

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO, CONTABILIDADE E GESTÃO
DE POLÍTICAS PÚBLICAS
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

GUSTAVO JUNG

PROGRESSO TECNOLÓGICO E INOVAÇÃO NA INDÚSTRIA BRASILEIRA DE
EQUIPAMENTOS E MATERIAIS MÉDICOS, HOSPITALARES E
ODONTOLÓGICOS

Brasília
2026

GUSTAVO JUNG

**PROGRESSO TECNOLÓGICO E INOVAÇÃO NA INDÚSTRIA BRASILEIRA DE
EQUIPAMENTOS E MATERIAIS MÉDICOS, HOSPITALARES E
ODONTOLÓGICOS**

Dissertação de mestrado apresentada ao
Departamento de Economia da
Universidade de Brasília, como parte dos
requisitos para obtenção do grau de
Mestre em Economia

Área de Concentração: Gestão Econômica
da Inovação Tecnológica

Orientador: Prof. Dr. Arnaldo Mauerberg
Júnior

Brasília

2026

GUSTAVO JUNG

**PROGRESSO TECNOLÓGICO E INOVAÇÃO NA INDÚSTRIA BRASILEIRA DE
EQUIPAMENTOS E MATERIAIS MÉDICOS, HOSPITALARES E
ODONTOLÓGICOS**

Dissertação de mestrado apresentada ao
Departamento de Economia da
Universidade de Brasília, como parte dos
requisitos para obtenção do grau de
Mestre em Economia

Área de Concentração: Gestão Econômica
da Inovação Tecnológica

Data de aprovação: 29/04/2026

Banca examinadora:

Prof. Dr. Arnaldo Mauerberg Júnior
Universidade de Brasília

Prof. Dr. Luiz Guilherme Oliveira
Universidade de Brasília

Prof. Dr. Celso José Costa Junior
Universidade Estadual de Ponta Grossa

À minha família e aos servidores da
Secretaria de Estado de Saúde do Distrito
Federal

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha mãe Maria da Graça e ao meu pai João Carlos por todo apoio que me deram para que eu chegasse até aqui. Agradeço à minha companheira Lauana Bruna por ter me inspirado a dar o melhor de mim. Agradeço ao Governo do Distrito Federal pela oportunidade deste programa de mestrado. Agradeço aos meus colegas da Secretaria de Estado de Saúde do Distrito Federal por todo incentivo para seguir e concluir o meu sonho na pós-graduação.

*“A ciência, a tecnologia e a inovação para o SUS
não são a cereja do bolo, são o bolo.”*

- Maria Cecília de Souza Minayo

RESUMO

Esta pesquisa analisa a Produtividade Total dos Fatores (PTF) a partir dos dados da Pesquisa Industrial Anual – Empresa (PIA-Empresa) na indústria brasileira de máquinas e equipamentos médicos, hospitalares e odontológicos para entender como a trajetória tecnológica do setor respondeu ao investimento em atividades inovativas por parte das empresas brasileiras nos anos pós-crise de 2008. Utilizando a literatura recente, procura-se traçar caminhos possíveis para o desenvolvimento do setor e a diminuição da dependência externa que vem evoluindo nas últimas décadas, especialmente com relação aos produtos de maior complexidade tecnológica. Os resultados encontrados sugerem uma indústria mais intensiva em capital, especialmente nos segmentos de maior complexidade tecnológica, mas que gera menos valor agregado, com crescente dependência externa, ao mesmo tempo que os salários e a PTF não apresentam evidências de crescimento.

PALAVRAS-CHAVE: Produtividade Total dos Fatores; Inovação; Trajetória Tecnológicas; Indústria de Equipamentos Médicos, Hospitalares e Odontológicos; Equipamentos Médicos; Brasil; Indústria Brasileira; Indústria da Saúde; Economia da Saúde

ABSTRACT

This research analyzes Total Factor Productivity (TFP) based on data from the Annual Industrial Survey – Enterprise (PIA-Empresa) in the Brazilian medical, hospital, and dental machinery and equipment industry to understand how the sector's technological trajectory responded to investment in innovative activities by Brazilian companies in the years following the 2008 crisis. Using recent literature, it seeks to trace possible paths for the sector's development and the reduction of external dependence that has been evolving in recent decades, especially with regard to products of greater technological complexity. The results suggest a more capital-intensive industry, especially in segments with greater technological complexity but which generate less added value, with increasing external dependence, while new technologies and total factor production (TFP) show no evidence of growth.

KEYWORDS: Total Factor Productivity; Innovation; Technological Trajectory; Medical, Hospital and Dental Equipment Industry; Medical Devices; Brazil; Brazilian Industry; Health Industry; Health Economics

Lista de Figuras

Figura 1 - Complexo Industrial da Saúde - Caracterização Geral	30
Figura 2 - Sistema Nacional de Inovação do Setor de EMHO	33

Lista de Gráficos

Gráfico 1 – Intensidade de Capital (K/L)	48
Gráfico 2 – Salário Anual Médio por Trabalhador Ligado à Produção (em Milhares de Reais) ($Salários/L$).....	49
Gráfico 3 – Agregação de Valor (VTI/VBP).....	50
Gráfico 4 – Dispersão: Intensidade de Capital vs Produtividade.....	60
Gráfico 5 – Logaritmo Natural da Produtividade Total dos Fatores	62
Gráfico 6 – Razão entre Importação e Produção Doméstica (M/VBP).....	63
Gráfico 7 – Saldo Comercial Relativo.....	65
Gráfico 8 – Índice de Penetração de Importações	66

Lista de Tabelas

Tabela 1 – P-Valores dos Testes dos Modelos da Função Cobb-Douglas (Taxa de Depreciação de 8%).....	51
Tabela 2 – P-Valores dos Testes dos Modelos da Função Cobb-Douglas (Taxa de Depreciação de 6%).....	53
Tabela 3 – P-Valores dos Testes dos Modelos da Função Cobb-Douglas (Taxa de Depreciação de 10%).....	54
Tabela 4 – Coeficientes Angulares e Coeficientes de Determinação na Estimação da Função Cobb-Douglas	55
Tabela 5 – P-Valores dos Testes das Regressões de Produtividade vs Intensidade de Capital (Taxa de Depreciação de 8%).....	57
Tabela 6 – P-Valores dos Testes das Regressões de Produtividade vs Intensidade de Capital (Taxa de Depreciação de 6%).....	58
Tabela 7 – Tabela 8 – P-Valores dos Testes das Regressões de Produtividade vs Intensidade de Capital (Taxa de Depreciação de 10%).....	59
Tabela 9 – Regressão de Produtividade do Trabalho e Intensidade de Capital	61

Lista de Quadros

Quadro 1 – Correspondência entre a CNAE 2.0 e a CNAE 1.0	98
--	----

Lista de Abreviaturas e Siglas

ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial

ABIMO – Associação Brasileira da Indústria de Dispositivos Médicos

ANS – Agência Nacional de Saúde Suplementar

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

Apex-Brasil – Agência Brasileira de Promoção de Exportações e Investimentos

BCB – Banco Central do Brasil

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

BRDE – Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CNAE – Classificação Nacional de Atividades Econômicas

CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

EBSERH – Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares

EMHO – Equipamentos Médicos, Hospitalares e Odontológicos

FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos

FIV – Fator de Inflação da Variância

FOB – Free on Board

Gecis – Grupo Executivo do Complexo Industrial da Saúde

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICTs – Instituições Científicas e Tecnológicas

IEMI – Instituto de Estudos e Marketing Industrial

InMetro – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

INPI – Instituto Nacional da Propriedade Industrial

IPA-OG – Índice de Preços ao Produtor Amplo – Oferta Global

ISO 13485 – International Standard Organization 13485

MDIC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços

MDSAP – Medical Device Single Audit Program

MQO – Mínimos Quadrados Ordinários

MS – Ministério da Saúde

NCM – Nomenclatura Comum do Mercosul

NIB – Nova Indústria Brasil

OPME - Órteses, Próteses e Materiais Especiais

PBM – Plano Brasil Maior

PD&I – Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação

PDP – Política de Desenvolvimento Produtivo

PDPs – Parcerias de Desenvolvimento Produtivo

PED – Programa Estratégico de Desenvolvimento

P&D – Pesquisa e Desenvolvimento

PIA-Empresa – Pesquisa Industrial Anual – Empresa

PINTEC – Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica

Profarma – Programa de Apoio ao Desenvolvimento da Cadeia Produtiva Farmacêutica

PSI – Processo de Substituição de Importações

PTF – Produtividade Total dos Fatores

RH – Recursos Humanos

SCTIE – Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos

SEBRAE – Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

SESI – Serviço Social da Indústria

SGS – Sistema Gerenciador de Séries Temporais

SIDRA – Sistema IBGE de Recuperação Automática

SUS – Sistema Único de Saúde

VA – Valor Adicionado

VBP – Valor Bruto da Produção

VTI – Valor da Transformação Industrial

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1 REVISÃO CONCEITUAL DAS CARACTERÍSTICAS DO SETOR DE EQUIPAMENTOS MÉDICOS, HOSPITALARES E ODONTOLÓGICOS (EMHO)	17
2.2 A TRAJETÓRIA TECNOLÓGICA DO SETOR DE EMHO NO BRASIL	21
2.2.1 <i>As Décadas de 1950 a 1980: O Impulso pelo Processo de Substituição de Importações</i>	22
2.2.2 <i>A Década de 1990</i>	24
2.2.3 <i>Os Anos 2000</i>	26
2.2.4 <i>O Retrato do Sistema Setorial de Inovação em EMHO no Brasil em 2010</i>	30
2.2.5 <i>A Década de 2010</i>	34
2.3 SÍNTESE E HIPÓTESES	36
3 – METODOLOGIA	37
3.1 ANÁLISE DOS DADOS DA PIA-EMPRESA	37
3.1.1 <i>Seleção das Variáveis</i>	37
3.1.2 <i>Deflacionamento das Variáveis Monetárias</i>	39
3.1.3 <i>Construção da Série do Estoque de Capital</i>	39
3.1.4 <i>Indicadores de Intensidade Tecnológica e Agregação de Valor</i>	40
3.1.5 <i>Análise da Produtividade Total dos Fatores</i>	41
3.2 INDICADORES DE DEPENDÊNCIA EXTERNA	44
4 – RESULTADOS	47
4.1 COMPLEXIDADE TECNOLÓGICA E ESPECIALIZAÇÃO PRODUTIVA	47
4.2 A FUNÇÃO DE PRODUÇÃO E A PRODUTIVIDADE TOTAL DOS FATORES.....	51
4.3 INDICADORES DE DEPENDÊNCIA EXTERNA	62
5 – DISCUSSÃO DE RESULTADOS	67
5.1 INOVAÇÃO NO BRASIL E A LITERATURA RECENTE	67
5.2 INDICADORES E AS POLÍTICAS INDUSTRIAIS.....	77
6 – CONCLUSÃO	80
REFERÊNCIAS.....	83
ANEXO	98

1 INTRODUÇÃO

O setor escolhido para estudo dentro do tema de gestão estratégica da inovação tecnológica é a indústria de saúde do Brasil, a qual se divide entre o setor farmacêutico e o de equipamentos e materiais médicos, hospitalares e odontológicos (EMHO), segundo Gadelha (2003). Encontra-se na literatura mais genericamente o termo “equipamentos médicos”, não englobando a denominação completa “equipamentos e materiais médicos, hospitalares e odontológicos”, mais utilizada nos últimos anos no estudo da indústria brasileira. A literatura que utiliza os dois termos foi aproveitada para a análise da presente pesquisa.

A indústria nacional de EMHO em 2024 produziu cerca de R\$ 28,3 bilhões e empregou 85.621 trabalhadores, em sua maior parte nas regiões sul e sudeste. Em termos de número de equipamentos em uso, são aproximadamente 3 milhões nos estabelecimentos de saúde do Brasil (ABIMO, 2026).+

Mesmo que a maior parte do Produto Interno Bruto na economia contemporânea venha do setor de serviços, o setor industrial tem importância estratégica no nível de produtividade da economia, na sua complexidade e dinamicidade. Há, além disso, uma questão da dependência dos setores de serviços com relação ao setor industrial como um todo. Quando os bens necessários do setor industrial não são produzidos dentro do país, isso constitui uma dependência externa dos seus serviços internos. Essa condição intensifica a necessidade de se ter uma indústria nacional forte.

A pandemia do COVID-19 demonstrou o elevado grau de dependência externa na oferta de máquinas e equipamentos médicos e hospitalares. Dadas as restrições de comércio no período, tal dependência colocou em xeque a própria capacidade dos sistemas públicos e privados nacionais de saúde em atender as demandas de serviços de saúde da população. Mesmo com o fim da pandemia, o país não deixa de passar por outras crises sanitárias, como foi o caso da dengue no Distrito Federal no ano de 2024, entre outras. Desse modo, a necessidade de fortalecer a indústria de máquinas e equipamentos médicos, hospitalares e odontológicos mostra-se evidente. Para tanto, entender o grau de progresso tecnológico e eficiência do setor é questão chave.

A pergunta que motiva este projeto de pesquisa é: como a Produtividade Total dos Fatores (PTF) da indústria nacional de EMHO vem sendo impactado pelas

atividades inovativas no setor? Entre os objetivos estão: validar as políticas que estão surtindo efeito no Brasil no período pós crise de 2008, em que a atuação do Estado na economia foi bastante repensada e redirecionada; observar outros casos internacionais para pensar em políticas mais eficazes e padrões de gestão da inovação para o setor de EMHO; conhecer a trajetória tecnológica da indústria de EMHO no Brasil.

Ainda, considerando que a inovação é a variável central no desenvolvimento industrial das nações, também é um objetivo do presente trabalho conhecer o padrão de atividades inovativas da indústria nacional de EMHO e encontrar os caminhos para incentivá-las. Este trabalho não trata diretamente de questões de gestão do conhecimento, embora elas perpassem as discussões aqui apresentadas.

Além deste primeiro capítulo de introdução, o segundo capítulo utiliza a revisão bibliográfica para entender a origem e o padrão das inovações no setor de EMHO global ao longo da história, assim como descrever e analisar a trajetória tecnológica no caso brasileiro. A partir dessa revisão, são estabelecidas as hipóteses testadas aqui.

O terceiro capítulo trata da metodologia utilizada nesta pesquisa, descrevendo as bases de dados utilizadas, o tratamento realizado, o modelo e os indicadores testados. A PTF foi obtida a partir da função Cobb-Douglas aplicada aos dados da Pesquisa Industrial Anual – Empresa (PIA-Empresa). As escolhas metodológicas são embasadas na literatura clássica e recente. O quarto capítulo relata os resultados encontrados, com as estatísticas descritivas, testes de tendência determinística, além da análise de robustez do modelo rodado (verificada com e sem o período da pandemia, com diferentes taxas de depreciação e com diferentes definições de investimento).

O quinto capítulo discute os resultados encontrados com a literatura nacional e internacional recente sobre o tema de inovação na indústria de EMHO e sob a perspectiva dos objetivos aqui traçados. O último capítulo conclui analisando as limitações dessa pesquisa e apontando possibilidades de pesquisa futuras.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A pesquisa do presente capítulo buscou analisar de um lado a literatura clássica sobre o tema de inovação no setor de equipamentos médicos, e de outro o estado-da-arte sobre o tema na atualidade, em especial os últimos 10 anos. Para o primeiro caso utilizou-se como método a revisão narrativa, enquanto para o segundo foi utilizada a análise bibliométrica, a partir das bases de dados da *Scopus* e da *Web of Science*.

2.1 Revisão Conceitual das Características do Setor de Equipamentos Médicos, Hospitalares e Odontológicos (EMHO)

Primeiramente, é importante entender como a literatura caracteriza a inovação no setor. Segundo Albuquerque e Cassiolato (2002), as inovações no setor de saúde como um todo são fortemente baseadas em ciência, conforme as categorias estabelecidas por Pavitt (1984). Marques, Roselino e Mascarini (2019) testam as taxonomias tecnológicas de Pavitt (1984) para a indústria brasileira com dados do ano de 2014 da Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica (PINTEC) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de acordo com a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) 2.0.

Consideremos que Gadelha (2003) elabora o conceito do Complexo Industrial da Saúde, inicialmente concebido por Cordeiro (1985) – conforme indicam Oliveira (2010) e Albuquerque e Cassiolato (2002), composto por dois setores, um de base química e biotecnológica (ou, de outro modo, o setor farmacêutico e de farmoquímicos) e outro de base mecânica, eletrônica e de materiais (o setor de equipamentos e materiais médicos, hospitalares e odontológicos - EMHO). Nesse escopo, Valentim (2022) usa os grupos “26.6 – Fabricação de aparelhos eletromédicos e eletroterapêuticos e equipamentos de irradiação” (os equipamentos médicos, hospitalares e odontológicos) e “32.5 – Fabricação de instrumentos e materiais para uso médico e odontológico e de artigos ópticos” (os materiais médicos, hospitalares e odontológicos) do CNAE 2.0 para o segundo.

O que Marques, Roselino e Mascarini (2019) observam empiricamente é o grupo “32.5 - Fabricação de instrumentos e materiais para uso médico e odontológico e de artigos ópticos” dentro da sub-categoria “fornecedores especializados” (dentro

da categoria de “intensivos em produção”), por um lado, e a divisão “26 - Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos”, que engloba o segmento de equipamentos médicos, hospitalares e odontológicos, de fato dentro da categoria “baseado em ciência”. Marques, Roselino e Mascarini (2019) ainda complementam a análise setorial utilizando a classificação tecnológica de Hatzichronoglou (1997), através da qual identificam um padrão de média-alta atividade inovativa, para o grupo 32.5, e de alta atividade inovativa para a divisão 26 e, portanto, em particular, para o grupo 26.6.

Isso indica que as inovações no setor de EMHO originam-se tanto nas universidades, quanto na indústria. Rosenberg, Gelijns e Dawkins (1995) analisam as principais inovações nas tecnologias médicas ao longo do século XX e afirmam que a maior parte das transferências tecnológicas vem da indústria, e não da academia. Mas, segundo eles, isso acontece na fase de pesquisa, em que as aplicações para diferentes conhecimentos são investigadas e descobertas nas indústrias originárias. Disso segue uma nova característica da indústria de EMHO em particular.

Pois, em um primeiro aspecto, conforme Gelijns e Rosenberg (1995), o desenvolvimento de novas tecnologias médicas deriva de transferências de avanços científicos e tecnológicos de outras áreas do conhecimento como física, engenharia e ciências de materiais. Ou seja, a pesquisa que baseia a inovação no setor de EMHO é dependente da interdisciplinariedade, segundo os autores. Eles utilizam o exemplo dos litotritores, um aparelho que utiliza ondas de choque para fragmentar cálculos renais e biliares, cuja tecnologia foi concebida no setor aeronáutico.

[...] físicos estavam investigando as causas de corrosão percebidas na superfície de naves espaciais e aviões supersônicos [...]. Eles descobriram que a colisão de uma nave com gotas de chuva e micrometeoritos em velocidade muito altas geravam ondas de choque que tinham efeitos destrutivos nas estruturas das superfícies. Eles também descobriram acidentalmente que essas ondas de choque conseguem viajar através do corpo humano sem danificar os tecidos, mas que materiais quebradiços no corpo eram destruídos. (Gelijns & Rosenberg, 1995, p. 7, tradução nossa).

O que Gelijns e Rosenberg (1995) concluem é que, mais do que uma pesquisa interdisciplinar, a inovação no setor de EMHO necessita de um olhar profundamente atento a disciplinas fora das especialidades médicas. Mas, quando vamos além da pesquisa básica e avançada, na concepção do modelo linear conforme concebido por Bush (1945), e chegamos a fase de desenvolvimento das inovações, as escolas de medicina, ou centros médicos acadêmicos, segundo Gelijns e Rosenberg (1995), cumprem papel crucial. Os autores também destacam que a participação crítica é dos

médicos clínicos, por serem eventuais usuários dos produtos desenvolvidos, e não de médicos condutores de pesquisa básica. Em outras palavras, podemos dizer que a experiência clínica é chave no desenvolvimento de inovações no setor de EMHO

O desenvolvimento de inovações para o setor depende da interação desses diferentes agentes de diferentes campos científicos, mas também das diferentes especialidades médicas, conforme Gelijns e Rosenberg (1995). Essa diferença na natureza da composição entre as fases de pesquisa e desenvolvimento é o que fundamenta a importância do segundo aspecto acerca da oferta de novas tecnologias médicas, de acordo com os autores: a dependência da interinstitucionalidade, especialmente na interação de empresas do ramo industrial e universidades, num sentido geral, ou centros acadêmicos médicos, em particular.

Há, no entanto, um terceiro elemento institucional que pode passar despercebido ao olhar de Gelijns e Rosenberg (1995). Analisando as produções científicas do Reino Unido, Hicks e Katz (1996) observam um ecossistema à parte de pesquisa composto por hospitais, organizações sem fins lucrativos, conselhos de pesquisa, autoridades especiais de saúde e federações de pós-graduação, representando 25% das produções científicas desse país na década de 1980. Nessa estrutura, como atestam Albuquerque e Cassiolato (2002) e Oliveira (2010), os hospitais teriam um papel central.

O que Hicks e Katz (1996) sugerem é a existência de um sistema biomédico de inovação que coabita com o sistema de inovação mais tradicionalmente reconhecido, orientado para a indústria. Nesse sistema biomédico, segundo os autores, os hospitais de fato têm mais contribuições científicas do que as empresas, além de outro diferencial: o acesso aos pacientes, que interagem com as tecnologias médicas. Esse é um elemento fundamental de todo processo inovativo, qual seja, a interação usuário-produto, quando este está na fase de desenvolvimento. Gelijns e Rosenberg (1995) já destacavam que a participação desse elemento não se encerra na introdução do novo produto no mercado, pois modificações substanciais e muitas vezes decisivas ocorrem no que podemos chamar de fase pós-mercado. Um exemplo do setor farmacêutico é instrumental no entendimento desse aspecto.

A introdução generalizada dos primeiros anticoncepcionais orais na prática clínica no início da década de 1960 confirmou seu alto grau de eficácia, mas também revelou que seu uso aumentava o risco de distúrbios tromboembólicos. A suspeita, baseada em pesquisas subsequentes, de que o estrogênio poderia ser responsável por essas doenças circulatórias incitou os fabricantes a reduzir os níveis de estrogênio e a desenvolver pílulas de

baixa dosagem, que posteriormente levou a uma queda drástica nos efeitos colaterais [...]. Desse modo, a adoção efetiva apenas constitui o início de um geralmente longo processo no qual ocorrem importantes reformulações, explorando o *feedback* de novas informações geradas pelo usuário. (Gelijns e Rosenberg, 1995, p. 8, tradução nossa)

Ao passo que Gelijns e Rosenberg (1995) destacam a importância dos médicos clínicos no desenvolvimento das inovações em tecnologias médicas, Hicks e Katz (1996) vão além defendendo o valor das produções e contribuições científicas desses profissionais, tendo os hospitais, segundo Albuquerque e Cassiolato (2002), participação capital nesse sentido. O que temos de fato, se partirmos da abordagem de sistemas nacionais de inovação utilizado por Albuquerque e Cassiolato (2002), é que as conclusões de Hicks e Katz (1996) acerca da existência à parte de um sistema biomédico de inovação podem indicar a existência de um subsistema de inovação no setor de saúde, conforme a discussão induzida por Albuquerque e Cassiolato (2002).

Se formos pensar na estrutura de um sistema setorial de inovação, mais específica para o modelo de países em desenvolvimento, conforme ilustrado por Malerba e Mani (2009), ela já é entendida de forma aberta e flexível. No entanto, para o Complexo Industrial da Saúde no Brasil, Albuquerque e Cassiolato (2002) enxerga limitações nesse modelo, “pois esta não captura situações onde as fronteiras dos ‘setores’ encontram-se em mutação, tornando-se fluidas [...]” (Albuquerque e Cassiolato, 2002, p. 702).

O que Albuquerque e Cassiolato (2002) propõem é a abordagem de sistemas baseados em *clusters*, ou aglomerados, uma estrutura que Furtado (2001) já havia percebido na dinâmica industrial da trajetória tecnológica global do setor de EMHO. Quando Porter (1999) trata da teoria de aglomerados para economias em desenvolvimento, ele enfatiza a importância do desenvolvimento e bom funcionamento dessas estruturas produtivas para a promoção da inovação nesses países, o que favorece a adoção dessa abordagem para o caso brasileiro, por exemplo, na indústria de EMHO.

Mas um determinante especial da fronteira do sistema de inovação em saúde é a sua relação intrínseca com o sistema de bem-estar social, que Albuquerque e Cassiolato (2002) tanto enfatizam. Blume (1985), ao pontuar os aspectos do usuário e do produtor na inovação, retrata o sistema de saúde como um ambiente de seleção não mercantil, onde não somente sinais de mercado devem ser compreendidos, como também o processo social que seleciona as tecnologias de saúde.

Saúde e crescimento econômico possuem uma relação de mútua causalidade, como evidencia Albuquerque e Cassiolato (2002). Disso decorre não só as características singulares do sistema de inovação em saúde, como também sua importância estratégica. Todos esses pontos acerca de sistemas de inovação balizam o funcionamento da inovação no setor de EMHO, em particular.

Em resumo, o setor de EMHO é marcado pela dependência da interdisciplinaridade; pela origem difusa das transferências tecnológicas por parte de outras indústrias, pela presença de economias de escopo, como atesta Albuquerque e Cassiolato (2002); por ser intensivo em ciência; pela importância da experiência clínica no desenvolvimento dos seus produtos, assim como da cooperação entre diferentes instituições, tais como universidades, hospitais e empresas; pelo longo de processo que envolve o desenvolvimento e a adoção da suas inovações por parte do mercado; por fim, pelas suas profundas relações com o sistema de bem-estar social, como parte do sistema de inovação em saúde. O próximo passo é entender como funcionam as trajetórias tecnológicas do setor, especialmente no Brasil.

