando 200 pontos em relação à fronteira. Vale ressaltar que a indústria de M&E brasileira apresentou queda consecutiva por cinco anos na receita líquida de vendas, entre os anos de 2012 e 2017, somente a partir de 2018 começou a apresentar sinais de recuperação da recessão, fato este que reflete no aumento do *gap* tecnológico em relação aos países europeus líderes no segmento.

4.5 Considerações finais

Esta pesquisa buscou contribuir para a literatura de inovação na indústria de máquinas e equipamentos, por meio da investigação da existência de hiato tecnológico entre o setor de M&E brasileiro *vis-à-vis* aos países europeus líderes no segmento, a partir dos anos 2000. Entender e mensurar o hiato tecnológico existente entre países desenvolvidos e em desenvolvimento é fundamental, pois determina em grande parte a capacidade de um país de inovar, produzir eficientemente e competir globalmente. Desse modo, mensurar essa distância com precisão pode auxiliar na elaboração de políticas públicas de apoio à inovação, bem como promover desenvolvimento econômico e tecnológico de forma mais eficiente.

A análise dos dados corrobora a hipótese de que o setor de M&E brasileiro apresenta elevado hiato tecnológico, que por sua vez, foi ampliado nos anos 2000, em relação aos países europeus líderes do segmento. Este hiato se apresenta tanto no Índice Setorial de Inovação, como no indicador de Eficiência do Esforço Inovativo, ao longo de todo o período analisado, especialmente em relação às economias

mais avançadas como Alemanha, seguida pela França. Os indicadores de esforço inovativo e resultado do setor de M&E brasileiro demonstraram um grande *gap* em relação aos demais países em todas as edições da PINTEC, apresentando resultados muito baixos, até mesmo o indicador de P&D contínuo, que apresentou melhor desempenho, porém de forma isolada não é capaz de reduzir o nível do hiato tecnológico em relação ao país que se situa na fronteira.

O hiato do Índice Setorial de Inovação, que indica quais países tiveram melhor desempenho em termos de esforço e resultado das atividades inovativas, aponta que o Brasil está muito distante da fronteira tecnológica, representada pela Alemanha, que figura entre os três líderes mundiais do setor de M&E. Além disso, o setor brasileiro apresentou desempenho bastante inferior e grande hiato tecnológico inclusive em relação à Espanha, que também possui elevado hiato tecnológico em relação à fronteira. Somado a isso, os resultados mostram um cenário ainda mais preocupante, pois, ao longo do período em estudo, o Brasil caminhou na direção contrária e, ao invés de conseguir colmatar o fosso tecnológico em relação aos países desenvolvidos, aumentou significativamente o *gap* tecnológico, distanciando-se ainda mais da fronteira tecnológica ao apresentar o maior hiato do Índice de Inovação já registrado na última edição da PINTEC.

Já nos resultados do hiato de Eficiência do Esforço Inovativo, ao longo dos anos, observa-se mudanças quanto ao país localizado na fronteira tecnológica. De qualquer modo, o setor brasileiro apresentou hiato tecnológico ainda maior. Esse resultado evidencia que os esforços inovativos realizados pelas empresas brasileiras do setor de M&E não têm conseguido alcançar os resultados inovativos similares aos dos países europeus mais avançados no segmento e nem mesmo têm conseguido reduzir o hiato, agravando a situação e distanciando ainda mais o país da fronteira tecnológica.

Os resultados encontrados nesta pesquisa vão ao encontro da literatura de referência e apresenta resultados semelhantes aos de outros trabalhos na mesma direção que identificaram grande hiato tecnológico do Brasil em relação a países desenvolvidos e uma trajetória de *falling behind*⁶. Nesse contexto, destaca-se que países com tecnologia avançada, apoiados por políticas de investimento em P&D e infraestrutura qualificada, conseguem não apenas manter uma vantagem competitiva, mas também liderar em inovação e desenvolvimento de novos produtos em setores-chave, como o de M&E. Isso os coloca em uma posição de liderança no mercado global, permitindo-lhes expandir sua participação de mercado e alcançar maior crescimento econômico.