2.2 A Trajetória Tecnológica do Setor de EMHO no Brasil

Antes de entender como a literatura descreve a história do setor de EMHO no Brasil, é preciso sublinhar como o conceito de trajetórias tecnológicas, desenvolvido por Dosi (1982), acomoda-se nessa aplicação setorial. No caso brasileiro, o conceito é assentado na indústria da saúde como um todo por Caetano (1998). A autora resgata o debate feito por Dosi (1982) entre as teorias que defendiam que o progresso técnico é governado pelas forças de mercado (*demand-pull*), e outras que, seguindo uma lógica semelhante ao modelo linear de Bush (1945), entendiam que as tecnologias surgem de forma autônoma, isolada, partindo da ciência, transformando-se em inovação tecnológica e, por fim, gerando transformações na economia em um sentido unilateral.

Apesar de, conforme Caetano (1998), a dicotomia ter sido superada pelo conceito de paradigmas tecnológicos, também concebido por Dosi (1982), olhar como as forças de mercado influenciam o progresso técnico nos sistemas setoriais de inovação, especialmente nos países subdesenvolvidos, é de grande valia. Malerba e Mani (2009) colocam a demanda como um dos fatores básicos de análise desses sistemas.

2.2.1 As Décadas de 1950 a 1980: O Impulso pelo Processo de Substituição de Importações

Segundo Furtado (2001), o setor de EMHO segue o paradigma técnico-econômico centrado na microeletrônica, estando esta indústria "inserida no setor de instrumentação, que foi um dos que mais incorporaram as tecnologias digitais e de processamento de informação" (Furtado e Souza, 2001, p. 63). O grande desenvolvimento no Brasil do setor produtor de EMHO no grupo de produtos de aparelhos eletroeletrônicos e suas respectivas partes e acessórios ocorre mesmo durante a década de 1970, segundo Furtado e Souza (2001).

Pelo lado da demanda, houve um processo importante de mudança no gasto público com saúde. Cordeiro (1985) destaca a progressiva diminuição da participação percentual do orçamento do Ministério da Saúde relativo ao orçamento total da União entre os anos de 1961 a 1974. Foi uma queda de 4,57% para 0,90% no gasto direto com saúde, conforme o autor. O gasto torna-se indireto a partir de 1967, em que o antigo Instituto Nacional de Previdência Social foi criado, conforme Furtado e Souza (2001).

A criação desse instituto, segundo Cordeiro (1985), promoveu a unificação da Previdência Social e permitiu um "aumento da incorporação de novas categorias sociais ao Sistema Previdenciário." (Cordeiro, 1985, p. 161). A parte da renda arrecadada com a previdência canalizada para a assistência médica individual tanto para hospitais públicos, quanto privados, foi a grande impulsionadora da demanda por EMHO no Brasil, conforme Furtado e Souza (2001). Ao mesmo tempo, o mercado privado de assistência médica também foi ganhando espaço.

Inicialmente, o projeto era do crescimento do mercado de médicos como profissionais liberais, ou da medicina liberal, segundo definição de Cordeiro (1985), o que acabou não tomando corpo. A expansão do gasto privado em saúde ocorreu efetivamente por meio das empresas privadas de seguros médicos, de acordo com Furtado e Souza (2001), um movimento também chamado de medicina de grupo, como descreve Cordeiro (1985). Da forma como foi, também foi um dos grandes responsáveis pela expansão da demanda dos produtos EMHO.

Pelo lado da oferta, se considerarmos o segmento de equipamentos e materiais odontológicos, podemos dizer que a atuação empresarial do setor no Brasil começou

nos anos 1920, conforme Pieroni, De Souza e Reis (2010). Mas foi nos anos 1950 que, conforme análise de Furtado e Souza (2001), surgiram as primeiras empresas de material de consumo (como agulhas e seringas) e, ao mesmo tempo, de aparelhos de anestesia, já parte do grupo de equipamentos médico-hospitalares, segundo classificação de Gutierrez e Alexandre (2004), ou do grupo de aparelhos eletroeletrônicos, segundo classificação de Furtado e Souza (2001). Na década de 1960, inserem-se no mercado brasileiro empresas dos segmentos de instrumentos cirúrgicos e de raios X, aparelhos e insumos, de acordo com Furtado e Souza (2001).

O citado grande desenvolvimento do setor de EMHO durante a década de 1970 no Brasil ocorreu com a entrada de diversas empresas estrangeiras e surgimento numeroso de empresas locais em diversos outros segmentos (sondas e cateteres, equipamentos e insumos de laboratório, eletromédicos e monitoração, dialisador e oxigenador, válvulas cardíacas e marcapassos), como ilustraram Furtado e Souza (2001). O contexto em termos de sistema nacional de inovação que trouxe esse avanço foi o da formalização do desenvolvimento científico e tecnológico como objetivo político a partir de 1968 no Programa Estratégico de Desenvolvimento (PED), que, segundo Dahlman & Frischtak (1993), estabelecia a criação do Sistema Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Esse passo foi muito importante para uma indústria em que a inovação é tão dependente da ciência.

Essas primeiras décadas de desenvolvimento do setor, assim como da indústria brasileira em geral, foram conduzidas pelo Processo de Substituição de Importações (PSI), como destacam Pieroni et al. (2010). Furtado e Souza (2001) já relatavam as limitações desse modelo para a indústria de EMHO, dada a sua ampla variedade de nichos tecnológicos com tamanho de mercado restrito, se considerado apenas um escopo nacional. Em nível mundial, os autores identificam nas empresas do setor trajetórias tecnológicas com alto grau de especialização produtiva aliado a uma forte inserção comercial internacional. Ao passo que a Lei do Similar Nacional, como salientam Pieroni et al. (2010), gerava uma reserva de mercado para os produtos nacionais, ela também inibia a especialização produtiva, que, como sugere Furtado e Souza (2001), é uma condição de sobrevivência para as empresas dessa indústria.

Furtado e Souza (2001) caracterizavam o a indústria de EMHO no mundo como um setor marcado pela presença de pequenas e médias empresas, o que Pieroni et al. (2010) e Hasenclever et al. (2018) corroboram posteriormente. Usando uma classificação de porte de empresa de acordo com número de empregados, Valentim

(2022) observa que, em 2020, cerca de 97% das empresas no Brasil eram de tamanho micro, pequeno ou médio. Mas, como Furtado e Souza (2001) já observavam isso, podemos dizer que o perfil das empresas brasileiras foi sempre marcado pelo pequeno e médio porte.

Dada essa característica, a condição de retorno sobre investimento nessa estrutura produtiva enfrenta e sempre enfrentou uma série de barreiras, pelas complexidades intrínsecas já discutidas na seção anterior sobre o processo de pesquisa e desenvolvimento de seus produtos. Furtado e Souza (2001) reparam que, a despeito do crescimento nacional do setor de EMHO na década de 1970, a fronteira tecnológica em nível internacional expandiu-se de forma muito mais acelerada, tornando o progresso do *catching-up* das empresas brasileiras muito mais desafiador.

Pieroni et al. (2010) falam de uma concorrência insuficiente com produtos importados nessas três primeiras décadas. Com efeito, as empresas estrangeiras começaram a ingressar no mercado brasileiro na década de 1970, e mesmo as firmas nacionais que se formaram nas décadas de 1950 e 1960 foram fundadas majoritariamente por imigrantes, como podemos depreender de Pieroni et al. (2010) e Furtado e Souza (2001). Mas essas multinacionais “vinham instalando unidades produtoras de equipamentos tecnologicamente complexos no país.” (Furtado e Souza, 2001, p. 69), e isso deixou de acontecer durante os anos 1980 pelo favorecimento dos produtos locais. Disso podemos concluir que a capacidade produtiva ficou subdesenvolvida e as transferências tecnológicas foram restringidas. Por consequência, o PSI na indústria de EMHO não chega a cabo, e o modelo esgota-se na década de 1990, incapaz de incorporar novos produtos ao rol de itens produzidos internamente, como aponta Furtado e Souza (2001).

2.2.2 A Década de 1990

A literatura descreve a década de 1990 como um período de mudanças estruturais críticas na indústria de EMHO, onde o velho modelo de substituição de importações foi abandonado, pelo menos temporariamente. O fator fundamental foi a abertura econômica, dada pela mudança nas tarifas de importação e na Lei do Similar Nacional, segundo Pieroni et al. (2010). Furtado e Souza (2001) argumentam que a produção interna continuou a ser orientada às exportações, enquanto Hasenclever et

al. (2018) relatam que a estratégia de especialização produtiva passou a enfim ser levada a cabo em alguns segmentos da indústria, enquanto em outros passou a prevalecer o modelo da empresa meramente importadora e não mais produtora. As autoras também marcam uma diferença entre o cenário da primeira e o da segunda metade dessa década, devida especialmente à execução do Plano Real, que reaqueceu a demanda agregada no país, e à estruturação do Sistema Único de Saúde (SUS), criado no final da década anterior.

Nesse contexto, Pieroni et al. (2010) observam que, enquanto algumas empresas perderam espaço no mercado com a competitividade dos produtos importados, outras passaram a ter acesso a insumos importados tecnologicamente mais avançados, o que gerou expressivos incrementos em termos de produtividade, e o Plano Real acelerou ainda mais esse processo. Um resultado disso foi o aprofundamento do déficit comercial, que já aparecia na década de 1980, e o aumento da fatia da demanda interna contemplada pelas importações, que chegou perto dos 50%.

A contribuição mais relevante para entendermos o que a década de 1990 representou para a trajetória tecnológica da indústria de EMHO vem de Furtado e Souza (2001), citados por Pieroni et al. (2010) e Valentim (2022), por exemplo. Vale destacar que o período trouxe importantes descontinuidades nos dados disponíveis para a análise: O censo industrial do IBGE foi interrompido, sendo a lacuna contemplada pela pesquisa amostral da Associação Brasileira da Indústria de Dispositivos Médicos (ABIMO), instituição associativa de classe fundada em 1965, conforme Pieroni et al. (2010), no esteio do surgimento das primeiras empresas do setor no Brasil. O que Furtado e Souza (2001) inferem, reconhecendo as limitações dos dados disponíveis e utilizando diversas fontes, é um crescimento preponderante do segmento de instrumentos médicos, com grande perda relativa de mercado do segmento de materiais de consumo, grupo de produtos pioneiro no setor no país, mas que foi perdendo sua importância relativa ao longo das décadas seguintes.

Uma causa importante do déficit comercial observado nessa década veio justamente dos erros do PSI. O afastamento das multinacionais dos investimentos em unidades produtivas causado pela aplicação da Lei do Similar Nacional ao setor de EMHO na década de 1980 não foi passível de reversão nos anos 1990, conforme Furtado e Souza (2001), e o caminho escolhido nos planos comerciais das grandes empresas globais foi o de suprir o mercado nacional apenas com importações, e não

mais com plantas industriais. A paridade entre o dólar e o real na fase da âncora cambial do Plano Real tornou os produtos importados ainda mais vantajosos que os locais.

Voltando para o entendimento da expansão da demanda na década de 1990, Furtado e Souza (2001) identificam um grande aumento na oferta de serviços hospitalares, especialmente no mercado privado, que sustentou esse aumento na absorção interna dos produtos do setor. Isso porque a estruturação do SUS destacada por Hasenclever et al. (2018) foi válida primordialmente para a primeira metade dos anos 1990, já que Furtado e Souza (2001) indicam que o Plano Real ocasionou uma contenção de gastos no SUS. Vale destacar que a primeira fase do Plano Real se tratou exatamente de um ajuste fiscal, conforme De Castro (2011), que impactou negativamente o orçamento público em todas as áreas.

Um legado institucional importante que os anos 1990 deixaram para a indústria de EMHO foi a criação da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Os dados primários de Pieroni et al. (2010) indicam que a atuação da agência reguladora permitiu a melhora na qualidade e na segurança dos equipamentos, condições necessárias para a inserção internacional dos produtos desenvolvidos internamente.

2.2.3 Os Anos 2000

Os primeiros estudos acerca da década de 2000 na indústria de EMHO apontavam, pelo lado da demanda, uma leve melhora na balança comercial do setor nos primeiros anos (apesar da manutenção do déficit), especialmente pela desvalorização cambial da moeda brasileira ocorrida a partir de 1999 (GIAMBIAGI, 2011) pela adoção do regime de câmbio flutuante. Utilizando dados de um estudo setorial em parceria entre a ABIMO e o Instituto de Estudos e Marketing Industrial (IEMI), Pieroni et al. (2010) aponta que a fatia da demanda interna contemplada pelas importações recuara de 50% para 45%. Apesar disso, Gadelha (2006) chama a atenção para uma dependência concentrada nos equipamentos eletrônicos que persistia desde a abertura comercial do início da década de 1990. Gadelha (2003) já alertava para uma condição em que o sucesso das políticas de saúde agravava o quadro de dependência externa. Havia, assim, “a desarticulação entre a política de

saúde e uma política para o desenvolvimento das indústrias do setor.” (Gadelha, 2003, p. 530).

O que Pieroni et al. (2010) retrata pelo lado da oferta, já incorporando dados da segunda metade dos anos 2000, é um crescimento tanto do faturamento quanto no número de empresas no setor. Fazendo um recorte por segmento (odontologia, laboratório, radiologia, equipamentos médicos, implantes e materiais de consumo), os autores observam aumento no faturamento em todos eles ao longo da década, enquanto em termos de número de empresas, apenas o de radiologia apresentou queda, segmento em que a fuga de multinacionais foi bastante proeminente na década anterior, conforme Furtado e Souza (2001). Outro que fora bastante afetado nesse mesmo sentido, o de implantes, representou a menor fatia de mercado no período. A porção do mercado de EMHO referente à fabricação de materiais de consumo continuou hegemônica, em torno de 37%, segundo Pieroni et al. (2010), embora recorrentemente menor ao longo das décadas. Ao passo que representava 70% da produção interna nos anos 1970, caíra a cerca de 44% na década de 1980.

Um dos grandes avanços dos anos 2000 para a análise da indústria brasileira foi o surgimento da PINTEC, que passou a oferecer periodicamente dados diretos sobre as atividades inovativas das empresas brasileiras. Pieroni et al. (2010) verificam no setor de EMHO um dispêndio com atividades inovativas relativamente maior do que a média nacional. Porém, o investimento em pesquisa e desenvolvimento (P&D) ainda era muito aquém do padrão das maiores empresas do mercado global. O mesmo problema acontecia com o número de registros de patentes. Desse modo, a década de 2000 trazia uma indústria de EMHO com um dinamismo crescente, “mas ainda insuficiente para concorrer com empresas dos países tecnologicamente mais dinâmicos.” (Pieroni et al., 2010, p. 201).

Furtado e Souza (2001) já analisavam quantitativamente a inovatividade da indústria de EMHO na década de 1990 com dados da ABIMO. Dessa análise, concluíram que as inovações do tipo radical foram perdendo espaço para as incrementais dentro de um ambiente de maior exposição à concorrência internacional. Mas mais dramático que isso foram os dados que Furtado e Souza (2001) trouxeram indicando que a maior parte das inovações de produto era, quando muito, novas apenas no país; sendo praticamente nulas a nível mundial, o que demonstra enorme dificuldade da indústria nacional de acompanhar a fronteira tecnológica internacional.

Ao final da década de 2000 tivemos um importante avanço institucional em termos de atuação governamental: a incorporação do conceito de Complexo Industrial da Saúde nas políticas de governo. Segundo Hasenclever et al. (2018), isso aconteceu na Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP), do ano de 2008. No mesmo ano, as autoras também destacam a criação do Grupo Executivo do Complexo Industrial da Saúde (Gecis) dentro do Ministério da Saúde, que tinham como objetivo geral instaurar o marco regulatório para a indústria da saúde. Dentro os objetivos específicos, destacam-se a isonomia regulatório entre produtos nacionais e importados, o “desenvolvimento de incentivos financeiros seletivos” (Hasenclever et al., 2018, p. 111) para as empresas dessa indústria, o “estabelecimento de uma rede de suporte à qualidade e competitividade da produção local” (Hasenclever et al., 2018, p. 111) e o estabelecimento de processos regulatórios mais simples e acelerados.

Algumas iniciativas relevantes foram tomadas no âmbito da competitividade internacional. A Agência Brasileira de Promoção de Exportações e Investimentos (Apex-Brasil) em parceria com a ABIMO criou o Projeto *Brazilian Health Devices* – Programa Setorial de Exportações da Indústria de Artigos e Equipamentos Médicos Odontológicos, Hospitalares e de Laboratório do Brasil, que, de acordo com Lamberty (2014), incentivavam a internacionalização das empresas, com atenção especial aos mercados dos países com as maiores empresas do mundo no setor, como estratégia para uma maior competitividade das empresas nacionais.

Essa década teve um impacto marcante do envelhecimento populacional no aumento da demanda dos produtos da indústria de EMHO, além do aumento destacado na incidência das doenças crônico-degenerativas, que, segundo Hasenclever et al. (2020), respondiam por 64% das enfermidades já em 2008. Outro impacto notável apontado pelas autoras, decorrente do aumento da formalização do trabalho nos anos 2000 foi o aumento na demanda por planos de saúde. Como saldo, houve um crescimento médio anual de 10% ao longo da década de 2000, conforme Hasenclever et al. (2020).

O cenário do comércio exterior, no entanto, não mudou. Embora em termos relativos o crescimento do déficit comercial do setor não tenha sido tão alto quanto o que ocorreu na década de 1990, nos anos 2000 ele continuou crescendo. Segundo Pieroni et al. (2010), as exportações cresceram bastante, demonstrando uma melhora da competitividade da indústria nacional de EMHO, mas as importações cresceram mais. Os autores observam ainda que, enquanto nas importações predominam

produtos de alto valor agregado e de alta complexidade tecnológica, as exportações são majoritariamente de materiais de consumo, produtos de menor valor agregado.

O recorte da balança comercial por segmento aponta um quadro bastante esclarecedor. Primeiramente, apenas o segmento de odontologia apresentou superávits comerciais ao longo dessa década, e com bastante consistência, conforme Pieroni et al. (2010). Vale lembrar que essa foi a divisão setorial que primeiro estabeleceu unidades produtivas do setor no Brasil, antes dos demais segmentos. Com suas capacidades inovativas e competitivas acumuladas, os equipamentos e materiais odontológicos nacionais atingiram significativamente mercados como os da Alemanha e dos Estados Unidos, que desde os anos 1990, segundo Furtado (2001), estavam entre os três maiores do mundo, e assim continuaram na década seguinte, de acordo com Pieroni et al. (2010). No entanto, o crescimento nas exportações era menor do que nos outros segmentos da indústria de EMHO, o que cobraria seu preço depois.

No segmento de implantes havia uma perspectiva positiva. Após ter sido um daqueles que mais sofreu com as saídas das multinacionais nas décadas de 1980 e 1990, conforme Furtado e Souza (2001), nos anos 2000 destacou-se pelas “maiores taxas de crescimento das exportações” (Pieroni et al., 2010, p. 206). Já o de radiologia, que passou pelo mesmo processo, permaneceu com uma base produtiva frágil, capacidades tecnológicas insuficientes e com o menor volume de exportações, segundo Pieroni et al. (2010).

Cabe destaque ao segmento de equipamentos médicos, que na definição de Pieroni et al. (2010) engloba tanto alguns aparelhos eletroeletrônicos (exceto radiologia e laboratórios), quanto instrumentos cirúrgicos. Apesar de apresentar as maiores taxas de crescimento nas importações, apresentava na década de 2000 um parque produtivo bastante diversificado, segundo os autores.

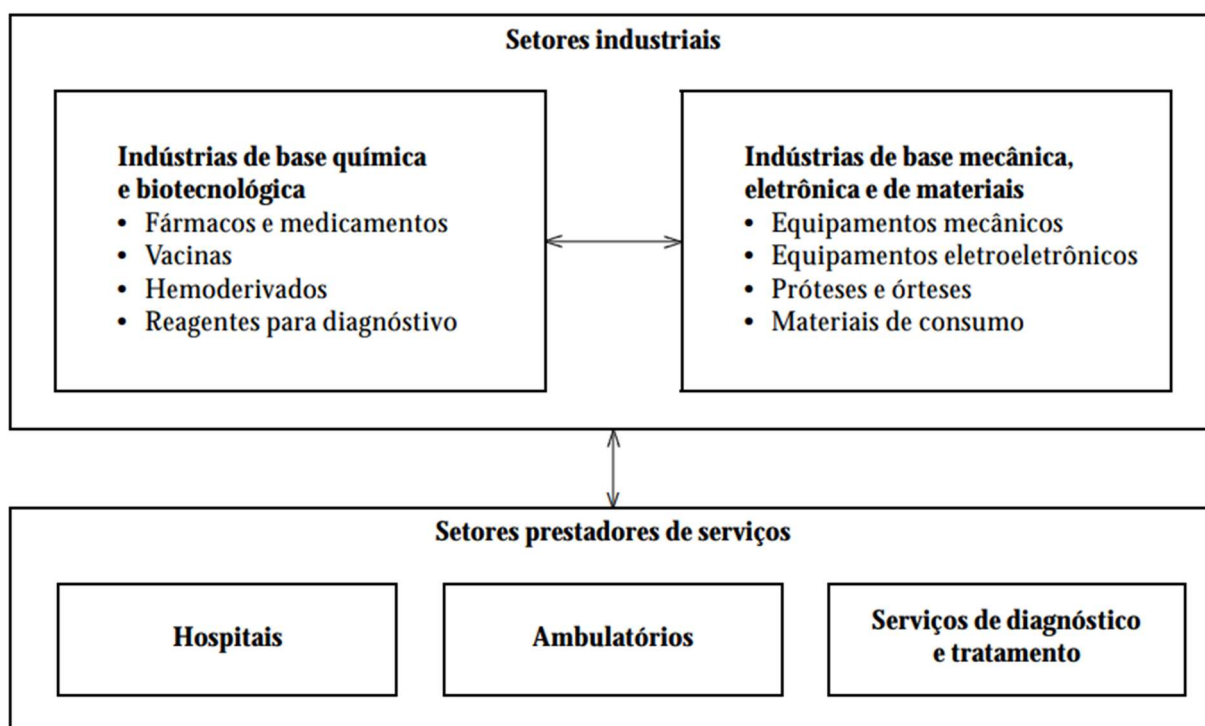
Duas instituições tiveram bastante relevância na década de 2000: a ANVISA e o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). A primeira com uma ampliação no número de resoluções sobre conformidade e boas práticas na indústria, segundo Hasenclever et al. (2018). A segunda, que já na segunda metade da década de 1990 oferecia linhas de crédito de aquisição de produtos de EMHO para instituições filantrópicas, segundo as autoras, e que em 2007 apareceu como parceiro estratégico do Ministério da Saúde no Programa Mais Saúde, conforme Gadelha et al. (2012), no intuito de ampliar a participação das vendas de produtos médicos, ou de

EMHO, para o SUS. No mesmo ano, o Programa de Apoio ao Desenvolvimento da Cadeia Produtiva Farmacêutica (Profarma), que havia sido criado em 2004, conforme Pieroni et al. (2010), foi ampliado para a indústria de EMHO, e renomeado para Programa de Apoio ao Desenvolvimento do Complexo Industrial da Saúde, de acordo com Gadelha et al. (2012).

2.2.4 O Retrato do Sistema Setorial de Inovação em EMHO no Brasil em 2010

Ao final da década de 2000 foi possível esboçar a estrutura do Sistema Setorial de Inovação em EMHO com a contribuição de Oliveira (2010), que será explorada aqui. O autor parte do esquema ilustrativo do Complexo Industrial da Saúde de Gadelha (2003), conforme Figura 1 abaixo.

Figura 1 - Complexo Industrial da Saúde - Caracterização Geral



Fonte: Gadelha (2003).

A este esquema, Oliveira (2010) acrescenta os setores prestadores de serviços tecnológicos (manutenção, instalações prediais, e gestão e avaliação da tecnologia) necessários após o processo de venda, durante o uso dos EMHO por parte dos setores prestadores de serviços de saúde. Ele também acrescenta os outros setores

industriais que geram os transbordamentos inovativos para o setor de EMHO, isto é para as indústrias de base mecânica, eletrônica e de materiais.

Com essas firmas complementares ao setor, Oliveira (2010) passa a incluir outros atores. Inicialmente, com a função de gerar qualificação técnica e gerencial de pessoal para essas empresas, aparece o Sistema S, composto por cerca de 9 entidades, com destaque para o Serviço Social da Indústria (SESI); o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) e o Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE). A seguir entram as instituições de financiamento: BNDES e a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), que oferecem linhas de crédito direcionado com condições especiais (juros subvencionados e financiamento a longo prazo) para fortalecer as capacidades inovativas e produtivas da indústria de EMHO.

Destacadas desse primeiro esquema, Oliveira (2010) coloca as Instituições Científicas e Tecnológicas (ICTs) com três funções principais: a oferta e execução de atividades de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I), a formação de recursos humanos (RH) qualificados (seja para a indústria de EMHO ou para os prestadores de serviços tecnológicos) e os ensaios para certificação de produtos, ou seja, a estrutura para testes laboratoriais e os estudos clínicos. Junto a esta última função aparecem o que Oliveira (2010) chama de órgãos reguladores de Estado, como a ANVISA, o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (InMetro) e a Agência Nacional de Saúde Suplementar (ANS), assim como também aparecem as sociedades médicas, isto é, as associações profissionais e escolas médicas. Oliveira (2010) indica que, conjuntamente, os órgãos reguladores e as sociedades médicas atuam como filtros para as inovações do setor de EMHO, caracterizando, segundo ele, um ambiente de seleção não-mercantil, conceito do qual Blume (1985) já tratara. A formação de RH das ICTs também é importante na atuação dos órgãos reguladores existente sobre os setores prestadores de serviços tecnológicos.

Ainda articulado às ICTs, Oliveira (2010) coloca as instituições de fomento às atividades de ciência e tecnologia, entre elas o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e as Fundações Estaduais de Amparo à Pesquisa (como a FAPESP, em São Paulo, a FAPERGS, no Rio Grande do Sul, e a FAPDF, no Distrito Federal). Também entram nesse esquema de Oliveira

(2010) o BNDES e a FINEP, realçando a importância dessas instituições na trajetória tecnológica do setor de EMHO.

Conectando todas as pontas desses esquemas, Oliveira (2010) coloca o Ministério da Saúde (MS), junto com outros ministérios, alocando recursos de forma direta ou indireta (através de agências de fomento). O autor destaca a atuação da Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos (SCTIE) dentro do MS ao aproximar as inovações científicas e tecnológicas do atendimento das necessidades do SUS.

Outra instituição multiarticulada posicionada por Oliveira (2010) é o Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), que atua sobre as associações empresariais, as ICTs, as agências de fomento e sobre o Sistema S registrando marcas e patentes e averbando contratos de transferências tecnológicas, entre outras funções. Uma mudança importante na sua atuação na década de 2000, segundo Oliveira (2010), foi a sua reestruturação em 2004, quando o INPI passou a oferecer capacitações empresariais relacionadas essas funções.

O último ator a ser integrado no sistema por Oliveira (2010) foi a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), também surgida nos anos 2000, mais precisamente em 2005, responsável por coordenar as instâncias estatais de promoção do desenvolvimento industrial junto aos setores produtivos e à sociedade civil. A ABDI, nesse sentido, atua também sobre as associações empresariais (como a ABIMO), as agências de fomento, as agências reguladoras, as ICTs, o MS e sobre o Sistema S.

O que o quadro desenhado por Oliveira (2010), resumido na Figura 2, permite concluir é que a década de 2000 representou a consolidação de um arranjo institucional mais robusto, mesmo que não necessariamente completo. De qualquer forma, a transição para os anos 2010 pode ser entendida a partir dessas transformações fundamentais no Sistema Setorial de Inovação em EMHO.

2.2.5 A Década de 2010

O principal legado deixado pela década de 2000 na indústria brasileira de EMHO foi “o estreitamento da política industrial e tecnológica com as políticas de saúde” (Hasenclever et al., 2020, p.82), que impactou definitivamente a trajetória do setor para os anos 2010. A disponibilidade mais ampla de dados nesta década permitiu a compreensão quantitativa de outras dimensões da indústria (especialmente a sua inovatividade e suas capacidades correlatas), menos profundamente analisadas outrora.

O resultado palpável da expansão das políticas direcionadas ao setor foi o fortalecimento produtivo e o foco no desenvolvimento de capacidades inovativas por parte das empresas, de acordo com Hasenclever (2020). Inclusive, outras instituições complementaram o quadro disposto na Figura 2 de atores do sistema setorial de inovação em EMHO proposto por Oliveira (2010), como o Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul (BRDE), a Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares (EBSERH) e a Apex-Brasil, conforme estudo de Hasenclever et al. (2018).

Enquanto os objetivos das políticas públicas para a indústria de EMHO permanecem ser fortalecer uma produção voltada para a exportação, é possível verificar que as exportações continuaram aumentando na primeira metade da década. Segundo Hasenclever et al. (2018), a taxa de crescimento entre 2009 e 2013 foi de 36%. No entanto, isso não foi suficiente para frear o aumento da parcela do consumo interno suprido com importações, que cresceram 77% no mesmo período, segundo as autoras. Como consequência, o único segmento superavitário na década anterior, o de odontologia, reverteu seu saldo na balança comercial e passou a ser deficitário em 2013, conforme constatam Hasenclever et al. (2020), o que, segundo elas, agrava o panorama de dependência externa crescente.

Hasenclever, Gazé, Paranhos (2017) apontam três situações que favorecem à dependência externa nas últimas décadas. A primeira delas é a isenção de impostos de importação para instituições filantrópicas, como são a maior parte dos hospitais; desse modo, a isonomia tributária entre empresas nacionais e estrangeiras seria uma forma de mitigar o problema. A segunda delas tem a ver como as modalidades de financiamento que beneficiam a aquisição desses produtos de EMHO importados, em

prejuízo dos que são produzidos no Brasil. A terceira diz respeito às dificuldades na regulação do segmento de implantes, ou de órteses, próteses e materiais especiais (OPME), que passou em 2015 pela chamada “máfia das próteses”, conforme Agência Nacional de Saúde Suplementar (2016). Nesse esquema, a estrutura de compras públicas e privadas das instituições de saúde no Brasil por muitos anos favoreceu os produtos mais caros. Esse segmento é historicamente atrofiado na estrutura produtiva nacional, com ampla vantagem dos importados na absorção do mercado interno. Hasenclever et al. (2018) complementa citando impasses na regulação do mercado desses produtos e nessa gestão de compras, que simplificam a penetração das versões importadas dos OPMEs.

Ainda, Hasenclever et al. (2017) citam que o ambiente institucional e empresarial é desvantajoso para a instalação de unidades locais de produção de multinacionais, provavelmente por uma articulação ainda frágil e insuficiente do sistema desenhado por Oliveira (2010), além de escalas de produção que acabam por ser menores para esses produtos no Brasil. Segundo Pieroni et al. (2010), a presença de subsidiárias no país são atrativas a partir do momento que estrategicamente podem atender a demanda por exportações para outros países em desenvolvimento.

Por fim, o que ainda dificulta o favorecimento à produção local especificamente nas compras públicas é a gestão descentralizada do SUS entre municípios, estados e união, cada um com licitações próprias para aquisição de produtos de alto valor unitário, como destaca Hasenclever et al. (2020). Dessa forma, a escolha entre produtos nacionais ou importados acaba sendo dispersa e sem um planejamento regional satisfatório para reverter esse quadro.

O saldo da situação de dependência externa ao final da década de 2010 é um diagnóstico que já havia sido indicado por Pieroni et al. (2010) sobre os anos 2000: a indústria brasileira especializou-se em produtos de menor valor agregado, de acordo com Valentim (2022), onde predominam suas vantagens comparativas no comércio internacional. O autor indica que a presença maciça de microempresas no setor de EMHO (cerca de 87,1% em 2020) é característica do segmento de materiais de consumo, onde as barreiras à entrada de novos competidores são significativamente menores que em outros segmentos mais intensivos em tecnologia.

O crescimento médio da década de 2010 manteve-se praticamente o mesmo dos anos 2000, levemente acima, com 10,7%, de acordo com Valentim (2022). No entanto, mesmo olhando exclusivamente para o crescimento da produção interna, há

um claro sinal de alerta dado por Valentim (2022) acerca da inovatividade das empresas nacionais: menos empresas implementaram inovações de processo ou de produto, assim como também diminuíram o gasto relativo delas com atividades inovativas no período 2015-2017, última edição da PINTEC trienal. Isso não só distancia o Brasil da fronteira tecnológica internacional no setor, como também prejudica a manutenção do crescimento das empresas nacionais. De 2009 a 2017, a indústria nacional foi lançando cada vez menos produtos com grau de novidade internacional; prevaleceram, segundo a análise de Valentim (2022), o crescimento no número de produtos novos apenas a nível nacional.

2.3 Síntese e Hipóteses

A indústria brasileira de EMHO surgiu no esteio do PSI com uma estratégia de diversificação que esteve longe de ser completa, de acordo com Furtado e Souza (2001). A crise de hiperinflação e de poder de investimento do Estado brasileiro levaram a uma abertura forçada de toda a economia na década de 1990, que gerou perdas importantes na capacidade produtiva da indústria nacional. A estratégia de algumas empresas de EMHO instaladas no Brasil mudou para uma de especialização produtiva.

A década de 2000 trouxe de novo o poder de agência do Estado brasileiro sobre o setor, o que foi acompanhado por um crescimento no seu faturamento e no seu número de empresas, de acordo com Pieroni et al. (2010), porém com um aumento na dependência de importações, conforme Gadelha (2003). A década de 2010 trouxe um grande desenvolvimento na estrutura do sistema setorial de inovação de EMHO, mas a recessão de 2015 impactou, entre outras coisas, o volume de investimento em atividades inovativas e o grau de inovatividade do setor, segundo Valentim (2022).

A literatura das últimas décadas deixa hipóteses bem claras: o aumento na dependência externa do Brasil na indústria de EMHO e a especialização produtiva em produtos de menor complexidade tecnológica. Elas estão no centro desta pesquisa.

3 – METODOLOGIA

A PINTEC a principal fonte de informação sobre inovação no país. No entanto, sua periodicidade trienal e o número reduzido de observações no recorte setorial da CNAE 2.0 oferecem uma amostra de apenas 8 observações, o que praticamente inviabiliza a aplicação de modelos de regressão com poder estatístico adequado.

Tendo essa limitação em mente, buscou-se captar e analisar os efeitos econômicos da inovação no setor de EMHO no Brasil ao longo do tempo. Com base nas hipóteses e suposições reunidas na revisão bibliográfica, este trabalho selecionou indicadores para três dimensões de análise: a de produtividade total dos fatores de produção, a de dependência externa e a de complexidade tecnológica da indústria de máquinas e equipamentos médicos, hospitalares e odontológicos. Essa combinação multidimensional de variáveis está alinhada à abordagem dos sistemas setoriais de inovação, permitindo compreender de forma abrangente a dinâmica inovativa do setor de EMHO.

3.1 Análise dos dados da PIA-Empresa

Para este trabalho, foram selecionados os dados da Pesquisa Industrial Anual – Empresa (PIA-Empresa) do IBGE, presentes *online* no Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) por estarem disponíveis de forma gratuita e irrestrita. Considerando que na CNAE 2.0 há dois grupos (“26.6 – Fabricação de aparelhos eletromédicos e eletroterapêuticos e equipamentos de irradiação” e “32.5 – Fabricação de instrumentos e materiais para uso médico e odontológico e de artigos ópticos”) ligados ao setor em estudo, que no SIDRA há uma observação por grupo da CNAE 2.0 por ano, e que essa classificação é válida para o período 2007 a 2023 (último ano disponível da série), podemos fazer uma estimação de dados em painel com 34 observações. O período de vigência da CNAE 1.0, de 1996 a 2006, não foi incluído pela presença de significativas discontinuidades nas correspondências entre as classificações 2.0 e 1.0.

3.1.1 Seleção das Variáveis

Observando a tabela de correspondências de IBGE (2016), o grupo 26.6 do CNAE 2.0 corresponde ao grupo “33.10-3 Fabricação de aparelhos e instrumentos para usos médico-hospitalares, odontológicos e de laboratórios e aparelhos ortopédicos”, excluindo-se “a fabricação de instrumentos não eletrônicos, mobiliário médico-hospitalar; aparelhos ortopédicos; instalação sob contrato” (IBGE, 2016, p. 9). Já quando analisamos a correspondência do grupo 32.5 do CNAE 2.0, ele aparece relacionado com 6 diferentes grupos do CNAE 1.0, 4 dos quais não estão diretamente ligados ao setor aqui analisado, como é possível verificar no Quadro 1 no Anexo. Ainda, para os anos abrangidos pela CNAE 1.0, a classe 24.54-6 não aparece explicitamente, estando contida no grupo “24.5 Fabricação de produtos farmacêuticos”, o qual vai além do escopo da EMHO.

Para a medida de produção (Y), Cavalcante e De Negri (2014) indicam o valor adicionado (VA), o valor da transformação industrial (VTI) ou a produção física. Bruno (1984), por exemplo, sugere que seja utilizada a produção física, em detrimento do VA, o qual, segundo o autor, traz viés quando calculado a partir de variáveis de insumo e de produto deflacionadas com um único índice de preços (o problema da dupla deflação), o que nem sempre é realista. Neste estudo optou-se pelo VTI, assim como Gonçalves e Parré (2009) e Torezani (2020), pois remove apenas o custo das operações industriais, que é uma parte do consumo intermediário mais restrita à área operacional da empresa. O consumo intermediário inclui outros tipos de custo, como publicidade e propaganda, serviços de terceiros, segundo IBGE (2012), que são substitutos de capital ou trabalho próprios, o que envolve uma escolha racional da firma. Isso gera no VA um problema de variável omitida, conforme Basu e Fernald (1997). Ao mesmo tempo, os serviços prestados por firmas externas, tornando o VA sujeito a choques de produtividade exógenos não observados, como discutido por Levinsohn e Petrin (2003) e Akerberg, Caves e Frazer (2015). O custo das operações industriais é menos afetado por esses problemas do que o consumo intermediário.

Assim, o VTI ainda é uma medida de valor econômico melhor que a produção física, e menos viesado que o VA. De modo análogo, para o fator trabalho (L), utilizou-se o apenas número médio de pessoal ocupado ligado à produção no ano, presente na tabela 1842 da PIA-Empresa, excluindo a quantidade de pessoal ligado às áreas administrativa, financeira, *marketing*, vendas, etc. O fator capital (K) foi obtido indiretamente através do método do inventário perpétuo a partir do valor do

investimento, utilizando-se como *proxy* a variável “Ativo imobilizado - aquisições - valor (Mil Reais)”, da tabela 1843 da PIA-Empresa

3.1.2 Deflacionamento das Variáveis Monetárias

Um tratamento fundamental aos dados é deflacionar as séries monetárias, especialmente o VTI (Y) e o investimento (I), antes de ser convertido no capital. Para tanto, optou-se por utilizar o Índice de Preços ao Produtor Amplo – Oferta Global (IPA-OG) da Fundação Getúlio Vargas, voltado para produtos industriais e agropecuários no atacado. Um índice mais específico do setor é coerente com o tratamento correto dos problemas alertados por Bruno (1984). Os valores do índice são mensais. Como as séries do VTI e do investimento e, portanto, do capital são anuais, os valores dos índices são convertidos para anual através de média aritmética.

$$IPAOG_{ano} = \frac{\sum_{m=1}^{12} IPAOG_{mês,m}}{12} \quad (1)$$

Utilizando-se como base o ano de 2015, por exemplo, o deflator anual fica:

$$Deflator_{real_t} = \frac{IPAOG_t}{IPAOG_{2015}} \times 100 \quad (2)$$

Com isso, é possível deflacionar os valores das variáveis analisadas:

$$Variável_t^{real} = \frac{Variável_t^{nominal}}{Deflator_t} \quad (3)$$

O uso desse índice como deflator é feito, por exemplo, por Assunção (2018) e indicado por CNI (2016). Com esse tratamento a maior parte das variáveis da PIA-Empresa estão prontas para serem modeladas. A exceção é a série de capital, cujo tratamento é indicado na próxima seção.

3.1.3 Construção da Série do Estoque de Capital

A PIA-Empresa não possui uma variável de estoque de capital, apenas de investimento, o que nos indica a necessidade de calcular indiretamente a variável K. Para isso, será utilizado o método do inventário perpétuo, da mesma maneira que Mendonça, Pereira e Pinna (2020) e Mendonça et al. (2025).

$$K_t = (1 - \delta)K_{t-1} + I_t \quad (4)$$

Em que I é o investimento e δ é a taxa de depreciação. Em um estudo envolvendo o estoque de capital de 122 países, Berlemann e Wesselhöft (2017) observam uma faixa crescente de 6% a 8,8% na curva da taxa de depreciação de ativos fixos não-residenciais entre os anos de 1950 e 2014. Benegas e De Souza (2024) observam uma taxa de 8,8% para o segmento de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos na indústria brasileira (divisão 26 da CNAE 2.0, na qual está o grupo de aparelhos eletromédicos e eletroterapêuticos e equipamentos de irradiação¹). É razoável, então, utilizar uma taxa de 8% e testar a robustez dos dados para 6% ou 10%. Para a variável investimento utilizamos o valor de “Ativo imobilizado – aquisições”, presente na tabela 1843 da PIA-Empresa. Com ele calculamos primeiro o estoque de capital inicial, conforme estimado por De Souza e Pinto (2015), para depois obtermos a série histórica do estoque de capital.

$$K_0 = \frac{I_0}{g + \delta} \quad (5)$$

Temos a taxa de crescimento do investimento g , calculada pela média aritmética das taxas de crescimento anuais do investimento no período 2007-2023, que nos traz uma estimativa para o estoque de capital inicial. A partir dela, o valor de K nos demais períodos são aferidos e temos, enfim, as variáveis ficam prontas para serem estudadas.

3.1.4 Indicadores de Intensidade Tecnológica e Agregação de Valor

Esta seção busca de forma indireta analisar a complexidade tecnológica dos produtos de EMHO fabricados internamente, verificando a aceitabilidade das conclusões de Pieroni et al. (2010) e Valentim (2022) de que essa complexidade é baixa. Os dados disponíveis não permitem medir esse aspecto diretamente, mas possibilitam estudar a agregação de valor, a intensidade de capital e os salários médios da indústria nacional, que refletem características importantes desse objeto de análise.

¹ Benegas e Souza (2024) fazem a estimação das taxas de depreciação dos setores listados na PIA-Empresa, mas não incluem a divisão “32 Fabricação de produtos diversos”, onde está contido o outro grupo aqui estudado, “32.5 Fabricação de instrumentos e materiais para uso médico e odontológico e de artigos ópticos”, por isso apenas a taxa de depreciação do grupo 26.6 foi considerada.

A intensidade de capital² é o mesmo fator tratado na especificação alternativa da função Cobb-Douglas, ou seja, a razão entre estoque de capital e quantidade de trabalhadores empregados:

$$\frac{K}{L} \quad (6)$$

Nesta pesquisa, espera-se que setores de maior complexidade tecnológica tendam apresentar tanto maiores valores na PTF, na relação com progresso tecnológico observada por Solow (1957), quanto maior grau de empregabilidade de capital por trabalhador. O fator trabalho também é impactado, pois maior complexidade tecnológica na produção exige maior qualificação dos recursos humanos, e espera-se que esses setores apresentem valores de salários médios por trabalhador mais altos:

$$\frac{\text{Massa Salarial}}{L} \quad (7)$$

Por fim, na análise do aspecto de complexidade tecnológica é interessante observar se há maior agregação doméstica de valor. Vale observar que é possível ter alto valor agregado e baixa complexidade, como em nichos regulados, assim como também pode ocorrer simultaneamente menor valor agregado e maior complexidade tecnológica, que é o caso de setores sujeitos a commoditização tecnológica. O indicador escolhido é a razão entre o VTI e o Valor Bruto da Produção (VBP), variável utilizada por Gonçalves e Parré (2009):

$$\frac{VTI}{VBP} \quad (8)$$

Assim, com indicadores que não apareceram tão frequentemente na literatura para estudar a indústria nacional de EMHO, pode-se observar esse aspecto da complexidade de outros ângulos complementares. Esses indicadores também conversam com as estatísticas descritivas dos dados da PINTEC.

3.1.5 Análise da Produtividade Total dos Fatores

O uso da produtividade total dos fatores como medida dos efeitos econômicos das atividades inovativas passa primeiramente por Solow (1957), que observa que a PTF capta o crescimento de produção não explicado pela variação em capital ou

² Também chamada de estoque de capital per capita.

trabalho, em especial o progresso tecnológico. Griliches (1979) vai além incluindo uma variável de estoque de conhecimento na função Cobb-Douglas como terceiro fator de produção (além de capital e trabalho) para avaliar a contribuição das atividades de pesquisa e desenvolvimento no crescimento da produtividade. Utilizando essa mesma forma funcional, Hall (2011) analisa o crescimento da PTF como indicador de inovação em diversos países e conclui tratar-se de uma boa medida de sucesso para diversos tipos de inovação, seja a nível da firma, setorial, regional, entre outros. Essa conclusão é válida mais especialmente no longo prazo (mais de 5 anos) do que no curto ou médio prazo, segundo Hall (2011). A PTF é, segundo o autor, um importante canal de transmissão de esforços inovativos para o desenvolvimento econômico.

A produtividade total dos fatores é também comumente utilizada como indicador de desempenho tecnológico, refletindo eficiência técnica e na alocação dos fatores de produção, como visualiza Syverson (2011), assim como efeitos cumulativos de aprendizado, difusão de conhecimento e mudanças organizacionais. Para estimar a produtividade dos fatores de produção, capital e trabalho, e os retornos de escala, estimou-se uma função de produção Cobb-Douglas a partir dos dados da PIA-Empresa, cujos registros mais atuais são do ano de 2023. Alternativamente à forma funcional proposta por Cobb e Douglas (1928), temos a de Ulveling e Fletcher (1970), que admite que os retornos de escala nem sempre são constantes:

$$Y = AK^{\alpha}L^{\beta} \quad (9)$$

Onde K é o fator capital, L é o fator trabalho e Y é a produção. Para a estimação econométrica dos parâmetros da função, onde A é a produtividade total dos fatores, α é a elasticidade-produto do capital e β a elasticidade-produto do trabalho, tomou-se a forma logarítmica dessa função:

$$\ln Y = \ln A + \alpha \ln K + \beta \ln L + \varepsilon \quad (10)$$

A hipótese de retornos constantes de escala ($\alpha + \beta = 1$) é testada com teste F de Wald (1943) nos termos de Douglas (1948) para hipóteses lineares em Mínimos Quadrados Ordinários (MQO). Outro aspecto dessa estimação econométrica é que o valor encontrado para o parâmetro A da função Cobb-Douglas, a Produtividade Total dos Fatores (PTF), é uma constante. Para obtermos uma série temporal dessa variável, utiliza-se o seguinte cálculo:

$$\ln A = \ln Y - \alpha \ln K - \beta \ln L \quad (11)$$

O tamanho amostral (N) de 34 observações traz limitações para esse estudo. Não é a primeira vez que se faz uma estimação da produtividade total de fatores com

uma função Cobb-Douglas com esse tipo de desagregação dos dados da PIA. Mendonça et al. (2025) faz esse exercício para 29 setores, embora a nível de divisão da CNAE 2.0, e não grupo, para os anos de 2007 a 2019. Gonçalves e Parré (2009) também fazem um exercício parecido na indústria de alimentos, embora estimando a produtividade total dos fatores. Outrossim, Jenkins e Quintana-Ascencio (2020) verificam que com $N \geq 25$ pode-se fazer inferências acuradas, mesmo com variância alta nos resíduos, se o número de parâmetros da regressão não for alto.

Há um problema bastante comum nas estimações de funções Cobb-Douglas: a multicolinearidade, como retratado por Farrar e Glauber (1967). Doll (1974) cita os problemas convencionais na refutação dessa hipótese em MQO, como o aumento da variância do erro padrão dos estimadores das elasticidades do produto em relação ao capital e ao trabalho (α e β), que compromete o poder dos testes de significância. No caso de multicolinearidade perfeita, em que um fator de produção acaba sendo uma combinação linear do outro, o autor indica que a estimação ainda tem poder estatístico quando feita de forma combinada ($\alpha + \beta$ conjuntamente) em apenas um dos fatores, retirando-se o outro da equação. Isso permitiria testar a hipótese de retornos constantes de escala.

O tratamento dado por Doll (1974), supondo minimização de custos em unidades de produção agrícola (com características específicas de substituição e complementaridade em fatores de produção), tem aplicação limitada para multicolinearidade alta, mas não perfeita. Tratamentos alternativos para esse problema na função Cobb-Douglas envolvem o uso da relação positiva entre a produtividade do trabalho e o estoque de capital por trabalhador, a qual pode ser derivada de sua própria forma funcional, conforme mostrado por Cavalcante (2015), que faz essa estimação alternativa, no caso de retornos constantes de escala:

$$\frac{Y}{L} = \frac{AK^\alpha L^{1-\alpha}}{L} = A \frac{K^\alpha L L^{-\alpha}}{L} = A \frac{K^\alpha}{L^\alpha} = A \left(\frac{K}{L} \right)^\alpha \quad (12)$$

Assim, as variáveis estão prontas para serem testadas e utilizadas no modelo da função Cobb-Douglas. O modelo primeiramente é testado para significância conjunta através de teste de estatística F de Fisher e depois para cada uma das variáveis regressoras com estatística t de Student. Caso a hipótese nula de ausência de efeito das variáveis independentes sobre a variável dependente seja rejeitada, serão testadas também a autocorrelação dos resíduos com teste de Breusch-Godfrey/Wooldridge, a heterocedasticidade dos resíduos com teste de Breusch-

Pagan e a normalidade na distribuição dos resíduos com teste de Shapiro-Wilk. A presença de multicolinearidade nas variáveis dependentes é testada pelo Fator de Inflação da Variância (FIV); a qual indica problemas na especificação ao apresentar valores maiores do que 10.

Por fim, estimada a PTF, é feito teste de tendência determinística através de regressão linear contra a variável de tempo. Pelo tamanho da amostra, não foram feitos testes de estacionariedade, pelos problemas discutidos por Sims (1988) sobre as propriedades assintóticas desses testes, em especial o de Dickey-Fuller, onde amostras finitas podem ter valores acidentalmente caindo fora dos intervalos de confiança dos testes, mesmo quando forem fruto de processos estacionárias, mas que não possuem observações suficientes para atingirem os intervalos de confiança. Esses testes podem acabar sendo muito conservadores para amostras menores.

3.2 Indicadores de Dependência Externa

A análise da dependência externa complementa a análise de inovação, intensidade tecnológica e produtividade total dos fatores ao investigar o papel da inserção internacional na dinâmica produtiva e inovativa do setor de EMHO. Com ela, é possível avaliar se a integração com os mercados internacionais favorece a acumulação de aprendizado tecnológico, ou, por outro lado, a especialização produtiva em segmentos de menor complexidade tecnológica.

Os dados de importação (M) e de exportação (X) foram extraídos da Comex Stat, disponibilizados pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC), que vem medidos em dólar – valor US\$ FOB (*Free on Board*). Para conversão, foram utilizadas as cotações disponíveis no Sistema Gerenciador de Séries Temporais (SGS) do Banco Central do Brasil (BCB). A série escolhida foi a “3698 - Taxa de câmbio - Livre - Dólar americano (venda) - Média de período - mensal - u.m.c./US\$”. Como os indicadores calculados utilizam os dados de valor bruto de produção da PIA, que são anuais, as médias mensais do período 2007-2023 foram convertidas em média anual por média aritmética simples.