Por outro lado, países com um hiato tecnológico significativo em relação à fronteira tecnológica e, como já descrito por Malerba (2004), que não possuem sistemas setoriais de inovação maduros e consolidados possuem maior dificuldade de se inserirem nos mercados internacionais, lutam para se manterem competitivos e, em alguns casos, sobreviver no mercado global. Esses países também enfrentam desafios como a obsolescência rápida de tecnologias e métodos de produção, obstáculos para incorporar tecnologias externas, bem como atrair investimentos, além das dificuldades intrínsecas em adotar novas tecnologias.

A capacidade de reduzir esse *gap* tecnológico é primordial para garantir que o setor de M&E desses países não apenas sobreviva, mas prosperem em uma economia globalizada e consigam desempenhar seu papel de difusor de inovações na economia. Vale ressaltar que a dependência de tecnologia incorporada em M&E importadas, enquanto solução temporária, pode não ser suficiente a longo prazo, pois, os países que possuem elevado hiato tecnológico em relação à fronteira precisam de políticas industriais e de inovação eficazes que promovam o desenvolvimento tecnológico interno e a criação de um sistema que possa sustentar o crescimento econômico e a competitividade.

Em suma, é importante ressaltar as limitações da presente pesquisa para que tais gargalos possam ser superados em trabalhos futuros. Embora seja importante calcular o hiato tecnológico do setor de M&E brasileiro em relação aos líderes europeus desse segmento, acredita-se que uma análise mais completa englobaria os líderes mundiais do setor. Portanto, seria necessário acrescentar à análise uma comparação que contemple os três gigantes mundiais do setor, além da Alemanha pertencente ao estudo, agregar-se-ia EUA e China. Entretanto, esse tipo de análise foi dificultada devido à falta de dados compatíveis disponíveis para comparação, logo, foi possível realizar a comparação apenas entre a PINTEC e a CIS, que são compatíveis do ponto de vista metodológico.

⁶ Ver Arend e Fonseca (2012); Nassif; Feijó e Araújo (2013); Caria Junior (2017); Silva e Botelho (2023).

Outra limitação a ser considerada é que, embora PINTEC e CIS sejam passíveis de comparação, não são capazes de capturar o impacto de determinadas especificidades intangíveis e inerentes ao setor de cada país que influenciam os resultados inovativos, como o conjunto de mudanças do aparato político-institucional e o direcionamento do apoio do governo ao estímulo à inovação. Por fim, a última limitação importante, também apontada por Silva e Botelho (2023) em sua análise comparativa, consiste no fato de que tais bases de dados não conseguem identificar a heterogeneidade, seja ela entre países, firmas ou setores. Esse tipo de limitação já havia sido discutido também em trabalhos como Dosi, Lechevalier e Secchi (2010), Fagerberg, Fosaas e Sapprasert (2012) e Imbriani *et al.* (2014). Ademais, além da heterogeneidade dos agentes, a própria estrutura do setor de M&E é bastante heterogênea, pois, a capacidade tecnológica se distribui de forma desigual no setor.

Apesar das limitações apresentadas, diante dos dados disponíveis para comparação o trabalho conseguiu atender aos objetivos propostos. Por fim, ressalta-se a importância de, em posse dos dados das futuras edições das pesquisas de inovação, continuar investigando a trajetória do hiato tecnológico deste setor de tamanha importância para o dinamismo da economia. Além do mais, tal estudo se faz necessário para a orientação e formulação de políticas de inovação e estratégias que visem aumentar o ritmo de incorporação do progresso técnico e reduzir o hiato tecnológico frente aos países desenvolvidos.