Com os valores médios anuais de cotação do dólar, a conversão para real é feita da seguinte forma:

$$\text{Valor em R\$} = \text{Valor em US\$ FOB} \times \text{Câmbio médio anual} \quad (13)$$

Após a conversão dos valores para real, as séries de X e M são deflacionadas. Além do saldo da balança comercial e do montante de importações e de exportações, este trabalho foca em três medidas para avaliar a dependência externa da indústria brasileira de EMHO: a razão entre importações e produção doméstica, o saldo comercial relativo e o coeficiente de penetração de importações. A primeira é calculada da seguinte forma:

$$\frac{M_t}{VBP_t} \quad (14)$$

Onde M_t é o montante de importações e VBP_t é o valor bruto da produção, disponível na tabela 1842 da PIA-Empresa. Quanto mais alto, mais dependência ele indica. Importante observar que os dados da Comex Stat seguem a classificação de produtos da Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM), o que difere da CNAE, utilizada pela PIA-Empresa. Para essas e as demais medidas de dependência externa foram utilizadas as tabelas de correspondências de IBGE (2026). Nosso segundo indicador é o saldo comercial relativo, que é calculado da seguinte forma:

$$\frac{X_t - M_t}{VBP_t} \quad (15)$$

Onde X_t é o montante de exportações. Dessa vez, quanto mais baixo, mais dependência externa ele indica. Por fim, o coeficiente de penetração de importações é calculado da seguinte forma:

$$\frac{M_t}{VBP_t + M_t - X_t} \quad (16)$$

Esse indicador mostra quanto da fatia do mercado nacional é atendido por importações. Quanto mais alto for esse valor, mais dependência ele sugere. Essa medida vem sendo utilizada em estudos industriais recentes, como Faleiros, Silva & Nakaguma (2016) e Black (2021), mas não especificamente nos estudos da indústria brasileira de EMHO, dentro da revisão bibliográfica feita no capítulo 2. Cabe notar que o denominador desse coeficiente corresponde ao consumo nacional aparente ($VBP_t + M_t - X_t$), como definido em Levy e Serra (2002) e Carvalho e Ribeiro (2013).

Essas medidas, em conjunto, permitem complementar as utilizadas na literatura que estuda o setor de EMHO no Brasil, e as implicações sobre a avaliação das políticas industriais. Outras perspectivas de pesquisa também podem ser indicadas.

Primeiramente será feita uma análise de tendência dos indicadores selecionados para que então a estimação da produtividade total dos fatores possa ser

procedida. Com o tratamento apontado nas seções anteriores, o movimento dos preços e a deterioração do fator capital perdem poder explicativo na variação dos dados analisados, abrindo espaço para explorar a influência de outros fatores. A quantidade de observações permite associações entre as variáveis, mas não uma inferência causal forte.

4 – RESULTADOS

Os dados coletados foram analisados no *software* RStudio. Para cada indicador foram medidas a média e a variância, e foi testada a presença de tendência. O nível de significância utilizada para os testes estatísticos foi de 5%.

4.1 Complexidade Tecnológica e Especialização Produtiva

O primeiro indicador no espectro da complexidade tecnológica e da especialização produtiva da indústria de EMHO é a intensidade do capital. É possível observar no Gráfico 1 um crescimento do indicador nos dois grupos da CNAE, mas com direções diferentes. A média agregada dos dois grupos de um estoque de capital por trabalhador de R\$ 107.414,90. Esse estoque de capital é composto por máquinas, equipamentos, terrenos, edificações, meios de transporte, entre outros. A variância do setor de EMHO é 1.679.954. O valor máximo foi de R\$ 189.604,76 por trabalhador em 2020, e o mínimo, de R\$ 29.198,32 por trabalhador em 2007. No teste de tendência observa-se uma relação positiva com coeficiente de inclinação de 6,5766.

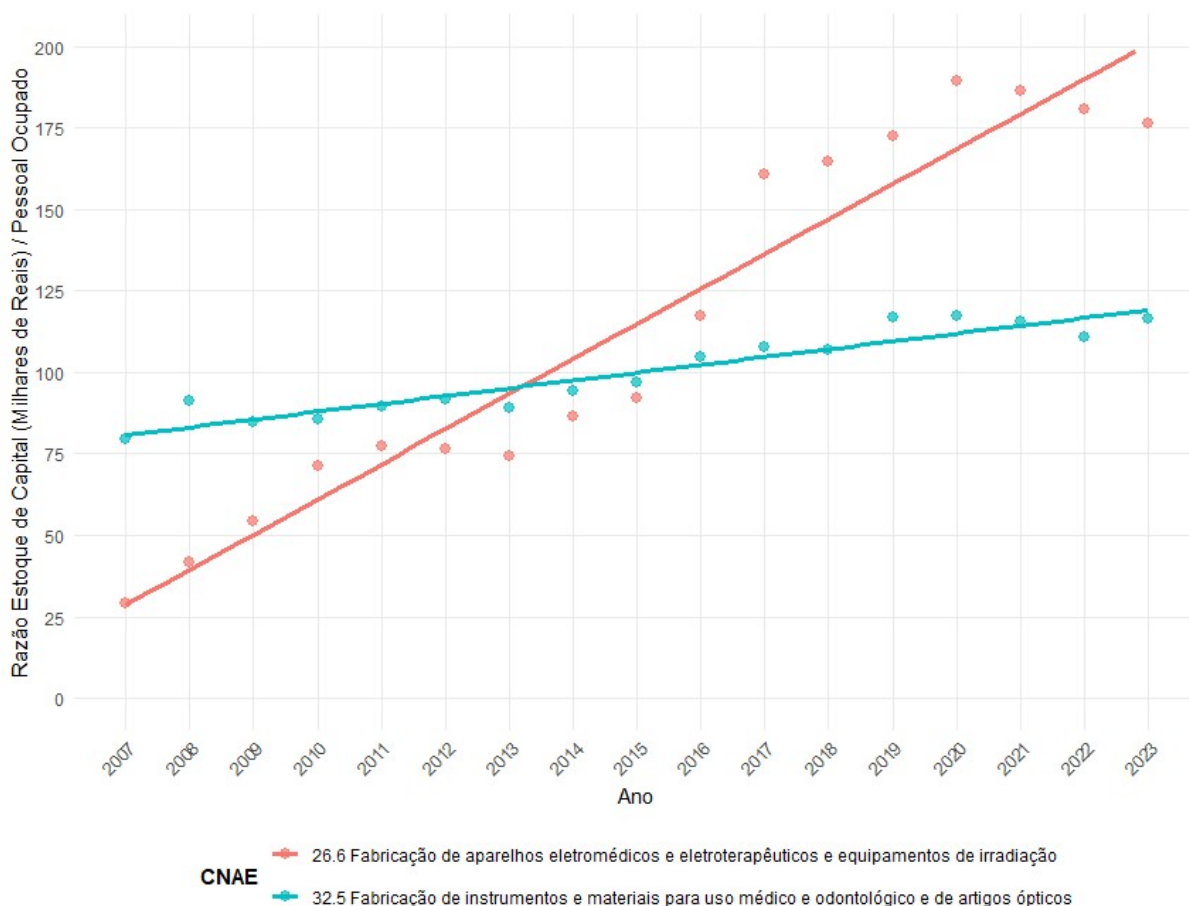
Individualmente, o grupo “26.6 Fabricação de aparelhos eletromédicos e eletroterapêuticos e equipamentos de irradiação” apresenta uma tendência estatisticamente significativa com inclinação maior, de 10,75. A média nesse subsetor é R\$ 114.845,40 de estoque de capital por trabalhador e a variância é 3.183.481. Os valores de máximo e mínimo são os mesmos de R\$ 189.604,76 por trabalhador em 2020 e R\$ 29.198,32 por trabalhador em 2007.

O grupo “32.5 Fabricação de instrumentos e materiais para uso médico e odontológico e de artigos ópticos”, por sua vez, possui uma tendência estatisticamente significativa com inclinação menor, de 2,399, e uma variância menor: 164.096,40. O valor mínimo ficou em R\$ 79.517,56 por trabalhador no ano de 2007 e o máximo em R\$ 117.432,14 por trabalhador em 2020. Os anos de pico e vale são os mesmos para os dois subsetores. A média do grupo 32.5 foi de R\$ 99.984,34 por trabalhador.

Há um movimento interessante na intensidade do capital dos dois setores: o indicador apresentou valores mais altos para grupo 32.5, onde encontra-se o segmento de materiais de consumo, até 2015. Há uma virada em 2016, quando a intensidade do capital do grupo 26.6 passa a ser maior. Nos dois subsetores a intensidade do capital diminui após a partir da pandemia. O grupo 32.5 em 2023 ainda

chegou próximo aos valores dos anos pré-pandemia com R\$ 116.430,17 de estoque de capital por trabalhador.

Gráfico 1 – Intensidade de Capital (K/L)



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da PIA-Empresa no *software* RStudio

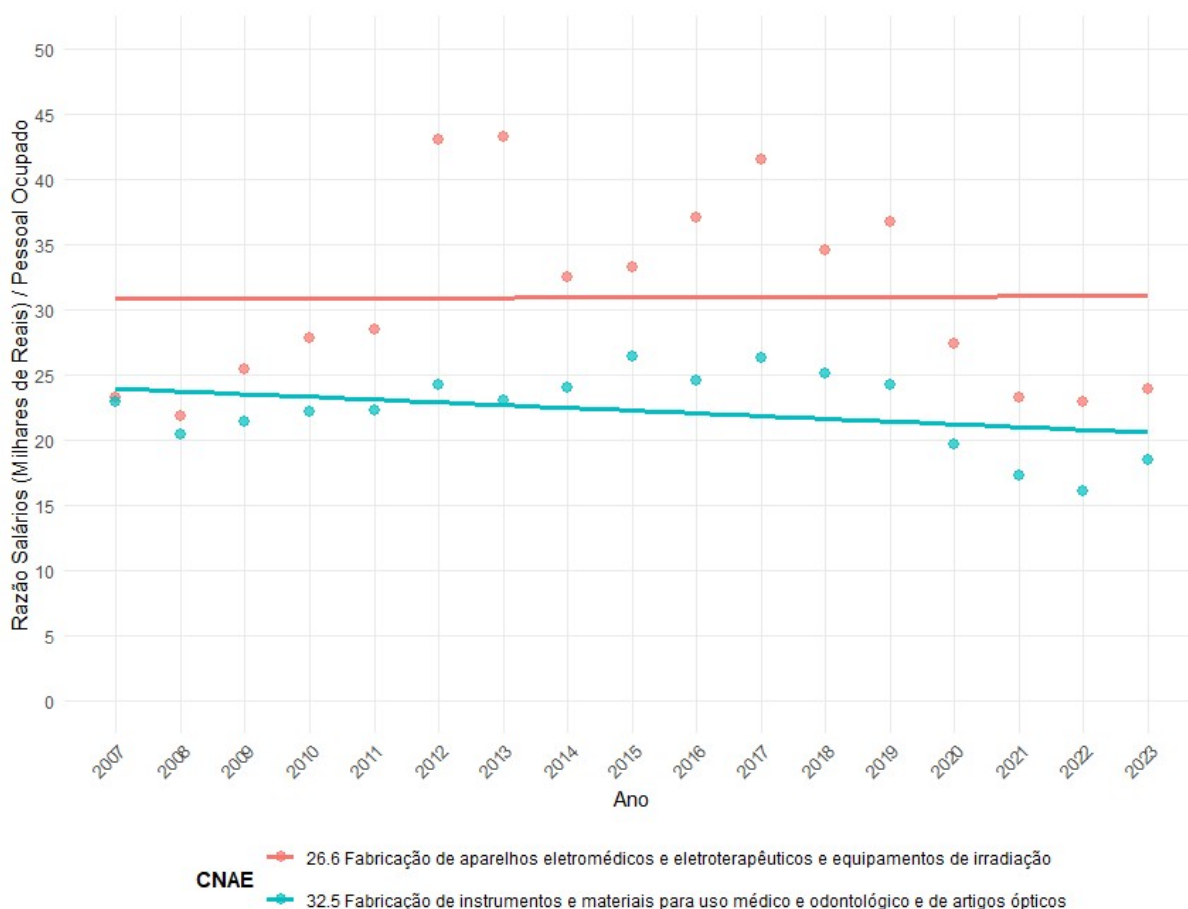
O segundo indicador analisado foi o de salário médio por trabalhador. A suposição é de que setores com maior complexidade tecnológica precisam de recursos humanos mais qualificados, o que por sua vez implicaria em salários mais altos. Os dados da PIA-Empresa indicam um comportamento mais estável desse indicador. Não há tendência significativa, nem conjunta, nem por grupo da CNAE. A média agregada é de R\$ 26.606 por ano, e a variância agregada é de 50.162,29.

Se considerarmos apenas o período pré-pandemia, havia uma tendência de crescimento com coeficiente de 0,82545. Individualmente, os dois subsectores apresentam tendência positiva, maior especificamente no grupo 26.6, com coeficiente de 1,29. Nos anos da pandemia em diante, os salários médios por trabalhador caem bastante nos dois grupos, tendo ambos apresentado os níveis mais altos entre 2012

e 2019. No grupo 32.5, especialmente, os valores a partir da pandemia são os menores da série.

A média do grupo 26.6 ficou em R\$ 30.941,07 por ano, o máximo em R\$ 43.190,54, o mínimo em R\$ 21.842,53, e a variância em 54.441,22. Já no grupo 32.5, a média foi de R\$ 22.271,39, o mínimo foi de R\$ 16.092,47, o máximo de R\$ 26.380,06, e a variância também foi menor que o grupo 26.6, de 9.087,95.

Gráfico 2 – Salário Anual Médio por Trabalhador Ligado à Produção (em Milhares de Reais) (Salários/L)

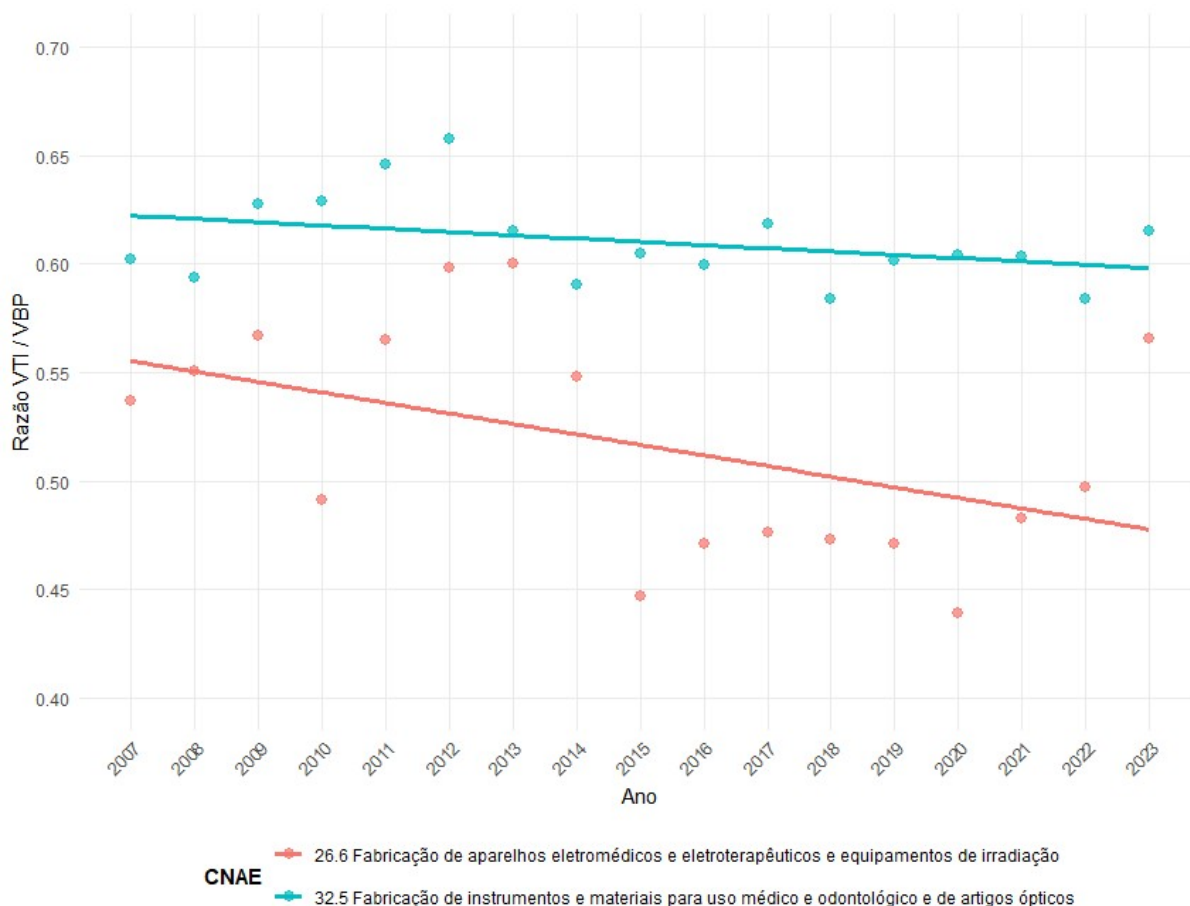


Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da PIA-Empresa no *software* RStudio

Por fim, o terceiro indicador analisado é a razão entre o valor da transformação industrial e o valor bruto da produção (VTI/VBP). Os valores no período de 2007 a 2023 ficam entre 0,4394091 e 0,5998714 para o grupo 26.6 da CNAE, com o pico em 2013 e o vale em 2020. Há uma boa recuperação em 2021, com subsequente aumento, chegando a 0,5657787 em 2023. A sua média é 0,5166. É possível ver que o indicador está em um patamar mais alto entre os anos de 2007 e 2014, e em um

bem mais baixo entre 2015 e 2022. A variância do indicador desse subsetor da indústria de EMHO é de 0,0028.

Gráfico 3 – Agregação de Valor (VTI/VBP)



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da PIA-Empresa no *software* RStudio

No grupo 32.5 da CNAE (no Gráfico 1 em azul), a variância é menor (0,0004) e os valores do índice de agregação de valor são mais altos, com média de 0,61, variando entre o mínimo de 0,5836877 em 2018 e o máximo de 0,6573466 em 2012. O indicador nesse subsetor foi pouco afetado na pandemia, pois o valor em 2020 (0,6038510) ficou bastante próximo ao do ano anterior (0,6013279) e ao do subsequente (0,6035028). Em 2022 e 2023 os valores oscilaram, mas em torno do mesmo patamar dos anos da pandemia.

De fato, os indicadores de agregação de valor são altos para os dois grupos de CNAE no período analisado. A média agregada ficou em 0,56 e a variância conjunta dos dois grupos ficou em 0,003795899. No teste de tendência agregada para esses dois subsetores, foi encontrada uma relação negativamente inclinada de -0,00318,

que significa que há uma redução percentual ano a ano no valor do indicador de 0,318%. O modelo de efeitos fixos de tendência mostrou-se bem-comportado, sem evidência de autocorrelação, heterocedasticidade ou não-normalidade na distribuição dos resíduos da regressão. Não há tendência estatisticamente significativa para os dois grupos separadamente.

4.2 A Função de Produção e A Produtividade Total dos Fatores

O primeiro modelo com a especificação original da função Cobb-Douglas foi estimado por dados de painel com efeitos fixos, não tendo sido possível estimar com efeitos aleatório. Assim, não foi necessário fazer o teste de Hausman. Foi estimado ainda um modelo *pooled*, ou de dados empilhados, e um teste de Chow foi processado para verificar a significância do modelo de efeitos fixos com relação a ele.

Verificou-se a estabilidade do modelo considerando os anos a partir da pandemia (2007 a 2023) ou apenas os anos pré-pandemia (2007 a 2019), assim como considerando como investimento apenas as aquisições de ativos, ou as aquisições mais as melhorias de ativos, além de três taxas de depreciação: 6%, 8% e 10%. Foram estimados 24 modelos para a especificação dada pela Equação (9), apresentados nas tabelas 1, 2 e 3. O modelo *pooled* mostrou-se mais significativo em 21 desses modelos; o modelo de efeitos fixos trouxe-se ganhos de significância estatística apenas nos modelos sem os anos da pandemia (2007 a 2019) como investimento definido apenas como aquisições de ativos.

Tabela 1 – P-Valores dos Testes dos Modelos da Função Cobb-Douglas (Taxa de Depreciação de 8%)

Taxa de Depreciação		8%			
Definição de Investimento		Aquisições		Aquisições e Melhorias	
Período		2007 a 2019	2007 a 2023	2007 a 2019	2007 a 2023
Multicolinearidade (FIV)		12,32554		10,13513	
Modelo de Efeitos Fixos	Significância (Teste t) H0: Não Significativo	Capital: 0,0003499*** Trabalho: 2,053E-08***	Capital: 0,02497* Trabalho: 7,72E-08***	Capital: 0,0006369*** Trabalho: 1,515E-08***	Capital: 0,03252* Trabalho: 7,83E-05***
	RCE H0: Retornos Constantes de Escala	0,313	0,293	0,3407	0,2347

	Autocorrelação (Teste de Breusch-Godfrey/Wooldridge) H0: Sem Autocorrelação	0,4237	0,1919	0,3601	0,1759
	Heterocedasticidade (Teste de Breusch-Pagan) H0: Sem Heterocedasticidade	0,1466	0,05587	0,163	0,07662
	Normalidade (Teste de Shapiro-Wilk) H0: Resíduos Normalmente Distribuídos	0,7606	0,3753	0,5347	0,3145
Teste de Chow para Modelo de Efeitos Fixos H0: Não Significativo		0,03757*	0,8528	0,05478	0,9937
Modelo <i>Pooled</i>	Significância (Teste t) H0: Não Significativo	Capital: 0,002542** Trabalho: 9,991E-08***	Capital: 0,004382** Trabalho: 2,373E-12***	Capital: 0,00335** Trabalho: 1,425E-11***	Capital: 0,005574** Trabalho: 1,03E-13***
	RCE H0: Retornos Constantes de Escala	2,20E-16***	2,20E-16***	6,39E-12***	2,20E-16***
	Autocorrelação (Teste de Breusch-Godfrey/Wooldridge) H0: Sem Autocorrelação	0,2041	0,1419	0,1952	0,1239
	Heterocedasticidade (Teste de Breusch-Pagan) H0: Sem Heterocedasticidade	0,1466	0,05587	0,163	0,07662
	Normalidade (Teste de Shapiro-Wilk) H0: Resíduos Normalmente Distribuídos	0,3333	0,3684	0,3223	0,3162

Nota:

*p<0,05;**p<0,01;***p<0,001

Fonte: Elaboração própria no *software* RStudio com os dados da PIA-Empresa

O que pode observar-se, no entanto, foi que nos modelos de efeitos fixos, sejam os individuais, sejam os de duas vias, a hipótese de retornos constantes de escala não foi rejeitada. Já no modelo *pooled* a hipótese foi rejeitada em todos os casos. Os testes de autocorrelação, heterocedasticidade e normalidade não apontaram evidências de problemas nos resíduos dos modelos, mas o problema de

multicolinearidade, conforme discutido no capítulo anterior, apareceu em todos os casos.

Tabela 2 – P-Valores dos Testes dos Modelos da Função Cobb-Douglas (Taxa de Depreciação de 6%)

Taxa de Depreciação		6%			
Definição de Investimento		Aquisições		Aquisições e Melhorias	
Período		2007 a 2019	2007 a 2023	2007 a 2019	2007 a 2023
Multicolinearidade (FIV)		11,22168		9,393452	
Modelo de Efeitos Fixos	Significância (Teste t) H0: Não Significativo	Capital: 0,0003582*** Trabalho: 1,091E-08***	Capital: 0,02833* Trabalho: 7,106E-08***	Capital: 0,0006235*** Trabalho: 1,388E-08***	Capital: 0,03585* Trabalho: 7,603E-08***
	RCE H0: Retornos Constantes de Escala	0,3279	2,69E-01	0,3528	0,2178
	Autocorrelação (Teste de Breusch-Godfrey/Wooldridge) H0: Sem Autocorrelação	0,4122	0,1783	0,3585	0,1644
	Heterocedasticidade (Teste de Breusch-Pagan) H0: Sem Heterocedasticidade	0,1462	0,05476	0,1595	0,07249
	Normalidade (Teste de Shapiro-Wilk) H0: Resíduos Normalmente Distribuídos	0,7302	0,4023	0,5498	0,3411
Teste de Chow para Modelo de Efeitos Fixos H0: Não Significativo		0,03873*	0,8866	0,05515	0,9689
Modelo Pooled	Significância (Teste t) H0: Não Significativo	Capital: 0,002531** Trabalho: 4,18E-11***	Capital: 0,004923** Trabalho: 5,288E-13***	Capital: 0,003253** Trabalho: 7,861E-12***	Capital: 0,006137** Trabalho: 3,032E-14***
	RCE H0: Retornos Constantes de Escala	2,20E-16***	2,20E-16***	3,18E-15***	2,20E-16***
	Autocorrelação (Teste de Breusch-Godfrey/Wooldridge) H0: Sem Autocorrelação	0,2064	0,1355	0,1987	0,1207

Heterocedasticidade (Teste de Breusch-Pagan) H0: Sem Heterocedasticidade	0,1462	0,05476	0,1595	0,07249
Normalidade (Teste de Shapiro-Wilk) H0: Resíduos Normalmente Distribuídos	0,3551	0,4008	0,3419	0,349

Nota: *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Fonte: Elaboração própria no *software* RStudio com os dados da PIA-Empresa

Na maioria dos modelos, o valor do FIV foi superior a 10 tanto para a variável de pessoal ocupado, quanto para o estoque de capital, indicando multicolinearidade alta. A exceção coube apenas ao caso dos modelos com taxa de depreciação de 6% e investimento igual a aquisições mais melhorias de ativos, em que o FIV foi de 9,393452, ainda alto bastante para indicar a necessidade de tratamento na especificação do modelo.

Tabela 3 – P-Valores dos Testes dos Modelos da Função Cobb-Douglas (Taxa de Depreciação de 10%)

Taxa de Depreciação		10%			
Definição de Investimento		Aquisições		Aquisições e Melhorias	
Período		2007 a 2019	2007 a 2023	2007 a 2019	2007 a 2023
Multicolinearidade (FIV)		13,5517		10,94063	
Modelo de Efeitos Fixos	Significância (Teste t) H0: Não Significativo	Capital: 0,0003484*** Trabalho: 1,477E-08***	Capital: 0,02224* Trabalho: 8,921E-08***	Capital: 0,0006624*** Trabalho: 1,698E-08***	Capital: 0,02982* Trabalho: 8,365E-08***
	RCE H0: Retornos Constantes de Escala	0,303	0,3145	0,3335	0,2487
	Autocorrelação (Teste de Breusch-Godfrey/Wooldridge) H0: Sem Autocorrelação	0,4356	0,206	0,3611	0,188
	Heterocedasticidade (Teste de Breusch-Pagan) H0: Sem Heterocedasticidade	0,1472	0,05713	0,1666	0,08113

	Normalidade (Teste de Shapiro-Wilk) H0: Resíduos Normalmente Distribuídos	0,7772	0,3531	0,5215	0,2871
	Teste de Chow para Modelo de Efeitos Fixos H0: Não Significativo	0,03693*	0,3641	0,05513	0,986
Modelo <i>Pooled</i>	Significância (Teste t) H0: Não Significativo	Capital: 0,002573** Trabalho: 2,455E-10***	Capital: 0,003943** Trabalho: 1,075E-11***	Capital: 0,003471** Trabalho: 2,619E-11***	Capital: 0,005119** Trabalho: 3,524E-13***
	RCE H0: Retornos Constantes de Escala	2,20E-16***	2,20E-16***	1,21E-14***	2,20E-16***
	Autocorrelação (Teste de Breusch- Godfrey/Wooldridge) H0: Sem Autocorrelação	0,2017	0,1486	0,1915	0,1271
	Heterocedasticidade (Teste de Breusch- Pagan) H0: Sem Heterocedasticidade	0,1472	0,05713	0,1666	0,08113
	Normalidade (Teste de Shapiro-Wilk) H0: Resíduos Normalmente Distribuídos	0,3182	0,335	0,3003	0,2838

Nota: *p<0,05,**p<0,01,***p<0,001

Fonte: Elaboração própria no *software* RStudio com os dados da PIA-Empresa

É interessante observar também os coeficientes de determinação (R^2 e R^2 ajustado) nos modelos *pooled*, que estão todos acima de 0,98, o que também é um indício do problema da multicolinearidade. Os valores desses coeficientes diminuem bastante nos modelos de efeitos fixos.

Tabela 4 – Coeficientes Angulares e Coeficientes de Determinação na Estimação da Função Cobb-Douglas

Taxa de Depreciação	8%			
Definição de Investimento	Aquisições		Aquisições e Melhorias	
Período	2007 a 2019	2007 a 2023	2007 a 2019	2007 a 2023

Modelo de Efeitos Fixos	Coeficientes	Capital: 0,275518 Trabalho: 0,847704	Capital: 0,184218 Trabalho: 0,680449	Capital: 0,255288 Trabalho: 0,865337	Capital: 0,160928 Trabalho: 0,687561
	R ²	0,79996	0,63874	0,78931	0,63313
	R ² Ajustado	0,77268	0,60262	0,76058	0,59644
Modelo Pooled	Coeficientes	Capital: 0,181966 Trabalho: 0,673363	Capital: 0,174363 Trabalho: 0,666431	Capital: 0,172040 Trabalho: 0,693877	Capital: 0,161292 Trabalho: 0,688196
	R ²	0,99138	0,9875	0,99119	0,98732
	R ² Ajustado	0,99063	0,9867	0,99042	0,98651
Taxa de Depreciação		6%			
Modelo de Efeitos Fixos	Coeficientes	Capital: 0,261772 Trabalho: 0,857300	Capital: 0,169649 Trabalho: 0,688356	Capital: 0,246091 Trabalho: 0,870825	Capital: 0,150341 Trabalho: 0,692867
	R ²	0,79955	0,63607	0,7897	0,63105
	R ² Ajustado	0,77221	0,59967	0,76102	0,59416
Modelo Pooled	Coeficientes	Capital: 0,173528 Trabalho: 0,680395	Capital: 0,162534 Trabalho: 0,677169	Capital: 0,166385 Trabalho: 0,697807	Capital: 0,152062 Trabalho: 0,696096
	R ²	0,99138	0,98742	0,99121	0,98725
	R ² Ajustado	0,99063	0,9866	0,99044	0,98643
Taxa de Depreciação		10%			
Modelo de Efeitos Fixos	Coeficientes	Capital: 0,289116 Trabalho: 0,837091	Capital: 0,198961 Trabalho: 0,671449	Capital: 0,263914 Trabalho: 0,859215	Capital: 0,171313 Trabalho: 0,681486
	R ²	0,80003	0,64119	0,78859	0,63498
	R ² Ajustado	0,77276	0,60531	0,75977	0,59847
Modelo Pooled	Coeficientes	Capital: 0,190395 Trabalho: 0,665997	Capital: 0,186348 Trabalho: 0,655222	Capital: 0,177458 Trabalho: 0,689881	Capital: 0,170459 Trabalho: 0,680106
	R ²	0,99137	0,98758	0,99116	0,98739
	R ² Ajustado	0,99062	0,98678	0,99039	0,98657

Fonte: Elaboração própria no *software* RStudio com os dados da PIA-Empresa

Assim, procedeu-se à estimação alternativa da função Cobb-Douglas, entre a produtividade do trabalho e a intensidade do capital, conforme a Equação 12, apresentados nas tabelas 4, 5 e 6. Nos modelos univariados, em todos os casos de taxa de depreciação, período e definição de investimento o modelo de efeitos fixos individuais mostrou-se mais significativo que o *pooled* no teste de Chow.

Tabela 5 – P-Valores dos Testes das Regressões de Produtividade vs Intensidade de Capital (Taxa de Depreciação de 8%)

Taxa de Depreciação		8%			
Definição de Investimento		Aquisições		Aquisições e Melhorias	
Período		2007 a 2019	2007 a 2023	2007 a 2019	2007 a 2023
Modelo de Efeitos Fixos	Significância (Teste t) H0: Não Significativo	Intensidade de Capital: 0.000135***	Intensidade de Capital: 0.0002887***	Intensidade de Capital: 0.0002374***	Intensidade de Capital: 0.0004359***
	Autocorrelação (Teste de Breusch-Godfrey/Wooldridge) H0: Sem Autocorrelação	0,2186	0,2867	0,2131	0,2939
	Heterocedasticidade (Teste de Breusch-Pagan) H0: Sem Heterocedasticidade	0,08678	0,06555	0,2476	0,261
	Normalidade (Teste de Shapiro-Wilk) H0: Resíduos Normalmente Distribuídos	0,5604	0,4529	0,4571	0,5086
	Teste de Chow para Modelo de Efeitos Fixos H0: Não Significativo	4,05E-09***	2,889E-10***	1,446E-08***	1,699E-09***
Modelo Pooled	Significância (Teste t) H0: Não Significativo	Intensidade de Capital: 0,4944	Intensidade de Capital: 0,1703	Intensidade de Capital: 0,1645	Intensidade de Capital: 0.03116*
	Autocorrelação (Teste de Breusch-Godfrey/Wooldridge) H0: Sem Autocorrelação	0,09742	0,1038	0,08011	0,1093
	Heterocedasticidade (Teste de Breusch-Pagan) H0: Sem Heterocedasticidade	0,08678	0,06555	0,2476	0,261
	Normalidade (Teste de Shapiro-Wilk) H0: Resíduos Normalmente Distribuídos	0,0129*	0,4168	0,03547*	0,5521

Nota: *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Fonte: Elaboração própria no *software* RStudio com os dados da PIA-Empresa

Boa parte dos modelos *pooled* mostrou-se não significativa ou não teve aceita a hipótese de normalidade na distribuição dos resíduos no teste de Shapiro-Wilk. A

significância estatística dos coeficientes das regressões apareceu apenas para o período irrestrito (2007 a 2023) com a definição de investimento incluindo aquisições e melhorias.

Tabela 6 – P-Valores dos Testes das Regressões de Produtividade vs Intensidade de Capital (Taxa de Depreciação de 6%)

Taxa de Depreciação		6%			
Definição de Investimento		Aquisições		Aquisições e Melhorias	
Período		2007 a 2019	2007 a 2023	2007 a 2019	2007 a 2023
Modelo de Efeitos Fixos	Significância (Teste t) H0: Não Significativo	Intensidade de Capital: 0,000134***	Intensidade de Capital: 0,0003461***	Intensidade de Capital: 0,0002268***	Intensidade de Capital: 0,0005053***
	Autocorrelação (Teste de Breusch-Godfrey/Wooldridge) H0: Sem Autocorrelação	0,2144	0,276	0,2126	0,28
	Heterocedasticidade (Teste de Breusch-Pagan) H0: Sem Heterocedasticidade	0,09021	0,05524	0,2042	0,1967
	Normalidade (Teste de Shapiro-Wilk) H0: Resíduos Normalmente Distribuídos	0,5679	0,5029	0,477	0,5391
	Teste de Chow para Modelo de Efeitos Fixos H0: Não Significativo	3,789E-09***	2,929E-10***	1,177E-08***	1,472E-09***
Modelo Pooled	Significância (Teste t) H0: Não Significativo	Intensidade de Capital: 0,5564	Intensidade de Capital: 0,212	Intensidade de Capital: 0,2051	Intensidade de Capital: 0,04362*
	Autocorrelação (Teste de Breusch-Godfrey/Wooldridge) H0: Sem Autocorrelação	0,103	0,1029	0,08001	0,1073
	Heterocedasticidade (Teste de Breusch-Pagan) H0: Sem Heterocedasticidade	0,09021	0,05524	0,2042	0,1967
	Normalidade (Teste de Shapiro-Wilk) H0: Resíduos Normalmente Distribuídos	0,01084*	0,3745	0,03067*	0,5603

Nota:

*p<0,05,**p<0,01,***p<0,001

Fonte: Elaboração própria no *software* RStudio com os dados da PIA-Empresa

Outra observação importante é sobre a hipótese de normalidade na distribuição dos resíduos. Nos modelos univariados ela aparece, mas apenas nos modelos *pooled* com período restrito (2007 a 2019). Incluir os anos da pandemia nesse modelo trouxe ruído na distribuição dos resíduos da regressão *pooled*.

Tabela 7 – Tabela 8 – P-Valores dos Testes das Regressões de Produtividade vs Intensidade de Capital (Taxa de Depreciação de 10%)

Taxa de Depreciação		10%			
Definição de Investimento		Aquisições		Aquisições e Melhorias	
Período		2007 a 2019	2007 a 2023	2007 a 2019	2007 a 2023
Modelo de Efeitos Fixos	Significância (Teste t) H0: Não Significativo	Intensidade de Capital: 0,0001374***	Intensidade de Capital: 0,000246***	Intensidade de Capital: 0,0002508***	Intensidade de Capital: 0,0003846***
	Autocorrelação (Teste de Breusch-Godfrey/Wooldridge) H0: Sem Autocorrelação	0,2245	0,2975	0,2145	0,3098
	Heterocedasticidade (Teste de Breusch-Pagan) H0: Sem Heterocedasticidade	0,08483	0,07604	0,2933	0,3301
	Normalidade (Teste de Shapiro-Wilk) H0: Resíduos Normalmente Distribuídos	0,5858	0,4223	0,4335	0,4773
Teste de Chow para Modelo de Efeitos Fixos H0: Não Significativo		4,334E-09***	2,811E-10***	1,76E-08***	1,919E-09***
Modelo <i>Pooled</i>	Significância (Teste t) H0: Não Significativo	Intensidade de Capital: 0,4508	Intensidade de Capital: 0,1439	Intensidade de Capital: 0,1362	Intensidade de Capital: 0,02352*
	Autocorrelação (Teste de Breusch-Godfrey/Wooldridge) H0: Sem Autocorrelação	0,09409	0,1045	0,08169	0,111
	Heterocedasticidade (Teste de Breusch-Pagan) H0: Sem Heterocedasticidade	0,08483	0,07604	0,2933	0,3301

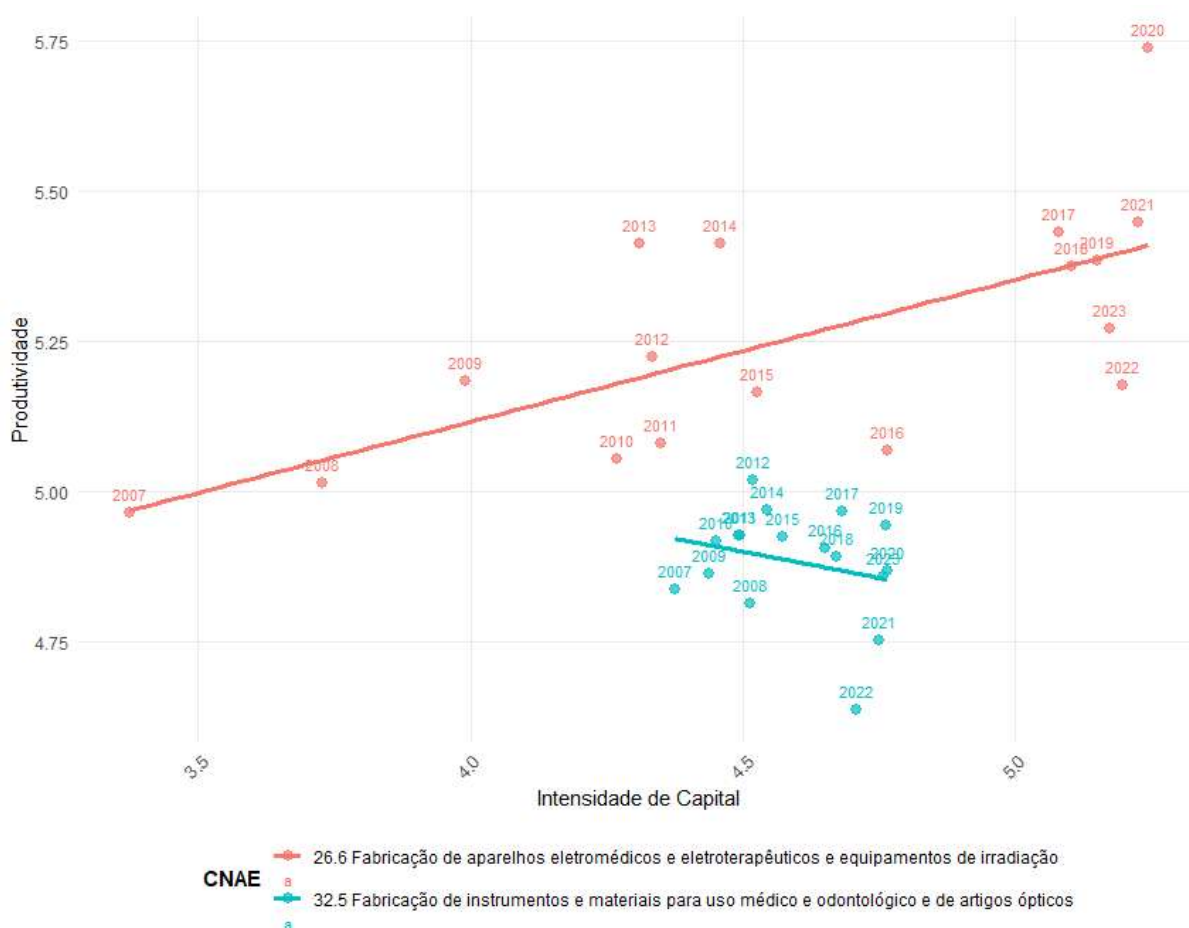
Normalidade (Teste de Shapiro-Wilk) H0: Resíduos Normalmente Distribuídos	0,01472*	0,4326	0,03941*	0,5295
---	----------	--------	----------	--------

Nota: *p<0,05;**p<0,01;***p<0,001

Fonte: Elaboração própria no software RStudio com os dados da PIA-Empresa

Desse modo, podemos concluir que os modelos *pooled* não mostraram estabilidade para a especificação da Equação 12. O ajuste ao modelo de efeitos fixos pode-se ser visualizado no Gráfico 4, onde cada grupo de CNAE aparece com diferenças nas suas inclinações: enquanto no grupo 26.6 a inclinação é positiva, no grupo 32.5 a inclinação é negativa.

Gráfico 4 – Dispersão: Intensidade de Capital vs Produtividade



Assim, independente da taxa de depreciação escolhida, da definição de investimento e, seja considerando apenas o período antes da pandemia, seja

considerando os anos da pandemia e pós, foi observada uma relação estatisticamente significativa entre a produtividade do trabalho ($\frac{VTI}{L}$) e a intensidade de capital ($\frac{K}{L}$).

Tabela 9 – Regressão de Produtividade do Trabalho e Intensidade de Capital

	Variável Dependente: Log da Produtividade (VTI/Pessoal) Coefficiente (Erro-Padrão)
Intensidade de Capital (K/L)	0,216*** (0,055)
Observações	34
R ²	0,333
R ² Ajustado	0,290
Estatística F	15,495*** (gl = 1; 31)
Nota:	*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

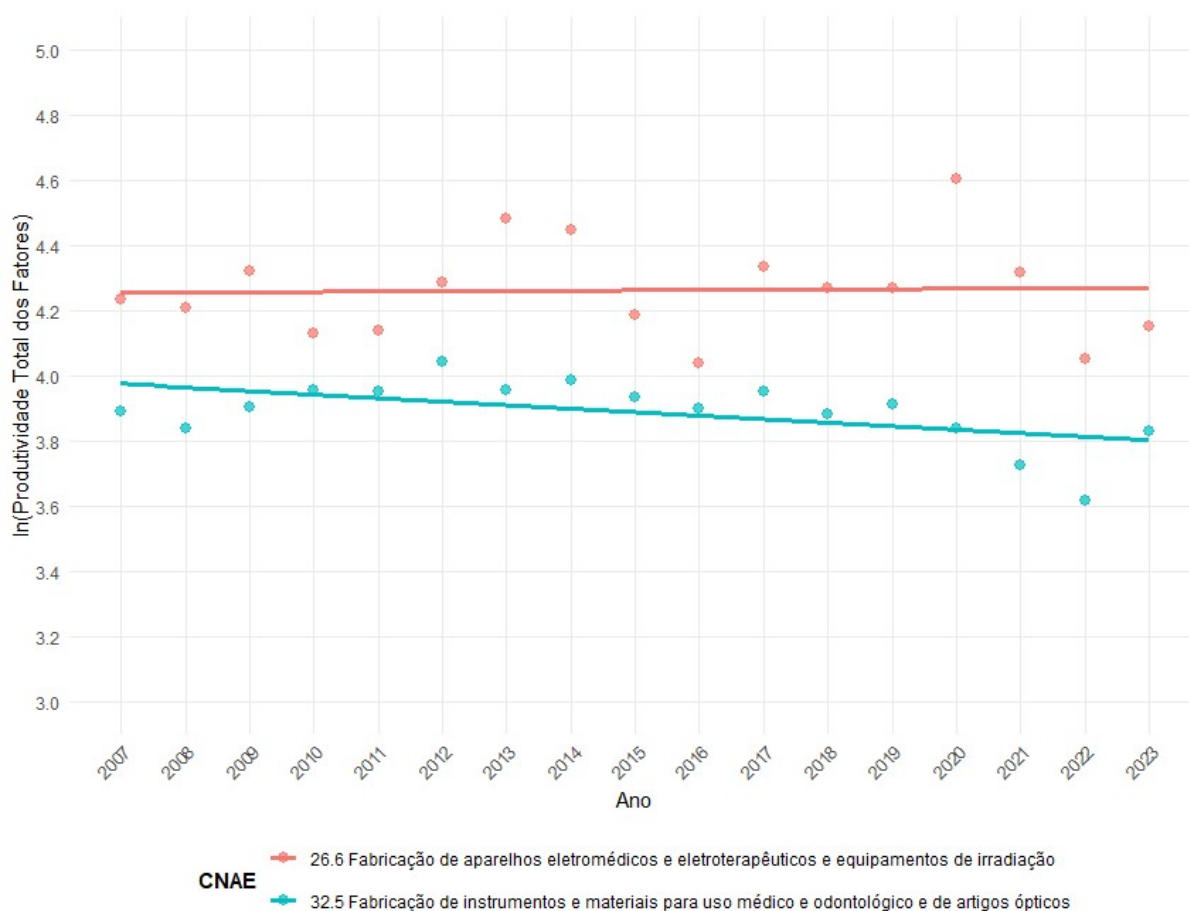
Fonte: Dados da PIA-Empresa modelados no *software* RStudio

O teste de Breusch-Godfrey/Wooldridge, com p-valor de 0,2939 e 17 graus de liberdade, não trouxe evidências para refutar a ausência de autocorrelação serial. Similarmente, o teste de Breusch-Pagan também não refutou a hipótese nula de ausência de heterocedasticidade, com p-valor de 0,261. Por fim, o teste de Shapiro-Wilk apresentou um p-valor de 0,5086, também não trazendo evidências suficientes para rejeitar a normalidade na distribuição dos resíduos. Desse modo, os testes sugerem que o modelo foi bem estimado.

Primeiramente, podemos analisar a elasticidade do capital. Como o teste de White para o modelo de efeitos fixos da especificação original de Cobb e Douglas (1928), com a mesma taxa de depreciação, definição de investimento e mesmo período apresentou um p-valor de 0,2347, não houve evidência para rejeitar a hipótese nula de retornos constantes de escala. Assim, como a elasticidade do capital foi estimada em 0,216, a elasticidade do trabalho, consequentemente, foi maior, em torno de 0,784. Isso indica que a produção da indústria brasileira de EMHO, no período de 2007 a 2023, respondeu menos a aumentos e diminuições no estoque de capital do que na quantidade de pessoal ocupado.

Utilizando a Equação (11), obtivemos a série do logaritmo natural da PTF. Ela nos mostra o quanto a eficiência do setor mudou ao longo dos anos analisados.

Gráfico 5 – Logaritmo Natural da Produtividade Total dos Fatores



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da PIA-Empresa no *software* RStudio

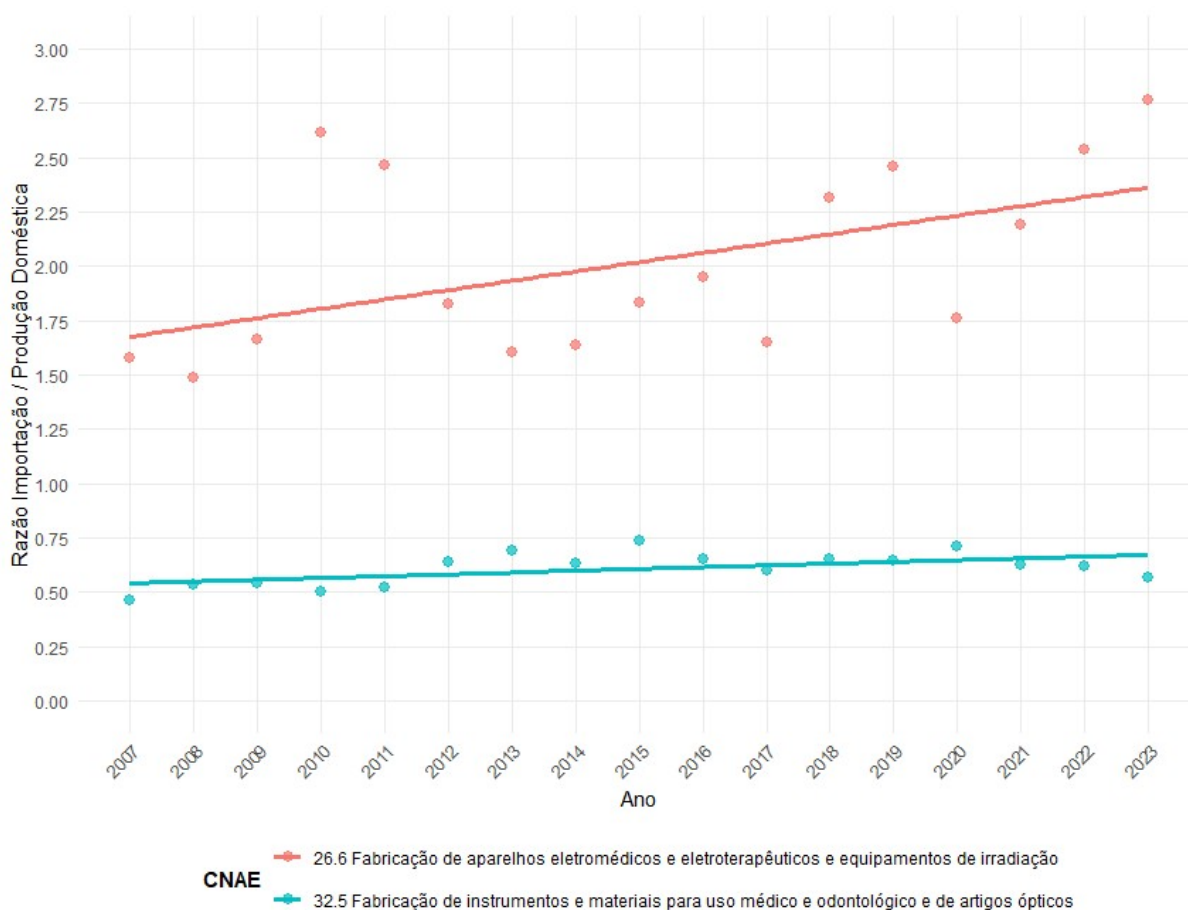
Em todos os anos é possível observar no Gráfico 5 que o subsetor 26.6 é mais eficiente do que o 32.5, e que a distância foi ainda maior no primeiro ano da pandemia (2020): cerca de 76,60%. A eficiência do subsetor de materiais de consumo e instrumentos médicos e odontológicos de fato diminuiu de 2019 para 2020. Nos dois grupos ela diminuiu também nos anos subsequentes, com um moderado aumento em 2023 – por volta de 9,91% no primeiro e 21,1% no segundo grupo. Conjuntamente, não há uma tendência significativa para o indicador da PTF, assim como também não há para cada grupo individualmente. Isso sugere que as inovações no setor não estão gerando progresso técnico para a indústria brasileira de EMHO.