Referências bibliográficas

- ABRAMOVITZ, Moses. **Catching Up, Forging Ahead, and Falling Behind**. Journal of Economic History, 46(2), 385-406. 1986. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0022050700046209>
- AMSDEN, Alice. **Asia's Next Giant: South Korea and Late Industrialization**. Oxford University Press, New York, 1989.
- ARAÚJO, Caroline Giusti; DIEGUES, Antônio Carlos. Uma análise dos processos de catching-up chinês e falling behind brasileiro na perspectiva da integração às cadeias globais de valor. **Braz. J. of Develop.**, Curitiba, v. 5, n. 1, pp. 814-847, 2019. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv5n1-1001>
- AREND, Marcelo; FONSECA, Pedro Cezar Dutra Fonseca. Brasil (1955-2005): 25 anos de *catching up*, 25 anos de *falling behind*. **Revista de Economia Política**, vol. 32, nº 1, (126), pp. 33-54, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31572012000100003>
- BÉRTOLA, Luis; OCAMPO, José Antônio. **The Economic Development of Latin America Since Independence**. Oxford University Press, Initiative for Policy Dialogue, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199662135.001.0001>
- BRASIL. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa de Inovação – PINTEC**. (Edições 2003, 2005, 2008, 2011, 2014 e 2017), 2020. Disponível em: <https://www.google.com/search?client=safari&rls=en&q=ibge+pintec&ie=UTF-8&oe=UTF-8>. Acesso em: 24 jan. 2023.
- BOTTA, Alberto. A structuralist north-south model on structural change, economic growth and catching up. **Struct. Chang. Econ. Dyn.** 20, 61–73, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2008.12.001>
- CARIA JUNIOR, Sidnei de. **Hiato tecnológico e catching-up: uma abordagem a partir da inovação**. 2015. 220 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências e Letras (Campus de Araraquara), 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/132557>. Acesso em: 28 fev. 2022.
- CARVALHO, Enéas Gonçalves de; MELO, Tatiana Massaroli; GOMES, Rogério; GUEDES, Sebastião Neto Ribeiro. Estratégias tecnológicas na indústria de transformação do Brasil: um estudo a partir das atividades inovativas. **Revista Brasileira de Inovação**, Campinas, SP, v. 20, n. 00, p. e021007, 2021. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/rbi/article/view/8659257>. Acesso em: 16 jul. 2024. DOI: 10.20396/rbi.v20i00.8659257.
- CASTELLACCI, Fulvio. **Technology-gap and cumulative growth: models, results and performances**. DRUID Winter Conference, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1080/02692170210136154>
- CHANG, Ha-Joon. **Infant industry promotion in historical perspective – A rope to hang oneself or a ladder to climb with?** Document Prepared for the Conference Development Theory at the Threshold of the Twenty-First Century, 2001.

CHANG, Ha-Joon. “**Understanding the Relationship Between Institutions and Economic Development Some Key Theoretical Issues**”, Discussion Paper No. 2006/05. UNU- Wider July, 2006.

CIMOLI, Mario. Heterogeneidad estructural, asimetrías tecnológicas y crecimiento en América Latina [Structural heterogeneity, technological asymmetries and growth in Latin America. MPRA Paper 3832, University Library of Munich, Germany, 2005.

CIMOLI, Mario, PORCILE, Gabriel. Technology, structural change and BOP constrained growth: a structuralist toolbox. **Cambridge J. Econ.** 38 (1), 215–237, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1093/cje/bet020>

CIMOLI, Mario; PEREIRA, João Basilio; PORCILE, Gabriel. A technology gap interpretation of growth paths in Asia and Latin America. **Research Policy**, Amsterdã, v. 48, n. 1, pp. 125-136, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.08.002>

DOSI, Giovanni, PAVITT, Keith, SOETE, Luc. **The Economics of Technical Change and International Trade**. Wheatsheaf, Brighton, 1990.