4.3 Indicadores de Dependência Externa

A análise de dependência externa apontou uma distinção mais clara no comportamento dos dois grupos da CNAE. Começando pela razão entre o valor das

importações e o valor (bruto) da produção doméstica, que não aponta uma tendência estatisticamente significativa se considerarmos ambos os grupos conjuntamente. A média seria de 1,31, mas com um mínimo de 0,466, um máximo de 2,76 e uma variância de 0,60.

Gráfico 6 – Razão entre Importação e Produção Doméstica (M/VBP)



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da PIA-Empresa e da Comex Stat no *software* RStudio

Quando olhamos separadamente, enquanto o subsetor 32.5 possui um mínimo de 0,466, referente ao ano de 2007, e um máximo de 0,7378, no ano de 2015, o grupo 26.6 já apresenta um mínimo de 1,4865 em 2008, superior ao máximo do primeiro grupo, e um máximo de 2,76, no ano de 2023. A média do subsetor 26.6 para o indicador de importação sobre produção doméstica é bem alta, de 2,018695; a variância foi de 0,18. Por sua vez, a média do subsetor 32.5 foi de 0,6076 e a sua variância de apenas 0,005755.

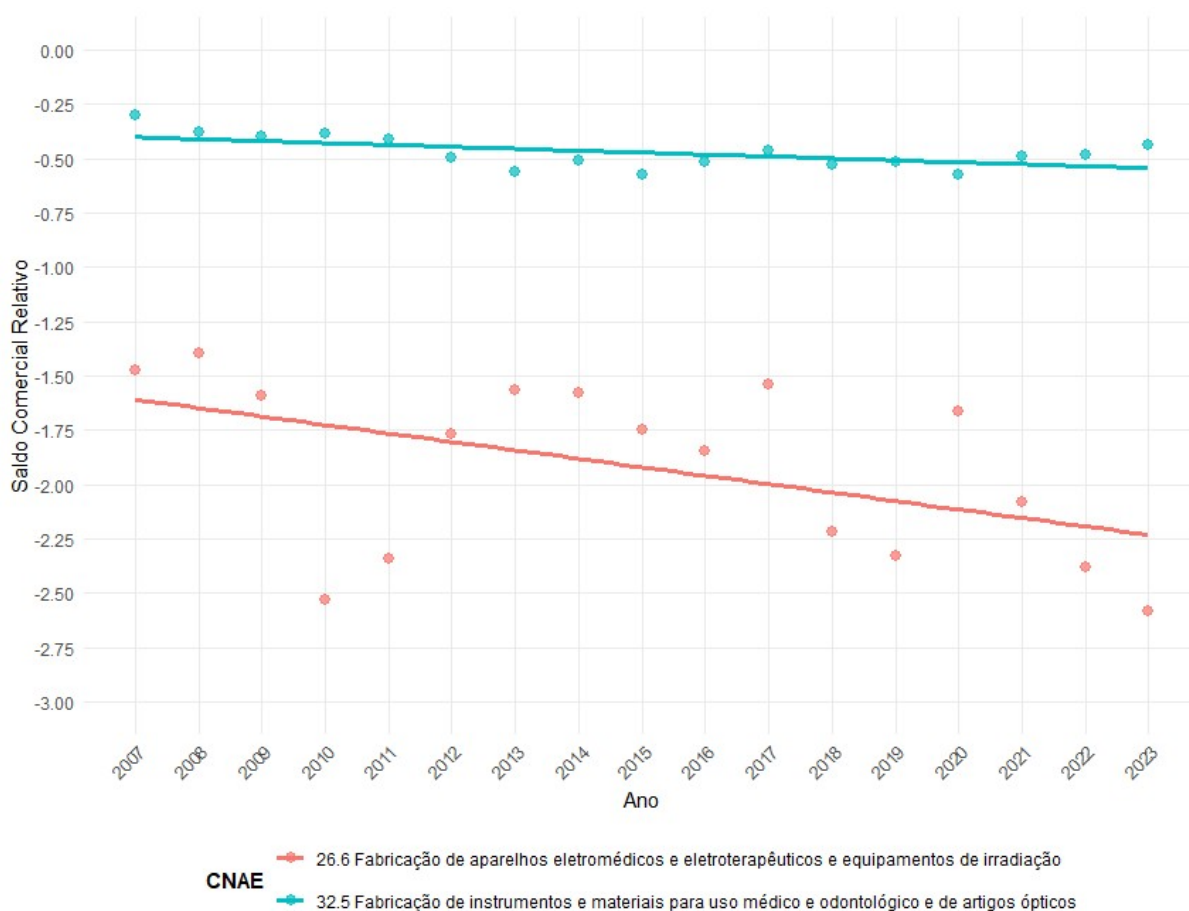
Podemos observar o primeiro fato sobre a análise de dependência externa: o volume de importação no grupo de maior complexidade tecnológica (26.6) supera o

volume de produção interna. Não bastasse isso, possui uma tendência de crescimento de 4,299% ao ano. O valor mais alto, inclusive, foi em 2023, registro mais atual da PIA-Empresa, mostrando que o valor das importações é quase três vezes maior. O grupo 32.5 ainda apresenta um indicador menor do que 1, apontando uma produção interna maior do que as importações, mas com uma tendência de crescimento de 0,8149% ao ano.

O saldo comercial relativo mostra um cenário semelhante. Em ambos os grupos da CNAE o indicador é negativo para todos os anos da série (2007 a 2023). Há também a tendência estatisticamente significativa de diminuição de 2,3886% ao ano. A média do indicador é -1,196, e a variância foi de 0,62. O valor máximo foi de -0,3 em 2007 e o mínimo de -2,5847 em 2023.

No grupo 32.5 a média do indicador saldo comercial é de -0,47, o máximo de -0,3 em 2007, o mínimo de -0,578 em 2015 e a variância de 0,0059. Não há tendência nesse subsetor, o que indica que as exportações, ainda que menores do que importações, trazem um equilíbrio para o grupo de instrumentos médicos e materiais de consumo.

O subsetor 26.6 teve uma média de -1,9197, um máximo de -1,39778 em 2008, um mínimo de -2,5847 em 2023 e uma variância de 0,1612. A tendência do período de 2007 a 2023 foi de queda no indicador de -3,889% ao ano.

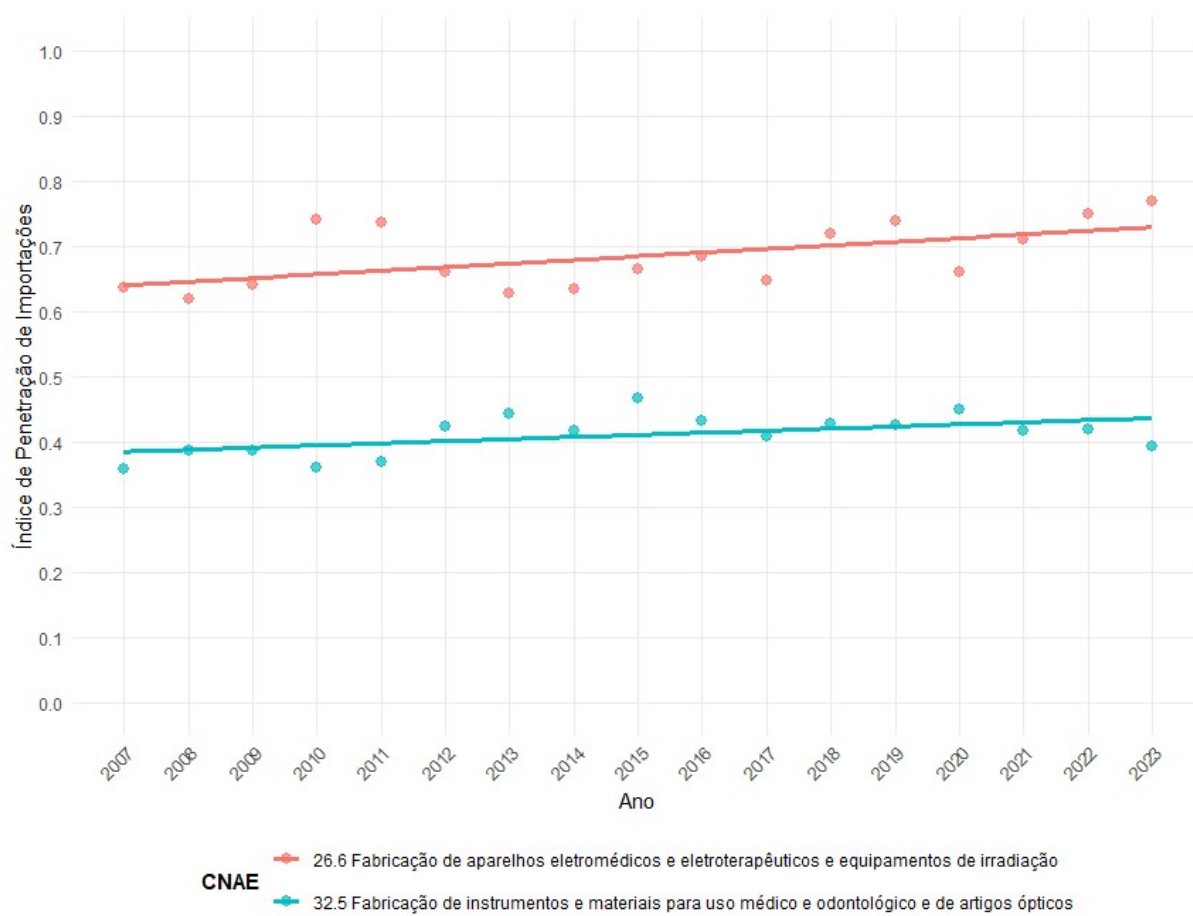
Gráfico 7 – Saldo Comercial Relativo

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da PIA-Empresa e da Comex Stat no *software* RStudio

Por fim, temos o índice de penetração de importações. A média para o período mostra que mais da metade do consumo interno de produtos da indústria de EMHO vêm de importados: 0,5481. O valor mínimo foi de 0,35857 em 2007, o máximo de 0,770269 em 2023, e a variância de 0,02097855. Há uma tendência estatisticamente significativa de crescimento de 0,43967% ao ano.

O valor mínimo do índice de penetração de importações para o grupo 32.5 foi de 0,3585707 em 2007 e o máximo foi de 0,4493 em 2020. Já o valor mínimo para o grupo 26.6 foi de 0,61996 em 2008, maior que o máximo do grupo 32.5. O máximo para o grupo 26.6 foi de 0,7702693 em 2023. A média para o subsetor 26.6 foi de 0,6850986, enquanto a do subsetor 32.5 foi de 0,4111786. A variância do grupo 26.6 foi de 0,0024; a do grupo 32.5 foi menor, de 0,000963.

Há uma tendência de crescimento para o coeficiente de penetração de importações nos dois grupos de CNAE. O coeficiente para o grupo 26.6 foi de 0,005565, enquanto o do grupo 32.5 foi de 0,003228.

Gráfico 8 – Índice de Penetração de Importações

5 – DISCUSSÃO DE RESULTADOS

No presente capítulo discutiremos os resultados encontrados neste trabalho com as evidências encontradas na revisão bibliográfica, assim como expandiremos a discussão com outras referências atuais. Ao fim, fazemos uma avaliação do impacto dos programas industriais governamentais sobre os indicadores do capítulo anterior.

5.1 Inovação no Brasil e a Literatura Recente

Neste período em que a produtividade total dos fatores permanece em um patamar inalterado, Valentim (2022) observa que a proporção dos gastos com atividades inovativas com relação à receita líquida de vendas diminuindo, considerando-se os anos de 2011 a 2017, o que pode ajudar a explicar o primeiro fato.

Analisando por tipo de atividade inovativa, Valentim (2022) mostra que, entre os anos de 2014 e 2017, tanto as atividades internas quanto externas (isto é, envolvendo parcerias) de P&D diminuíram em valor investido, embora o número de empresas com atividades internas de P&D tenha aumentado. O autor deflaciona as séries monetárias pelo IPCA, diferente do índice aqui utilizado, o IPA-OG. Nesse intervalo de tempo houve queda na PTF para os dois subsetores da indústria de EMHO. Também houve queda no número de empresas que investiram em aquisição de máquinas e equipamentos, embora nossos dados de intensidade de capital tenham mostrado crescimento nos dois grupos. Houve aumento apenas na aquisição de *softwares*, essa tanto no número de empresas, quanto no valor dispendido. O gasto com aquisição de outros conhecimentos externos além de P&D aumentou consideravelmente, ainda segundo Valentim (2022), apesar de o número de empresas que investiu nessa atividade inovativa tenha diminuído.

Kim et al. (2021) destaca como a aquisição de conhecimentos externos tornou-se uma tendência, especialmente para inovações mais ousadas, o que é uma prática mais comum em grandes empresas. Os autores destacam que esse tipo de atividade inovativa serve como estratégia de diversificação de portfólio tecnológico e que se mostrou muito eficiente, especialmente em uma era em que o ciclo de vida dos produtos é mais curto e, portanto, o ciclo de desenvolvimento das inovações também precisa ser mais rápido.

Levando-se em consideração que a maior parte das empresas da indústria de EMHO no Brasil é pequena, uma estratégia mais adequada de diversificação para as empresas estudadas acaba sendo a inversa: investir em P&D internamente, levar as ideias e projetos ao mercado e usá-las para firmar parcerias com empresas multinacionais. Esse método é chamado de inovação aberta por Kim et al. (2021), que destaca a atualidade dessa estratégia.

Fazendo um recorte na PINTEC das empresas que implementaram inovação, Valentim (2022) aponta que, de 2009 para 2017, o número de empresas da indústria de EMHO no Brasil investindo em atividades de P&D aumentou ligeiramente, assim como o valor investido. No entanto, ao considerar que essas atividades podem ser contínuas ou apenas ocasionais nas empresas, as atividades contínuas de P&D diminuíram tanto em quantidade, quanto em valor, embora também de forma comedida. De fato, ela quase não se alterou, o que pode não ser tão ruim tendo-se em mente que, de acordo com os dados de 2017 da ABIMO, Valentim (2022) registra um percentual de 87,1% de microempresas na composição do setor de EMHO. Se incluirmos pequenas e médias empresas, o percentual vai para 99,7%.

Na Europa, Browne, Sutton e Zhang (2023) argumentam que 90% das empresas do setor de EMHO são pequenas e médias, que enfrentam desafios únicos nessa indústria. Shin et al. (2023) declaram que de fato as empresas desse porte nessa indústria têm dificuldade em investir em P&D. As parcerias acaba sendo uma importante alternativa para a manutenção e desenvolvimento de suas capacidades inovativas.

Os que os dados da PINTEC mostraram para a década passada, no entanto, é que são poucas as empresas que desenvolvem inovações através de cooperações e parcerias e, no período de 2009 a 2017, elas diminuíram, conforme mostrou Valentim (2022). Os dados não trazem características dessas empresas que cooperaram, se eram do mesmo porte, se eram ambas de capital nacional, ou se a outra empresa era de capital estrangeira. No caso da parceria entre micro, pequenas ou médias empresas de capital nacional e grandes ou mesmo médias empresas de capital estrangeiro, alguns aspectos são estratégicos.

Primeiramente, é importante entender que o diferencial das pequenas e médias empresas é oferecer inovações disruptivas, ou radicais. Mckernan e Mcdermott (2022) analisam a presença de multinacionais norte-americanas na Irlanda, que possui um aglomerado muito bem-sucedido de empresas de EMHO, 75% dele composto por

empresas dos Estados Unidos. Particularmente, a “Irlanda é o segundo maior exportador europeu de dispositivos médicos, e tem o maior saldo comercial líquido de exportações na Europa” (MCKERNAN e MCDERMOTT, 2022, p. 4, tradução nossa), sendo nesse sentido uma boa referência para o Brasil, dado o seu histórico saldo comercial relativo negativo e a sua tendência de piora.

Nesse cenário, Mckernan e Mcdermott (2022) avaliam que as grandes multinacionais possuem um foco maior em inovações incrementais, deixando para as pequenas e médias empresas o papel de lançar inovações disruptivas, onde a possibilidade de isso acontecer é duas vezes maior, segundo os autores. Ray, Amaral e Hinoul (2017) afirmam que, à medida que o mercado para um produto inovador chega na sua fase madura, as inovações incrementais passam a ter um valor decrescente para os seus consumidores. Dessa forma, as inovações radicais produzidas por pequenas e médias empresas apresentam grande vantagem competitiva.

Embora Mckernan e Mcdermott (2022) detectem que as unidades produtivas das multinacionais norte-americanas na Irlanda destinam-se em maior parte às atividades manufatureiras, deixando no território dos Estados Unidos as atividades de P&D, os autores verificam que boa parte das multinacionais terceirizam também essas atividades para *start-ups*, que nada mais são do que empresas pequenas. Essa é a ponte que precisa ser cruzada para que as competências científicas que estão sendo desenvolvidas no Brasil sejam capazes de aumentar as capacidades produtivas da indústria de EMHO no Brasil. Isso porque, mesmo que o valor investido em P&D e a quantidade de empresas com esse tipo de atividade inovativa tenha diminuído, Valentim (2022) observa que a quantidade de pessoal ocupado em P&D aumentou na década passada, especialmente dos pós-graduados. Hasenclever et al. (2018) apontam diversas das competências científicas desenvolvidas, mas que ainda não encontraram a devida inserção no mercado.

Com dados de uma pesquisa qualitativa com profissionais de grandes multinacionais do setor de EMHO, Kim et al. (2021) apontam os fatores mais decisivos para que parcerias sejam firmadas com pequenas e médias empresas de países desenvolvidos como o Brasil. As mais importantes são os padrões internacionais de qualidade, como o *International Standard Organization 13485* (ISO 13485) e o *Medical Device Single Audit Program* (MDSAP), que reúne os requisitos regulatórios do mercado de EMHO no Brasil, Estados Unidos, Austrália, Canadá e Japão. Adequar-

se a esses padrões é de grande valor competitivo para as empresas brasileiras de EMHO.

Além deles, há outros sete aspectos decisivos em Kim et al. (2021). A começar pelo tipo de parceria, o mais valorizado é o acordo de licenciamento, que nada mais trata do que o compartilhamento de atividades de P&D. Ou seja, intensificar os investimentos financeiros e em contratação de pessoal qualificado precisa ser o foco das empresas do setor e das políticas de governo. Em termos de mercado foco, as grandes multinacionais do setor de EMHO valorizam nessa ordem: mercado global, economias desenvolvidas, mercados emergentes. Essa evidência de Kim et al. (2021) mostra um caminho para mirar o mercado global, que é priorizar países desenvolvidos.

Mas como produtos EMHO de mercados emergentes poderiam adentrar essas economias mais desenvolvidas como Estados Unidos e Europa? De acordo com Winterhalter et al. (2017), isso não só é possível como está acontecendo através de soluções de baixo custo, majoritariamente. Grandes *clusters* globais do setor, como o da Irlanda tem apresentado altos custos de aluguéis, perdendo espaço e investimentos para novos *clusters* da indústria de EMHO na Costa Rica e na Malásia (MCKERNAN; MCDERMOTT, 2022). Miranda e Hasenclever (2023) apontam a existência de três arranjos produtivos locais principais no Brasil (Campo Mourão, Pelotas e Ribeirão Preto), mas que ainda carecem de maior articulação com os locais onde se geram as principais competências científicas e tecnológicas do setor. Baseando-se no esquema do sistema setorial de inovação da Figura 2, de Oliveira (2010), esse papel de articulação cabe a ABDI e ao Ministério da Saúde, que seriam fundamentais para fortalecer esse potencial de inserção nos mercados dos países desenvolvidos.

Outro desafio de inserção nos mercados desenvolvidos são as suas estruturas regulatórias. Na Europa por exemplo, as mudanças recentes na legislação estão impondo critérios mais rigorosos na aprovação de novos produtos de EMHO, com impactos decisivos nas pequenas e médias empresas, especialmente em termos de custos regulatórios, de acordo com Carl e Hochmann (2024). Isso significa que a estrutura empresarial brasileira de produção de EMHO, com a característica de porte descrita por Valentim (2022), terá significativas dificuldades.

Uma saída vem sendo o lançamento de novos produtos no mercado de saúde dos Estados Unidos. É o que a Irlanda vem fazendo, de acordo com Mckernan e

Mcdermott (2022), e o que o Canadá vem fazendo também, conforme Browne, Sutton e Zhang (2023). A dificuldade maior hoje de acesso ao mercado norte-americano é a onda protecionista que se estabeleceu nos últimos anos.

Há uma dificuldade similar com outro mercado bastante atraente, mas nos países emergentes, a China, que tem imposto barreiras regulatórias (em especial o tempo para aprovação de um novo equipamento médico, maior do que o da Europa, o dos Estados Unidos e o do Brasil) e de restrição de acesso a produtos estrangeiros no setor de EMHO, de acordo com Mckernan e Mcdermott (2022).

É fato que os três indicadores de dependência externa aqui analisados (incluindo os anos mais recentes) corroboraram as evidências de Gadelha (2003), Gadelha (2006), Pieroni et al. (2010), Hasenclever et al. (2017), Hasenclever et al. (2020) e Valentim (2022), a tendência de piora nessa condição. Frente a isso, é importante discutir em que mercados o Brasil poderia projetar as suas exportações. Belova e Dyatlova (2020), traçam algumas alternativas. Ainda dentro dos mercados desenvolvidos, as autoras apontam o próprio Canadá como um dos maiores mercados para vendas de produtos de EMHO, além do Japão. Mckernan e Mcdermott (2022) apontam um processo mais eficiente de aprovação de novos produtos de EMHO no Canadá, com apenas 8 meses, enquanto no Japão (16 meses) o processo leva mais tempo que no Brasil (15 meses). Rimp et al. (2025) identificam em alguns estudos a necessidade de avançar na harmonização dos padrões regulatórios do Japão com o resto do mundo no sentido de facilitar acesso ao seu mercado de EMHO.

Nos países subdesenvolvidos, Belova e Dyatlova (2020) citam a Índia como o mercado que mais cresce na Ásia. Segundo Rimp et al. (2025), seu aparato regulatório vem se modernizando bastante e se alinhando com os padrões internacionais. Nesse país, um tipo especial de inovação vem tomando espaço: a inovação frugal. A inovação frugal pode ser definida (também chamada de inovação de custo, ou de inovação suficientemente boa) como “a comercialização, no contexto de recursos limitados, de produtos de qualidade e serviços acessíveis para as massas” (VERMA, 2018). Para Winterhalter et al. (2017), a inovação frugal é a forma mais disruptiva de inovação.

Segundo Verma (2018), inovações frugais são produtos que oferecem baixo custo, mais facilidade de uso por profissionais com menos qualificação e treinamento, com mais agilidade para dar um diagnóstico e permitir o começo imediato do tratamento (especialmente para problemas de saúde mais simples). Esse maior tempo

de resposta normalmente vem acompanhado por uma capacidade de processar testes em menos pessoas. É um modelo de produto adequado para áreas rurais, atendimentos em unidades básicas de saúde, que não dispõe da infraestrutura dos hospitais das grandes cidades. É aplicado em países em desenvolvimento, mas também em nações desenvolvidas como o Canadá. É um tipo de solução que pode ser usado tanto para expandir o acesso aos serviços de saúde e o atendimento à população dentro do próprio Brasil, como também para atender à demanda por produtos de EMHO dos países em desenvolvimento, reforçando nossa capacidade exportadora e diminuindo nossa dependência externa. Esse papel, no esquema complementar do Sistema Setorial de Inovação da indústria brasileiro de EMHO a partir dos anos 2010, cabe ao trabalho estratégico da Apex-Brasil.

Belova e Dyatlova (2020) também vem oportunidades em outros países em desenvolvimento como Macedônia, Sri Lanka, Cazaquistão e Bolívia, que vem apresentando grande crescimento no consumo de EMHO. A Grécia também é citada como um mercado atraente para esses produtos. As autoras discutem também o caso da Rússia, com várias dificuldades de acesso por fornecedores estrangeiros de EMHO, seja por restrições de registros de produtos, seja pelo alto custo no atendimento dos requisitos regulatórios. Em geral, nos países emergentes, Rimp et al. (2025) indicam que os requisitos regulatórios são mais heterogêneos e desarmônicos, trazendo desafios bem maiores no enquadramento dos produtos nacionais para esses mercados. Uma parte importante dos investimentos em pesquisa nacional para o setor de EMHO precisa ser no estudo dos regimes regulatórios dos mercados externos mais estratégicos para a expansão das nossas exportações.

Discutidos os aspectos geográficos indicados por Kim et al. (2017), podemos seguir para as preferências das multinacionais acerca das questões de propriedade intelectual. Há uma predileção por patentes que não se limitam a uma abrangência local, mas que sejam garantidas em outros continentes. Os processos de gestão da inovação precisam estar alinhados com os padrões de patentes internacionais, assim como recursos financeiros precisam estar disponíveis para esses registros.

Paralelamente aos aspectos de localização geográfica dos mercados, as preferências por enquadramento regulatório dos produtos em Kim et al. (2017) são as dos mercados dos Estados Unidos e da Europa. Outro aspecto discutido pelos autores diz respeito ao financiamento das inovações. Ele se separa em estágios, começando

por aquele onde se inserem os investidores anjo, seguem em rodas que os autores chamam de Série A, B e C, sendo esta última a de Oferta Pública Inicial. Os resultados da pesquisa de Kim et al. (2017) apontam que as multinacionais preferem o último estágio de financiamento, ou seja, aquele em que as *start-ups* já estão mais maduras. Isso significa que o financiamento por parte do governo e por parte do mercado interno de capitais precisa desenvolver mais o apoio às inovações no setor de EMHO, sendo as parcerias com as grandes empresas do mercado global mais importantes nos estágios finais de desenvolvimento de novos produtos.