DOSI, Giovanni; LECHEVALIER, Sebastien; SECCHI, Angelo. Introduction: interfirm heterogeneity – nature, sources and consequences for industrial dynamics. **Industrial and Corporate Change**, Oxford, v. 19, pp. 1667-1690, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1093/icc/dtq062>

DOSI, Giovanni. **The Foundations of Complex Envolving Economies: Part one: Innovation, Organization and Industrial Dynamics**. Oxford University Press, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1093/oso/9780192865922.001.0001>

ERBER, Fábio Stefano. **Inovação tecnológica na indústria brasileira no passado recente: uma resenha da literatura econômica**. Brasília, DF: CEPAL-Ipea, 2010 (Textos para Discussão CEPAL-IPEA,17). Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/3152/1/TD%201524.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2019.

EUROPEAN COMMISSION. EUROSTAT. **Community Innovation Survey**. (Edições 2004, 2006, 2008, 2010, 2014 e 2018), 2024. Disponível em: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/microdata/community-innovation-survey>. Acesso em: 20 fev. 2024.

FAGERBERG, Jan. A technology gap approach to why growth rates differ. **Research Policy**, Amsterdã, v. 16, n. 2-4, pp. 87-99, 1987. DOI: [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(87\)90025-4](https://doi.org/10.1016/0048-7333(87)90025-4)

FAGERBERG, Jan. International competitiveness. **Econ. J. R. Econ. Soc.** 98 (June (391)), 355–374, 1988. DOI: <https://doi.org/10.2307/2233372>

FAGERBERG, Jan. Technology and international differences in growth rates. **Journal of Economic Literature**, Nashville, v. 32, n. 3, pp. 1147-1175, 1994.

FAGERBERG, Jan; VERSPAGEN, Bart. Technology-gaps, innovation-diffusion and transformation: an evolutionary interpretation. **Research Policy**, Amsterdã, v. 31, n. 8-9, pp. 1291-1304, 2002. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(02\)00064-1](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(02)00064-1)

FAGERBERG, Jan; FOSAAS, Morten; SAPPASERT, Koson. Innovation: exploring the knowledge base. **Research Policy**, Amsterdã, v. 41, n. 7, pp. 1132-1153, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2012.03.008>

GERSCHENKRON, Alexander. **Economic Backwardness in Historical Perspective**. Belknap Press, Cambridge, USA, 1962.

GUSSO, Divonzir Arthur; NOGUEIRA, Mauro Oddo; VASCONCELOS, Lucas Ferraz. Heterogeneidade Estrutural: uma retomada conceitual. **Boletim Radar – Tecnologia, Produção e Comércio Exterior**, n. 14, Brasília: Ipea, 2011. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/radar/110727_radar14_cap1.pdf. Acesso em: 06 mar. 2022.

HERRERIAS, Maria Jesus; ORTS, Vicente. Capital goods imports and long-run growth: Is the Chinese experience relevant to developing countries? **Journal of Policy Modeling**, v. 35, n. 5, pp. 781-797, 2013. Disponível em: <https://ideas.repec.org/a/eee/jpolmo/v35y2013i5p781-797.html> Acesso em: 20 fev. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2013.02.006>

IMBRIANI, Cesare; PITTIGLIO, Rosanna; REGANATI, Filippo; SICA, Edgardo. How much do technological gap, firm size, and regional characteristics matter for the absorptive capacity of Italian enterprises? *International Advances in Economic Research*, Berlin, v. 20, n. 1, pp. 57-72, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11294-013-9439-7>

KAHN, Mushtaq H.; BLANKENBURG, Stephanie. The political economy of industrial policy in Asia and Latin America. In: CIMOLI, Mario; DOSI, Giovanni; STIGLITZ, Joseph E. (Eds.), **The Political Economy of Capabilities Accumulation: the Past and Future of Policies for Industrial Development**. Oxford University Press, 2009.

LEE, Keun; MALERBA, Franco. Economic Catch-up by Latecomers as an Evolutionary Process. In: NELSON, Richard R.; DOSI, Giovanni; HELFAT, Constance; PYKA, Andreas; SAVIOTTI, Pier Polo; LEE, Keun; DOPFER, Kurt; MALERBA, Franco; WINTER, Sidney. **Modern Evolutionary Economics: an overview**. Cambridge, United Kingdom; New York, NY: Cambridge, University Press, 2018.