A análise de eficiência dos investimentos em P&D por empresas de pequeno e médio nas etapas de criação e desenvolvimento de produtos inovadores da indústria de EMHO feita Shin et al. (2023) traz mais cores para esse ponto. Os autores apresentam resultados na indústria coreana de EMHO que indicam que nas fases finais, ou seja, na produção e na melhoria de produtos já existentes, o investimento em P&D é menos eficiente. Nas empresas que apenas importam, a relação entre investimento e eficiência em atividades de P&D é mais clara na fase concepção do produto. A eficiência na fase de desenvolvimento do produto inovador é estatisticamente significativa para empresas domésticas que tanto produzem quanto importam. Shin et al. (2023) enfatizam o quanto as políticas públicas devem observar essas relações para fazerem os devidos investimentos públicos, diferenciando o tipo de política para cada modelo de negócio nas empresas de EMHO.

Já tratando então de investimento propriamente dito, o que Kim et al. (2017) observam nas multinacionais presentes no mercado coreano é preferência por fazer parcerias através de participação minoritárias ou, secundariamente, aquisições. Mas mesmo acordos sem investimento são preferíveis a investimentos em estágio inicial, quando uma empresa que recebe o aporte quer melhorar seu enquadramento nos padrões de qualidade, por exemplo. O que os autores recomendam é que as empresas invistam em “treinamento e qualificação para seus times de qualidade, pois esta função não será fornecida por terceiros” (KIM ET AL., 2017, p. 16, tradução nossa)

O último aspecto do estudo de Kim et al. (2017) diz respeito ao uso das marcas. Como era de se esperar, as multinacionais preferem usar suas próprias na parceria, ou no máximo uma marca revisada, ao invés da marca da empresa parceira. A marca da multinacional fortalece a percepção de qualidade dos novos produtos, por um lado,

mas também apresenta uma ameaça ao crescimento das marcas nacionais do setor de EMHO.

Fechado o ponto sobre o uso das parcerias para o desenvolvimento de inovações, podemos ir para o grau de novidade das inovações observadas por Valentim (2022) para o período 2009 a 2017. Produtos cujo grau de novidade limita-se apenas ao que a empresa já fez, mas já existentes no mercado nacional, aumentaram em quantidade ao longo do período. No último período de registro da PINTEC (2015 a 2017) houve uma transição interessante: o número inovações radicais superou o número de inovações incrementais. Os produtos com grau de novidade em abrangência do mercado nacional, mas já existentes no mercado mundial, também aumentaram consistentemente ao longo do período, mas as inovações incrementais ainda superam as radicais. Porém, quando analisamos os produtos novos para o mercado mundial as quantidades caíram nas duas últimas edições, com as inovações disruptivas diminuindo e as radicais apresentando alguma estabilidade.

Isso mostra que há ainda alguma dinâmica inovativa competitiva nas empresas brasileiras entre si, mas pouca competitividade com relação às empresas globais. O que podemos observar nos resultados aqui estimados da PTF é, nos dois subsetores – 26.6 (máquinas e equipamentos) e 32.5 (materiais e instrumentos) – um aumento na produtividade entre os anos de 2009 e 2014, e uma queda entre 2014 e 2017. Podemos depreender que a tecnologia não progrediu de forma consistente no período. Isso é corroborado pelo outro dado de inovação analisado por Valentim (2022).

O total de empresas que implementaram inovações aumenta de 2009 a 2014, mas diminuem de 2014 para 2017, acompanhando o movimento da PTF em logaritmo natural. Quando entramos no dado da PINTEC de apoio do governo a empresas que inovam (cerca de 1/3 do total de empresas que inovam) estudado por Valentim (2022), o movimento é o mesmo. O dado sobre o uso dos incentivos fiscais a atividades de P&D impressiona pelo seu tamanho reduzido: de cerca de 500 empresas que inovam, 100 utilizam apoio do governo e 15 utilizam incentivo a P&D. No entanto, a quantidade de empresas que utilizou esse incentivo aumentou ao longo dos últimos três ciclos da PINTEC trienal (2011, 2014 e 2017). O uso de incentivos da Lei da Informática, com finalidade similar (que estabelece o investimento em P&D

como contrapartida à redução de impostos), não diminuíram pelos menos ao longo do período, sendo adotado por mais empresas do que o incentivo direto à P&D.

O uso de subvenções econômicas por empresas que implementaram inovação, de acordo com os dados da PINTEC observados por Valentim (2022) diminuiu nos três ciclos. Outro dado que teve o mesmo comportamento foi o de implementação de inovações com apoio do governo para parcerias com universidades. Ou seja, apesar de Hasenclever et al. (2018) apontar diversas capacidades científicas em universidades, a maioria delas públicas, os dados de Valentim (2022) mostram que essas capacidades científicas geraram menos resultados inovativos na década passada, o que é um fato crítico para a trajetória tecnológica do setor de EMHO no Brasil.

O que podemos observar nos dados da PTF é que, enquanto o setor de materiais e instrumentos apresentou seu pico em 2012, o setor de máquinas e equipamentos (grupo 26.6 da CNAE 2.0) apresentou pico em 2020, talvez por uma dinâmica inovativa que não pode mais ser observada nos anos seguintes pela PINTEC. Uma forma de tentar entender isso é através do indicador de intensidade de capital. Houve de fato uma ultrapassagem do indicador do subsetor 26.6 em relação ao subsetor 32.5. Importante lembrarmos que essa medida de capital pega os ativos de forma genérica, incluindo não só máquinas e equipamentos, como também terrenos, edificações, meios de transporte, entre outros.

Valentim (2022) traz um dado mais direto, mas para um período mais restrito, que mostra que o uso de programas de governo para financiamento de compras máquinas e equipamentos por parte de empresas que inovaram é o mais extenso de todos os programas de governo (cerca de metade das empresas que inovaram utilizando apoio governamental utilizaram esse tipo de programa); no entanto, ele acompanha aquele mesmo comportamento geral da quantidade de empresas que inovaram, que foi de aumentar entre 2009 e 2014, mas de diminuir entre 2014 e 2017, inclusive em um patamar menor do que no ciclo de 2011 da PINTEC. Além disso, precisamos fazer o contraste do indicador de intensidade de capital com o comportamento do indicador de agregação de valor, que apresenta tendência de queda, com inclinação negativa mais grave para o subsetor 26.6.

O fato é que este que é o subsetor mais crítico em termos de dependência externa enfrenta grandes desafios. Vale notar o que Verma (2018) aponta que o custo de financiamento é alto para empresas intensivas em capital, o que está se

acentuando no grupo 26.6 da CNAE. Se direcionamos o olhar saindo do capital para o aspecto complementar da sua base produtiva, o trabalho, no qual o produto apresenta uma elasticidade maior para o setor de EMHO como um todo (0,784), vamos encontrar os resultados aqui estimados sobre a relação entre salários e quantidade de pessoal ocupado na produção, que não apresenta mais, pelo menos até 2023, a tendência significativa crescente que apresenta até o último ano anterior à pandemia. Talvez haja aqui um gargalo na qualificação do pessoal ocupado no setor, o que reforça a necessidade indicada por Kim et al. (2017) de treinar as equipes de qualidade. Ao mesmo tempo, é necessário engajar a mão-de-obra formada nas instituições científicas e tecnológicas ilustradas na Figura 2 em empregos do setor, um papel que cabe a ABDI.

A PINTEC ainda possui um dado sobre o programa de compras públicas do governo, e é interessante ver em Valentim (2022) que ele é o menos utilizado, embora apresente um crescimento levemente consistente (em 2017 apenas 7 empresas inovadoras no setor de EMHO utilizaram-no). Uma explicação para isso é a configuração do mercado brasileiro, onde pequenas e médias empresa predominam. Segundo Browne, Sutton e Zhang (2023), um problema parecido acontece no Canadá, onde as organizações de compra em grupo de produtos de EMHO acabam favorecendo as grandes empresas; as *start-ups* ainda não possuem reputação suficiente para competir nesse mercado. Os autores entendem que a ausência de comunicação direta entre os empreendedores inovadores, especialmente os que tem as inovações mais radicais, e os médicos clínicos e formuladores de políticas dificulta todas as etapas do processo inovador, isto é, os testes dos novos produtos, a adoção pelo mercado, ou seja, o acesso aos seus primeiros adotantes e sua difusão e ganho de escala.

Se formos comparar com o que acontece na Rússia, Belova e Dyatlova (2020) indicam que o governo russo é o maior comprador de EMHO, e a proporção dessas compras favorece largamente a produção doméstica, estabelecendo grandes limitações para a compra de produtos importados, diferente do que acontece no Brasil, de acordo com Hasenclever et al. (2017). O cenário futuro, no entanto, revela uma possibilidade de mudança, pois, de acordo com Nascimento (2025), tivemos em 2025 a aprovação do Projeto de Lei 2.583/2020, que define o conceito das empresas estratégicas de saúde com incentivos fiscais e preferências em processos licitatórios.

É um passo importante para mudar essa realidade e reduzir a dependência externa do Brasil no setor de EMHO.

Podemos pegar o último dado de inovação trazido por Valentim (2022), que trata das empresas que não implementaram inovação. A principal razão, especialmente a partir de 2012, foram as condições de mercado, o que se agravou no ciclo de 2015 a 2017 da PINTEC. Entre 2012 e 2014 o fator inovações prévias foi muito menos citado, porém se equiparou com a razão das condições de mercado no último ciclo, ambos sendo citados por 219 empresas.

5.2 Indicadores e as Políticas Industriais

O ciclo de 2015 a 2017 da PINTEC abarcou o período de recessão na economia brasileira. O pico alcançado no número de inovações e na PTF no período anterior (2011 a 2014) foi concomitante à execução do que Valentim (2022) e Gadelha et al. (2022) consideraram como a última política industrial a nível nacional a apoiar a indústria de EMHO: o Plano Brasil Maior (PBM). A partir de 2012 tivemos também a implantação das Parcerias de Desenvolvimento Produtivo (PDPs), com alianças empresariais voltadas para inovação com o Estado para a produção e oferta de insumos estratégicos para os SUS (CHIARINI; PEREIRA, 2023). Um novo pico aconteceu apenas no subsetor 26.6, máquinas e equipamentos eletrônicos, durante a pandemia, devido a ações emergenciais para a crise sanitária do COVID-19 (RODRIGUES, 2024).

Os outros indicadores analisados no capítulo anterior mostraram comportamentos distintos. Com relação a intensidade de capital, pelo que podemos observar no Gráfico 1, no grupo 26.6, ela desacelera no período do PBM, mas com um ponto de inflexão no ano do marco regulatório das PDPs. O indicador cresce quase que exponencialmente até 2017, continuando a crescer nos anos seguintes, mas a taxas menores. Ele para de crescer apenas a partir de 2020, ponto mais alto na relação entre a produtividade do trabalho e intensidade do capital, conforme Gráfico 4. Nos anos seguintes (2021 a 2023), quando ela diminui, não houve ações do governo em termos de política industrial específicas para o setor de saúde. O comportamento do indicador de intensidade de capital no grupo 32.5 foi bem mais homogêneo ao longo de todo o período analisado.

Uma evidência importante desse indicador foi uma aparente reversão de um quadro observado por Furtado e Souza (2001). Segundo os autores, o segmento de materiais de consumo era mais intensivo em capital do que os demais, especialmente o de aparelhos eletrônicos. O que os dados da PIA-Empresa sugeriram foi que o subsetor de aparelhos eletromédicos e eletroterapêuticos tornou-se mais intensivo em capital, o que potencializa o desenvolvimento futuro dos segmentos de produtos de maior complexidade tecnológica.

O indicador de salário por trabalhador foi menos homogêneo nos dois subsetores. No 32.5 eles aumentam de forma substancial curiosamente no ano principal da recessão (2015) e em 2017. A partir daí o indicador volta a diminuir nesse grupo. No subsetor 26.6 o salário por trabalhador cresce perto de 50% nos anos do PBM, diminuindo no início da recessão e crescendo novamente até 2017, perto dos picos anteriores. Nos dois anos seguintes, em que não houve um programa de política industrial (PRATES; FRITZ; DE PAULA, 2019; RODRIGUES, 2024), especialmente para o Complexo Industrial da Saúde, o indicador ainda oscila, diminuindo sucessivamente a partir da pandemia, regredindo ao nível que estava nos anos de 2007 e 2008.

Já o indicador de agregação de valor apresentou seus picos justamente nos anos de execução do PBM (2011 a 2014). Há no entanto uma diferença muito clara no período anterior e posterior a 2013, quando o índice diminui consideravelmente nos dois subsetores. Isso significa que as PDPs não geraram incremento na agregação de valor no setor de EMHO. No grupo 26.6, de equipamentos médicos eletrônicos, a queda no indicador é mais drástica, atingindo um patamar inferior entre os anos de 2015 e 2022; no entanto, em 2023 ele cresce novamente, retornando ao patamar do início do período.

Por fim, analisando os indicadores de dependência externa, há alguns descompassos entre os dois grupos da CNAE. É possível sugerir que ela diminuiu durante os anos do PBM para o grupo 32.5, mas aumentou para o grupo 26.6, se tomarmos como referência o Gráfico 8. Houve um aumento concomitante nos anos da recessão e, em 2017, um vale para o subsetor 26.6 e um pico para o subsetor 32.5. Esse ano foi marcante para diversos dos indicadores aqui estimados. O fato é que nos anos seguintes os subsetores apresentam trajetórias de dependência externa divergentes: um aumento para o grupo de aparelhos eletrônicos (26.6) e um queda no grupo de instrumentos e materiais (32.5)

A partir de 2024, a política industrial para o setor retorna com a Nova Indústria Brasil (NIB), conforme Brasil (2025), o efeito da qual sobre a produtividade e a inovação ainda não é possível medir através de dados da PIA ou da PINTEC (dessa vez, na sua versão semestral). Ela incorpora planos de ação para o Complexo Industrial da Saúde, cujo impacto ainda precisará de tempo para ser avaliado.

As principais contribuições deste trabalho para a literatura passam pela utilização da PTF para medir os resultados inovativos do setor após 2017, dada a limitação da dos dados da PINTEC; a análise de indicadores não observados pela literatura anteriormente, como o estoque de capital por trabalhador e o salário médio. Por fim, a revisão da literatura internacional recente sobre inovação do setor trouxe insights importantes para projetar o futuro da trajetória tecnológica da indústria nacional de EMHO.

6 – CONCLUSÃO

A literatura sobre a indústria brasileira de EMHO aqui estudada apresentou um consumo de produtos do setor com dependência da produção externa, especialmente nos segmentos de produtos de maior complexidade tecnológica. Além disso, a literatura também mostrou capacidade científicas pouco aproveitadas pela capacidade produtiva, e capacidades inovadoras e tecnológicas subdesenvolvidas. O presente trabalho mostrou que a PTF se encontra estagnada, indicando que o desenvolvimento tecnológico do setor no Brasil não está acompanhando a fronteira tecnológica global. Mostrou-se também que a nossa indústria de EMHO está mais intensiva em capital, mas com salários estagnados e perda de geração de valor agregado, indicando um padrão de especialização produtiva com menos complexidade tecnológica. Os indicadores de comércio exterior também aceitaram a hipótese de dependência externa no setor.

Este trabalho buscou preencher uma lacuna metodológica de análise da PTF na indústria de EMHO e complementar as evidências encontradas pela literatura com dados mais atuais e indicadores complementares. A sua limitação está no tamanho das amostras utilizadas, as quais, no entanto, como foi discutido no Capítulo 3, não nos impediram de fazer as inferências necessárias para responder como os esforços inovativos da indústria brasileira de EMHO impactaram o seu progresso tecnológico.

A pergunta de pesquisa foi respondida tanto com os dados analisados no Capítulo 4, quanto com a revisão bibliográfica feita no Capítulo 2 e aprofundada no Capítulo 5. O tratamento dos dados descrito no Capítulo 3 (deflacionamento das séries, estimação do estoque de capital, etc.) permitiu modelar os dados de forma a encontrar resultados estatisticamente significativos para a função de produção e os demais indicadores. A literatura trazida no Capítulo 5 permitiu comparar o sistema setorial de inovação em EMHO do Brasil com os de outros países e traçar diferentes caminhos possíveis para a evolução da sua trajetória tecnológica.

A principal contribuição deste trabalho para a literatura está na estimação da produtividade total dos fatores para o setor, na perspectiva dos outros indicadores aqui apresentados e na ampla revisão bibliográfica aqui realizada. Há diversas possibilidades de pesquisa a partir do que foi tratado aqui. Em primeiro lugar, pode-se replicar a análise da produtividade total dos fatores com os microdados da PIA-Empresa, permitindo métodos estatísticos mais robustos. Outra possibilidade é

analisar tanto os esforços inovativos, quanto os resultados inovativos do setor a partir dos microdados da PINTEC, embora essa base de dados não resolva o problema do curto recorte de tempo da pesquisa.

Um terceiro caminho é avaliar diretamente o impacto dos programas industriais no período, ou seja, o PBM, as ações do governo brasileiro entre os anos de 2016 e 2018, as ações emergenciais na pandemia, assim, como, com a disponibilidade futura de dados, as ações para o setor propostas pela NIB. Em particular, é bastante pertinente fazer a avaliação das PDPs, seja no aspecto quantitativo, seja em termos de estudo de caso, no intuito de examinar as perspectivas de ampliação de aplicação desse instrumento de política pública. Por último, pode-se estimar esses mesmos indicadores para o setor de EMHO de outros países, dependendo da disponibilidade de dados, e assim comparar com os dados aqui analisados.

A despeito de um crescimento na intensidade do capital no setor, as evidências trazidas pelos dados aqui analisados corroboram as hipóteses trazidas pela literatura sobre a indústria de EMHO no Brasil de que o Brasil tem aumentado sua dependência externa e mantido um padrão de especialização em produtos de menor complexidade tecnológica. Ao mesmo tempo, é possível ver que as políticas direcionadas do governo para o setor são acompanhadas por acréscimo na PTF e que há importantes lacunas na sua estrutura nacional de P&D, no engajamento das competências científicas que vem sendo desenvolvidas com as firmas do setor e na inserção da mão-de-obra qualificada formada internamente no mercado de trabalho das empresas aqui estabelecidas.

O presente trabalho também indicou que a diminuição no gasto com atividades inovativas é acompanhada por um decréscimo na PTF, indicando a importância do investimento em inovação no nível de produtividade da indústria brasileira de EMHO e, conseqüentemente, na sua competitividade. Ao mesmo tempo, podemos observar que as políticas governamentais direcionadas para o setor são capazes de mitigar a dependência externa do país. As PDPs podem ser uma importante ferramenta de política pública nesse intuito.

Também foi possível identificar a partir do esquema visual do sistema setorial de inovação em EMHO, incrementado pelas outras instituições relatadas na literatura aqui revisada para a década de 2010, quais atores precisam ser acionados para cada diagnóstico encontrado neste trabalho. É possível que este esquema acumule alguma

defasagem e, portanto, uma análise institucional e redesenho dessa estrutura do sistema setorial é um importante tema para pesquisas futuras.

Por fim, a recente aprovação do PL 2.583/2020 abre caminhos para que a produção doméstica de EMHO se desenvolva e seja favorecida pelas compras governamentais, revertendo uma tendência atual de preferência por produtos importados, e seguindo o exemplo de outros países em desenvolvimento. O setor é estratégico para o funcionamento da saúde pública dentro dos princípios dos SUS e crítico para momentos de crises sanitárias com restrições no comércio exterior, como o que aconteceu no período da pandemia do COVID-19, devendo sempre ser tratado como prioridade na política industrial do país.

REFERÊNCIAS

ABIMO – Associação Brasileira da Indústria de Dispositivos Médicos. **Relatório Setorial ABIMO: Dados Consolidados de 2025 e Perspectivas para 2026**. São Paulo, 2026.

ACKERBERG, Daniel A.; CAVES, Kevin; FRAZER, Garth. Identification properties of recent production function estimators. **Econometrica**, v. 83, n. 6, p. 2411-2451, dez. 2015. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.3982/ecta13408>. Acesso em: 14 fev. 2026.

AGÊNCIA NACIONAL DE SAÚDE SUPLEMENTAR. **Relatório Final do Grupo de Trabalho Externo de Órteses, Próteses e Materiais Especiais (GTE OPME) ANS/ANVISA**. Rio de Janeiro: ANS, 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/ans/pt-br/arquivos/aceso-a-informacao/participacao-da-sociedade/camaras-e-grupos-tecnicos/camaras-e-grupos-tecnicos-anteriores/grupo-tecnico-externo-de-orteses-proteses-e-materiais-especiais/gt-opme-relatoriointegral.pdf>. Acesso em: 15 de dez. 2025.

ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta e; CASSIOLATO, José Eduardo. As Especificidades do Sistema de Inovação do Setor de Saúde. **Revista de Economia Política**, vol. 22, n. 4, p. 701-719, out./dez. 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rep/a/zq5Pn5hwvCBRcsRTXPzPp7H/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 12 nov. 2025.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **SGS - Sistema Gerenciador de Séries Temporais: Série nº 3698. Taxa de câmbio - Livre - Dólar americano (venda) - Média de período - mensal**. Disponível em: <https://www3.bcb.gov.br/sgspub/consultarvalores/telaCvsSelecionarSeries.paint>. Acesso em: 12 jan. 2026.

BASU, Susanto; FERNALD, John G. Returns to scale in US production: Estimates and implications. **Journal of political economy**, v. 105, n. 2, p. 249-283, abr. 1997.

Disponível em: <https://www.journals.uchicago.edu/doi/abs/10.1086/262073>. Acesso em: 04 fev. 2026.

BELOVA, Irina; DYATLOVA, Maria. World medical devices market: current trends and their realization in Russia. **Economic Annals-XXI/Ekonomičnij Časopis-XXI**, v. 183, 2020. Disponível em: https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Aqcd%3A7%3A13263367/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Aqcd%3A149058142&crl=c&link_origin=scholar.google.com. Acesso em: 09 nov. 2025.

BENEGAS, Maurício; DE SOUZA, Hermelino Napomuceno. Non-Parametric Estimation of Capacity Utilization Rates in Brazilian Manufacturing Industry. **Revista Brasileira de Economia**, v. 78, n. 2, jun. 2024. Disponível em: <https://periodicos.fgv.br/rbe/article/view/73892>. Acesso em: 11 fev. 2026.

BERLEMANN, Michael; WESSELHÖFT, Jan-Erik. Aggregate capital stock estimations for 122 countries: An update. **Review of Economics**, v. 68, n. 2, p. 75-92, ago. 2017. Disponível em: <https://www.degruyterbrill.com/document/doi/10.1515/roe-2017-0004/html>. Acesso em: 04 fev. 2026.

BLACK, Clarissa. Coeficiente de importações pró-cíclico no Brasil. **Revista Brasileira de Economia**, v. 75, n. 04, p. 563-586, out. 2021. Disponível em: <https://periodicos.fgv.br/rbe/article/view/82206/80687>. Acesso em: 16 fev. 2026.

BLUME, Stuart S. The Significance of Technological Change in Medicine: An Introduction. **Research Policy**, vol. 14, n. 4, p. 173-177, ago. 1985. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048733385800093>. Acesso em: 16 nov. 2025.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC). **Comex Stat**: Estatísticas de comércio exterior: Exportação e Importação Geral. Brasília: MDIC, 2026. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>. Acesso em: 11 jan. 2026.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC). Nova indústria Brasil – Nova indústria Brasil – forte, transformadora e sustentável: Plano de Ação para a Neoindustrialização 2024-2026. Brasília: CNDI/MDIC, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/composicao/se/cndi/plano-de-acao/nova-industria-brasil-plano-de-acao-2024-2026-1.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2026.

BROWNE, Ikennah L.; SUTTON, Andrew J.; ZHANG, Wei. Perceptions and attitudes regarding medical device development in Canada among Canadian innovators: A qualitative study. **PharmacoEconomics – Open**, v. 7, n. 5, p. 793-809, mai. 2023. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s41669-023-00422-1>. Acesso em: 06 set. 2025.

BRUNO, Michael. Raw materials, profits, and the productivity slowdown. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 99, n. 1, p. 1-29, fev. 1984. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/1885718>. Acesso em: 14 fev. 2026.

BUSH, Vannevar. **Science the Endless Frontier**. Washington, D.C.: Office of Scientific Research and Development, 1945. Disponível em: <https://www.nsf.gov/od/lpa/nsf50/vbush1945.htm>. Acesso em: 9 de mai. de 2024.

CAETANO, Rosangela. Paradigmas e trajetórias do processo de inovação tecnológica em saúde. **Physis: Revista de Saúde Coletiva**, v. 8, n. 2, p. 71-94, 1998. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/physis/a/jJ7gm7ZDG7XgqsBsFH7WpbG/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 11 mar. 2024.

CARL, Ann-Kathrin; HOCHMANN, David. Impact of the new European medical device regulation: a two-year comparison. **Biomedical Engineering/Biomedizinische Technik**, v. 69, n. 3, p. 317-326, 2024. Disponível em: <https://www.degruyterbrill.com/document/doi/10.1515/bmt-2023-0325/html>. Acesso em: 13 ago. 2025

CAVALCANTE, Luiz Ricardo. **Ambiente de negócios, investimentos e produtividade**. Rio de Janeiro: IPEA 2015. (Texto para Discussão, n. 2130).

Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/server/api/core/bitstreams/24218d75-a99f-49b8-8c18-26a6951a11bf/content>. Acesso em: 02 fev. 2026.

CARVALHO, Leonardo Mello de; RIBEIRO, Fernando José da Silva Paiva. Nota Técnica – Indicadores de consumo aparente de bens industriais por setores de atividade. *In: Carta de Conjuntura nº 19*. Rio de Janeiro: IPEA, jun. 2013.

Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/server/api/core/bitstreams/eb122985-0e57-426a-bdf2-baf93fa9e251/content>. Acesso em: 14 fev. 2026.

COBB, Charles Wiggins; DOUGLAS, Paul Howard. A theory of production. **The American Economic Review**, v. 18, n. 1, p. 139-165, mar. 1928. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/1811556?seq=1>. Acesso em: 27 jan. 2026.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DAS INDÚSTRIAS (CNI). **Metodologia – Coeficientes de Abertura Comercial**. Brasília: CNI, 2016. Disponível em: https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/67/96/6796c284-7b00-400f-97d9-e2439cb6f8a0/coeficientesdeaberturacomercial_metodologia_versao_4-0_layout.pdf. Acesso em: 16 fev. 2026.

CORDEIRO, Hésio. **A Indústria da Saúde no Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: Edições Graal, 1985.

CHIARINI, Tulio; PEREIRA, Larissa de Souza. **Nota Técnica n. 111 (Diset): O Impacto das PDP nos Preços de Medicamentos Para o SUS: Uma Revisão Semissistemática da Literatura**. Brasília: IPEA, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/server/api/core/bitstreams/1883148f-a62c-42a2-9ac0-e16a13bdaa94/content>. Acesso em: 02 abr. 2026

DAHLMAN, Carl J.; FRISCHTAK, Claudio R. National Systems Supporting Technical Advance in Industry: The Brazilian Experience. *In: NELSON, Richard R. (org). National Innovation Systems*. Nova York: Oxford University Press, 1993.

DE CASTRO, Lavinia Barros. Privatização, Abertura e Desindexação: A Primeira Metade dos Anos 90 (1990-1994). *In: GIAMBIAGI, Fabio; VILLELA, André; DE*

CASTRO, Lavinia Barros; HERMANN, Jennifer (org). **Economia Brasileira Contemporânea: [1945-2010]**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

DE NEGRI, Fernanda; CAVALCANTE, Luiz Ricardo. Evolução Recente dos Indicadores de Produtividade no Brasil. *In.*: DE NEGRI, Fernanda; CAVALCANTE, Luiz Ricardo (org.). **Produtividade no Brasil: desempenho e determinantes**. Brasília: ABDI, IPEA, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/entities/book/050524d6-c18f-470c-ae89-79914a92f802>. Acesso em: 04 fev. 2026.

DE SOUZA, Eduardo Correia; PINTO, Lucas Baracho Torres. Investimento direto estrangeiro e produtividade nos setores da indústria brasileira. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 45, n. 1, p. 59-100, abr. 2015. Disponível em: <https://ppe.ipea.gov.br/index.php/ppe/article/view/1471>. Acesso em: 11 fev. 2026

DOLL, John P. On Exact Multicollinearity and the Estimation of the Cobb-Douglas Production Function. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 56, n. 3, p. 556-563, ago 1974. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2307/1238608>. Acesso em 31 jan. 2026.

DOSI, Giovanni. Technological Paradigms and Technological Trajectories: A Suggested Interpretation of the Determinants and Directions of Technical Change. **Research Policy**, v. 11, n. 3, jun. 1982. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0048733382900166>. Acesso em 27 de nov. 2025.

DOUGLAS, Paul H. Are there laws of production? **The American Economic Review**, v. 38, n. 1, p. i-41, mar. 1948. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/1801936>. Acesso em: 28 jan. 2026.

FALEIROS, João Paulo Martin; DA SILVA, José Carlos Domingos; NAKAGUMA, Marcos Yamada. Evaluating the effect of exchange rate and labor productivity on import penetration of Brazilian manufacturing sectors. **EconomiA**, v. 17, n. 1, p. 3-22, jan. 2016. Disponível em:

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1517758016300273?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 16 fev. 2026.

FARRAR, Donald E.; GLAUBER, Robert R. Multicollinearity in regression analysis: the problem revisited. **The review of economic and statistics**, p. 92-107, fev. 1967. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/1937887>. Acesso em: 31 jan. 2026.

FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS. FGV IBRE. **IPA-OG - Índice de Preços ao Produtor Amplo - Oferta Global**. Rio de Janeiro: FGV IBRE, 2026. Disponível em: <https://extra-ibre.fgv.br/IBRE/sitefgvdados/visualizaconsulta.aspx>. Acesso em: 12 jan. 2026.

FURTADO, João. A Indústria de Equipamentos Médico-Hospitalares: Elementos para um Caracterização da sua Dimensão Internacional. *In.*: NEGRI, Barjas; DI GIOVANNI, Geraldo (org.). **Brasil: Radiografia da Saúde**. Campinas: UNICAMP, 2001. Disponível em: <https://www.eco.unicamp.br/colecao-geral/brasil-radiografia-da-saude>. Acesso em: 05 nov. 2025.

FURTADO, André Tosi; SOUZA, José Henrique. Evolução do Setor de Insumos e Equipamentos Médico-Hospitalares, Laboratoriais e Odontológicos no Brasil: A Década de 90. *In.*: NEGRI, Barjas; DI GIOVANNI, Geraldo (org.). **Brasil: Radiografia da Saúde**. Campinas: UNICAMP, 2001. Disponível em: <https://www.eco.unicamp.br/colecao-geral/brasil-radiografia-da-saude>. Acesso em: 05 nov. 2025.

GADELHA, Carlos Augusto Grabois. O complexo industrial da saúde e a necessidade de um enfoque dinâmico na economia da saúde. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 8, n. 2, p. 521-535, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/q3s64xr995byZfmkHb4HBrc/?lang=pt>. Acesso em: 06 dez. 2025

GADELHA, Carlos Augusto Grabois. Desenvolvimento, complexo industrial da saúde e política industrial. **Revista de Saúde Pública**, v. 40, n. esp., p. 11-23, 2006. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rsp/a/fkCDMSmRsjMn6GDTDKmWGnc/?format=html&lang=pt>

. Acesso em: 11 mar. 2024.

GADELHA, Carlos Augusto Grabois; MALDONADO, José; VARGAS, Marcos; BARBOSA, Pedro R.; COSTA, Laís Silveira. **A Dinâmica do Sistema Produtivo da Saúde: Inovação e Complexo Econômico-Industrial**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2012. Disponível em:

https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/15461/1/A%20din%C3%A2mica%20do%20sistema%20produtivo%20da%20sa%C3%BAde_2012.pdf. Acesso em: 04 dez 2025.

GADELHA, Carlos Augusto Grabois; KAMIA, F.; MARETTO, G.; MOREIRA, J.; MONTENEGRO, K.; SAFATLE, L.; NASCIMENTO, M. Soberania em saúde para garantia do acesso universal: o CEIS na política pública para a sociedade. *In.*: GADELHA, Carlos Augusto Grabois et al. (org.). **Saúde é desenvolvimento: o Complexo Econômico-Industrial da Saúde como opção estratégica nacional**. Rio de Janeiro: CEE-Fiocruz, 2022. Acesso em:

https://agencia.fiocruz.br/sites/agencia.fiocruz.br/files/u34/livro_-_cee_-_diagramacao_-_completo.pdf. Acesso em: 01 abr. 2026.

GELIJNS, Annetine C.; ROSENBERG, Nathan. The Changing Nature of Medical Technology Development. *In.*: ROSENBERG, Nathan; GELIJNS, Annetine C.; DAWKINS, Holly (org.). **Sources of Medical Technology: Universities and Industry**. Washington D.C.: National Academy Press, 1995. Disponível em: <http://www.nap.edu/catalog/4819.html>. Acesso em: 04 nov. 2025.

GIAMBIAGI, Fábio. Estabilização, Reformas e Desequilíbrios Macroeconômicos: Os Anos FHC (1999-2002). *In.*: GIAMBIAGI, Fabio; VILLELA, André; DE CASTRO, Lavinia Barros; HERMANN, Jennifer (org). **Economia Brasileira Contemporânea: [1945-2010]**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

GONÇALVES, Daniel Ferreira; PARRÉ, José Luiz. Produtividade total dos fatores na indústria de alimentos da região Sul. **Revista de Política Agrícola**, v. 18, n. 2, p. 43-

59, 2009. Disponível em: <https://rpa.sede.embrapa.br/RPA/article/view/373>. Acesso em: 11 fev. 2026.

GUTIERREZ, Regina Maria Vinhais; ALEXANDRE, Patrícia Vieira Machado. Complexo Industrial da Saúde: Uma Introdução ao Setor de Insumos e Equipamentos de Uso Médico. **BNDES Setorial**, n. 19, p. 119-155, mar. 2004. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/2490>. Acesso em: 08 dez. 2025.

GRILICHES, Zvi. Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth. **The bell journal of economics**, p. 92-116, 1979. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/3003321>. Acesso em: 31 jan. 2026.

HALL, Bronwyn H. Using productivity growth as an innovation indicator. **Report for the High Level Panel on Measuring Innovation, DG Research, European Commission**, p. 1-36, out. 2011. Disponível em: https://eml.berkeley.edu/~bhhall/papers/BHH11_EC_DGR_prod_innov_Oct.pdf. Acesso em: 13 fev. 2026.

HASENCLEVER, Lia; GAZÉ, Tassia; PARANHOS, Julia. Panorama do Complexo Industrial da Saúde e do Setor de Equipamentos Médico-Hospitalares. *In*: BRASIL. Ministério da Saúde. **Avanços e Desafios no Complexo Industrial em Produtos para a Saúde**. Brasília: Ministério da Saúde, 2017. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/avancos_desafios_complexo_industrial_produtos_saude.pdf. Acesso em: 09 set. 2025.

HASENCLEVER, Lia; DÓRIA, Rosa; MERCADANTE, Eduardo; MIRANDA, Caroline; PIMENTEL, Vitor. A indústria de equipamentos e materiais médicos, hospitalares e odontológicos: caracterização de desenvolvimento. *In*: HASENCLEVER, Lia; PARANHOS, Julia; CHAVES, Gabriela; OLIVEIRA, Maria Auxiliadora (Org). **Vulnerabilidades do Complexo Industrial da Saúde**. Rio de Janeiro: E-Papers, 2018. Disponível em: https://www.e-papers.com.br/produto/vulnerabilidades_do_complexo_industrial_da_saude/?v=dc634e207282. Acesso em: 23 out. 2025.

HASENCLEVER, Lia; PARANHOS, Julia; MERCADANTE, Eduardo; MIRANDA, Caroline; HOLGUIN, Tássia. As indústrias farmacêutica e de equipamentos médicos frente à pandemia da covid-19: desafios e propostas para o futuro. *In*: SANTOS, Ronaldo Pereira; POCHMANN, Márcio (Org). **Brasil Pós-Pandemia: Reflexões e Propostas**. São Paulo: Alexa Cultural, 2020. Disponível em:

https://www.researchgate.net/profile/Suely-Araujo/publication/343536604_Crise_Ambiental_e_Sanitaria_por_uma_retomada_economica_sustentavel/links/5f2f66ca299bf13404b13865/Crise-Ambiental-e-Sanitaria-por-uma-retomada-economica-sustentavel.pdf. Acesso em: 09 set. 2025.

HATZICHRONOGLLOU, Thomas. Revision of the high-technology sector and product classification. **OCDE Science**. Paris, 1997. Disponível em:

https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/1997/01/revision-of-the-high-technology-sector-and-product-classification_g17a152c/134337307632.pdf. Acesso em: 02 ago. 2024.

HICKS, Diana; KATZ, Sylvan J. Hospitals: the Hidden Research System. **Science and Public Policy**, vol. 23, n. 5, p. 297-304, out. 1996. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/286873725_Hospitals_The_hidden_research_system. Acesso em:

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Anexo 2 - Correspondência entre a CNAE 2.0 e a CNAE 1.0 - Seções B e C**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2016. Disponível em:

https://ftp.ibge.gov.br/Industrias_Extraativas_e_de_Transformacao/Pesquisa_Industrial_Anual/Produto/Produto2011/anexo2.pdf. Acesso em: 28 jan. 2026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Atividade Econômicas – Comissão Nacional de Classificação – IBGE. Rio de Janeiro, 2026.

Disponível em: <https://concla.ibge.gov.br/classificacoes/correspondencias/atividades-economicas.html>. Acesso em: 16 fev. 2026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa Industrial Anual - Empresa (PIA-Empresa)**: Notas Técnicas. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. Disponível em:
https://ftp.ibge.gov.br/Industrias_Extrativas_e_de_Transformacao/Pesquisa_Industrial_Anuual/Empresa/Empresa2012/notas_tecnicas.pdf. Acesso em 16: 16 fev 2026.

JENKINS, David G.; QUINTANA-ASCENCIO, Pedro F. A solution to minimum sample size for regressions. **PloS one**, v. 15, n. 2, p. 1-15, fev. 2020. Disponível em:
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7034864/pdf/pone.0229345.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2026.

KIM, Dongwoo; RYU, Gyu Há; SHIN; Kwangsoo; LEE; Kyu-Sung. What are the success factors for a partnership with global medical device companies? Evidence from Korea. **Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity**, v. 7, n. 4, p. 237, dez. 2021. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2199853122001779>. Acesso em: 11 de nov. 2025.

LAMBERTY, Mercedes Justina. **O Sistema de Inovação em Saúde: um Estudo sobre as Empresas Industriais de Equipamentos Médicos, Hospitalares e Odontológicas Gaúchas**. 2014. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2014. Disponível em:
<https://www.repositorio.jesuita.org.br/handle/UNISINOS/4543>. Acesso em: 04 dez 2025.

LEVINSOHN, James; PETRIN, Amil. Estimating production functions using inputs to control for unobservables. **The review of economic studies**, v. 70, n. 2, p. 317-341, abr. 2003. Disponível em: <https://academic.oup.com/restud/article-abstract/70/2/317/1586773>. Acesso em: 04 fev. 2026.

LEVY, Paulo Mansur; SERRA, Maria Isabel Fernandes. Nota Técnica – Coeficientes de Importação e Exportação na Indústria. In: **Boletim de Conjuntura nº 58**. Rio de Janeiro: IPEA, jun. 2002. Disponível em:
<https://www.ipeadata.gov.br/doc/Coeficientes%20de%20Importa%C3%A7%C3%A3o>

[%20e%20Exporta%C3%A7%C3%A3o%20na%20Industria.pdf?utm_source=chatgpt.com](#). Acesso em: 16 fev. 2026.

MALERBA, Franco; MANI, Sunil. Sectoral Systems of Innovation and Production in Developing Countries: an Introduction. *In*: MALERBA, Franco; MANI, Sunil. **Sectoral Systems of Innovation and Production in Developing Countries: Actors, Structure and Evolution**. Cheltenham: Edward Elgar Publishing Limited, 2009. p. 3-24. Disponível em: <https://www.elgaronline.com/edcollchap/edcoll/9781848446564/9781848446564.00006.xml>. Acesso em: 21 jun. 2024.

MARQUES, Mabel Diz; ROSELINO, José Eduardo; MASCARINI, Suelene. Taxonomias tecnológicas e setoriais da indústria de transformação brasileira. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 18, n. 2, p. 417-448, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbi/a/kbbxPHzjTS9WKSqbqPhDtQr/?lang=pt>. Acesso em: 20 abr. 2024.

MCKERNAN, David; MCDERMOTT, Olivia. The evolution of Ireland's medical device cluster and its future direction. **Sustainability**, v. 14, n. 16, p. 10166, ago. 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/16/10166>. Acesso em: 27 out. 2025.

MENDONÇA, Mario Jorge Cardoso de; PEREIRA, Rodrigo Mendes; PINNA, Beatriz. **Nota Técnica n. 19 (Dirur): Uma análise da produtividade da indústria brasileira**. Brasília: IPEA, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/entities/publication/dae4a7f7-41b3-4d6d-a245-990892b4e109>. Acesso em: 04 fev. 2026

MENDONCA, Mario Jorge Cardoso de; PEREIRA JUNIOR, Amaro Olimpio; PESSANHA, Jose Francisco Moreira; PEREIRA, Rodrigo Mendes; HUNT, Julian David. Measuring the Economic Impact of Pre-Salt Layer on the Productivity of the Oil and Natural Gas Sector. **Resources**, v. 14, n. 2, p. 32, fev. 2025. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2079-9276/14/2/32>. Acesso em: 11 fev. 2026.

MIRANDA, Caroline; HASENCLEVER, Lia. Indústria de produtos para a saúde e os loci de suas competências científicas e tecnológicas. **DRd-Desenvolvimento Regional em debate**, v. 13, p. 339-357, ago. 2023. Disponível em: <https://www.periodicos.unc.br/index.php/drd/article/view/4701>. Acesso em: 09 set. 2025.

NASCIMENTO, Luciano. Câmara aprova projeto que cria Estratégia Nacional de Saúde. **Agência Brasil**, São Luís, 08 jul. 2025. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/saude/noticia/2025-07/camara-aprova-projeto-que-cria-estrategia-nacional-de-saude>. Acesso em: 31 mar. 2026.

OLIVEIRA, Eduardo Jorge Valadares. **Engenharia Clínica Aplicada à Definição e Implementação de uma Proposta Desenvolventista para o Sistema Nacional de Inovação de Produtos Médicos**. Orientadora: Vera Lúcia da Silveira Nantes Button. 2010. Tese de Doutorado (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010. Disponível em: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UNICAMP-30_022d424ef635526aa41745bc16b79b4a. Acesso em: 14 set. 2025.

PAVITT, K. Sectoral Patterns of Technical Change: Towards a Taxonomy and a Theory. **Research Policy**, v. 13, p. 343-373, 1984. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0048733384900180>. Acesso em: 15 mai. 2025.

PESQUISA INDUSTRIAL ANUAL – EMPRESA (PIA-EMPRESA). IBGE. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pia-empresa/tabelas/brasil/2023>. Acesso em: 19 dez. 2025.

PESQUISA INDUSTRIAL DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA (PINTEC). IBGE. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/ciencia-tecnologia-einovacao/9141-pesquisa-de-inovacao.html?edicao=17110&t=o-que-e>. Acesso em: 20 abr. 2025

PIERONI, João Paulo; DE SOUZA, José Oswaldo Barros; REIS, Carla. A indústria de equipamentos e materiais médicos, hospitalares e odontológicos: uma proposta de atuação do BNDES. **BNDES Setorial**, n. 31, p. 185-226, mar. 2010. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/1761>. Acesso em: 10 mar. 2024.

PORTER, Michael Eugene. Aglomerados e Competição: Novas Agendas para Empresas, Governos e Instituições. *In*: **Competição (On Competition): Estratégias Competitivas Essenciais**. Rio de Janeiro: Campus, 1999.

PRATES, Daniela M.; FRITZ, Bárbara; DE PAULA, Luiz Fernando. O desenvolvimentismo pode ser culpado pela crise? Uma classificação das políticas econômica e social dos governos do PT ao governo Temer. **Texto para Discussão IE/UFRJ**, n. 009, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Luiz-Paula-2/publication/332767622_O_desenvolvimentismo_pode_ser_culpado_pela_crise_Uma_classificacao_das_politicas_economica_e_social_dos_governos_do_PT_ao_governo_Temer/links/5cc8e4e6299bf120978b6d86/O-desenvolvimentismo-pode-ser-culpado-pela-crise-Uma-classificacao-das-politicas-economica-e-social-dos-governos-do-PT-ao-governo-Temer.pdf. Acesso em: 01 abr. 2026.

RAY, Partha P.; AMARAL, Joseph F.; HINOUL, Piet. Innovation best practices in the medical device industry. **Techniques in vascular and interventional radiology**, v. 20, n. 2, p. 90-93, jun. 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S108925161730015X>. Acesso em: 07 nov. 2025.

RIMPI; VERMA, Shweta J.; PINKY; BALDI, Ashish. Evidence-based recommendations for comprehensive regulatory guidelines in medical devices: the imperative for global harmonization. **Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology**, v. 398, n. 7, p. 7697-7711, fev. 2025. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00210-025-03843-3>. Acesso em: 08 ago. 2025.

RODRIGUES, Matheus de Souza. **Análise do Posicionamento da Fiesp sobre as Ações Econômicas no Governo Bolsonaro (2019-2022)**. 2024. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2024. Disponível em: <https://dspace.sti.ufcg.edu.br/handle/riufcg/36543>. Acesso em: 02 abr. 2026.

ROSENBERG, Nathan; GELIJNS, Annetine C.; DAWKINS, Holly. **Sources of Medical Technology: Universities and Industry**. Washington D.C.:National Academy Press, 1995. Disponível em: <http://www.nap.edu/catalog/4819.html>. Acesso em: 04 nov. 2025.

SHIN, Jaeho; KIM, Yeongjun; SON, Jiyeon; KIM, Changhee. Is there a difference in innovation performance depending on the investment in each stage of development process? Evidence from medical device industry. **IEEE Access**, v. 11, p. 92092-92099, 2023. Disponível em: [10.1109/ACCESS.2023.3308154](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3308154). Acesso em: 01 set. 2025.

SIMS, Christopher A. Bayesian skepticism on unit root econometrics. **Journal of Economic dynamics and Control**, v. 12, n. 2-3, p. 463-474, jun.-set. 1988. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0165188988900504?ref=pdf_download&fr=RR-2&rr=9c8f60432ec062a1. Acesso em: 04 fev. 2026.

SOLOW, Robert M. Technical change and the aggregate production function. **The review of Economics and Statistics**, v. 39, n. 3, p. 312-320, ago. 1957. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/1926047>. Acesso em: 31 jan. 2026.

SYVERSON, Chad. What determines productivity? **Journal of Economic literature**, v. 49, n. 2, p. 326-365, jun. 2011. Disponível em: <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/jel.49.2.326>. Acesso em: 31 jan. 2026.

TOREZANI, Tomás Amaral. Produtividade da indústria brasileira: decomposição do crescimento e padrões de concentração em uma abordagem desagregada, 1996-2016. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 19, p. 1-37, 2020. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbi/a/pdPHkgXdfcMzcyHQPkNRfq/?format=html&lang=pt>.

Acesso em: 11 fev. 2026.

ULVELING, Edwin F.; FLETCHER, Lehman B. A Cobb-Douglas production function with variable returns to scale. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 52, n. 2, p. 322-326, mai. 1970. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/1237508>.

Acesso em: 27 jan. 2026.

VALENTIM, Daniel de Albuquerque Toledano. **Inovação e Concorrência na Indústria Brasileira de Equipamentos Médicos, Hospitalares e Odontológicos**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Econômicas) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/handle/11422/22621>. Acesso em: 03 jun. 2025.

VERMA, Servjaeta. Frugal innovation in medical devices: Key to growth in emerging economies. **Journal of Medical Marketing**, v. 16, n. 2, p. 66-73, mar. 2017.

Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1745790418764994>.

Acesso em: 07 nov. 2025.

WALD, Abraham. Tests of statistical hypotheses concerning several parameters when the number of observations is large. **Transactions of the American Mathematical Society**, v. 54, n. 3, p. 426-482, nov. 1943. Disponível em:

<https://www.jstor.org/stable/1990256>. Acesso em: 28 jan. 2026.

WINTERHALTER, Stephan; ZESCHKY, Marco B.; NEUMANN, Lukas; GASSMANN, Oliver. Business models for frugal innovation in emerging markets: The case of the medical device and laboratory equipment industry. **Technovation**, v. 66, p. 3-13, ago. 2017. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016649721730531X>. Acesso em:

08 nov. 2025.

ANEXO

Quadro 1 – Correspondência entre a CNAE 2.0 e a CNAE 1.0

CNAE 2.0		CNAE 1.0		Observações
Código	Denominação	Código	Denominação	
26.60-4	Fabricação de aparelhos eletromédicos e eletroterapêuticos e equipamentos de irradiação	* 33.10-3	Fabricação de aparelhos e instrumentos para usos médico-hospitalares, odontológicos e de laboratórios e aparelhos ortopédicos	Exceto a fabricação de instrumentos não eletrônicos, mobiliário médico-hospitalar; aparelhos ortopédicos; instalação sob contrato
32.50-7	Fabricação de instrumentos e materiais para usos médico e odontológico e de artigos ópticos	* 17.64-7	Fabricação de tecidos especiais - inclusive artefatos	Fabricação de artefatos de tecido não tecido para uso odonto-médico-hospitalar
32.50-7	Fabricação de instrumentos e materiais para usos médico e odontológico e de artigos ópticos	* 18.22-8	Fabricação de acessórios para segurança industrial e pessoal	Fabricação de óculos de segurança e proteção
32.50-7	Fabricação de instrumentos e materiais para usos médico e odontológico e de artigos ópticos	* 24.54-6	Fabricação de materiais para usos médicos, hospitalares e odontológicos	Fabricação de catedetes, cimentos dentário, curativos não impregnados
32.50-7	Fabricação de instrumentos e materiais para usos médico e odontológico e de artigos ópticos	* 33.10-3	Fabricação de aparelhos e instrumentos para usos médico-hospitalares, odontológicos e de laboratórios e aparelhos ortopédicos	Fabricação de instrumentos não eletrônicos para usos médico-hospitalar, aparelhos e próteses ortopédicos, laboratórios dentários, mobiliário hospitalar; etc.
32.50-7	Fabricação de instrumentos e materiais para usos médico e odontológico e de artigos ópticos	* 33.20-0	Fabricação de aparelhos e instrumentos de medida, teste e controle - exceto equipamentos para controle de processos industriais	Fabricação de instrumentos de medida, teste e controle para uso médico hospitalar
32.50-7	Fabricação de instrumentos e materiais para usos médico e odontológico e de artigos ópticos	* 33.40-5	Fabricação de aparelhos, instrumentos e materiais ópticos, fotográficos e cinematográficos	Fabricação de óculos, lentes e semelhantes; laboratórios ópticos
21.23-8	Fabricação de preparações farmacêuticas	* 24.54-6	Fabricação de materiais para usos médicos,	Exceto a fabricação de curativos, hastes, gazes etc., não impregnados com qualquer substância

			hospitalares e odontológicos	
31.02-1	Fabricação de móveis com predominância de metal	* 33.10-3	Fabricação de aparelhos e instrumentos para usos médico-hospitalares, odontológicos e de laboratórios e aparelhos ortopédicos	Fabricação de cadeiras para barbeiros e cabeleireiros
33.12-1	Manutenção e reparação de equipamentos eletrônicos e ópticos	33.91-0	Manutenção e reparação de equipamentos médico-hospitalares, odontológicos e de laboratório	

Fonte: IBGE (2016)