MALERBA, Franco. Sectoral systems: how and why innovation differs across sectors. In: FAGERBERG, Jan; MOWERY, David C.; NELSON, Richard R. (eds). **The Oxford Handbook of Innovation**. Oxford University Press, pp. 380-406, 2004.

DOI: <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199286805.003.0014>.

MELO, Tatiana Massaroli; CORREA, André Luiz; CARVALHO, Enéas Gonçalves; POSSAS, Mario Luiz. Competitividade e gap tecnológico: uma análise comparativa entre Brasil e países europeus selecionados. **Revista Brasileira de Inovação**, Campinas, SP, v. 16 n. 1, pp. 129-156, 2017.

Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/rbi/article/view/8649142>. Acesso em: 30 jul. 2024. DOI: <https://doi.org/10.20396/rbi.v16i1.8649142>

NASSIF, André; FEIJÓ, Carmem; ARAÚJO, Eliane. **Structural Change and Economic Development: is Brazil catching up or falling behind?** United Nations Conference on Trade and Development. *Discussion papers*, No 211, 2013.

OCDE – ORGANIZAÇÃO PARA COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. **Manual de Oslo: diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação**. 3a ed. Trad.: FINEP. Rio de Janeiro, 2005.

OREIRO, José Luis da Costa; LEMOS, Breno Pascualote; SILVA, Guilherme Jonas Costa. A relação entre a elasticidade-renda das exportações, a taxa de câmbio real e o hiato tecnológico: teoria e evidência. **Economia & Tecnologia**, Curitiba, v. 8, n. 3, pp. 97-108, 2007. DOI: <https://doi.org/10.5380/ret.v3i1.29503>

PERES, Wilson. The (slow) return of industrial policies in Latin America and the Caribbean. In: CIMOLI, Mario; DOSI, Giovanni; STIGLITZ, Joseph E. (Eds.), **The Political Economy of Capabilities Accumulation: the Past and Future of Policies for Industrial Development**. Oxford University Press, 2009.

ROSENBERG, Nathan. **Technological Change and the British Iron Industry, 1700-1870**. Princeton: Princeton University Press, 1970.

SCHNEIDER, Ben Ross. **Designing Industrial Policy in Latin America: Business-State Relations and the New Developmentalism**. Palgrave, London, 2015.

SILVA, Marcelo Duarte; BOTELHO, Marisa dos Reis Azevedo. Hiato Tecnológico entre pequenas empresas do Brasil e de países europeus. **Revista Brasileira de Inovação**, Campinas, 22, 1-31, 2023. <https://doi.org/10.20396/rbi.v22i00.8668037>

THIRLWALL, Anthony Philip. The balance of payments constraint as an explanation of international growth differences. *Banca Nazionale del Lavoro Quarterly Review* 128 (1), 45–53, 1979.

UNCTAD – UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT. **Trade and development report**. Geneva: United Nations, 2002, pp. 87-92. Disponível em:

<https://unctad.org/system/files/official-document/tdr2002_en.pdf>. Acesso em: 01 dez. 2021.

UNIDO – UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION. **Introduction to UNIDO: inclusive and sustainable industrial development**. 2015. Disponível em:

<https://www.unido.org/inclusive-and-sustainable-industrial-development>. Acesso em: 30 nov. 2021.

UNIDO – UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION. **Bracing for the New Industrial Revolution: Elements of a Strategic Response**. Discussion paper. Vienna, 2019.

Disponível em: [https://www.unido.org/sites/default/files/files/2020-](https://www.unido.org/sites/default/files/files/2020-06/UNIDO_4IR_Strategy_Discussion_Paper.pdf)

06/UNIDO_4IR_Strategy_Discussion_Paper.pdf. Acesso em: 30 nov. 2021.

VERSPAGEN, Bart. **Uneven Growth Between Interdependent Economies: An Evolutionary View of Technology Gaps, Trade and Growth**. Ashgate Publisher, Avebury, 1993.