

## 1. Progresso Tecnológico e Oportunidades

# Progresso Tecnológico, Difusão e Oportunidades para Países Em Desenvolvimento

<https://doi.org/10.22533/at.ed.9842410071>

Daniela Prado Damasceno Ferreira Reinecken  
Daiane Rodrigues dos Santos  
Tuany Barcellos

## Resumo

As nações em estágio de subdesenvolvimento detêm um vasto histórico de tentativas de superação de seu nível de avanço socioeconômico. Com base em discussões e teorias elaboradas por economistas renomados, pode-se perceber a interconexão entre o estágio de país desenvolvido e seu nível de avanço tecnológico. Existem também elementos que auxiliam no estímulo da inovação e difusão tecnológica, bem como elementos que ampliam o abismo existente entre países avançados e em estágio de desenvolvimento. Um princípio do Manual de Oslo é que a inovação pode e deve ser medida. O relatório GII – Global Index Innovation, elaborado pela Organização Mundial de Propriedade Intelectual em 2022, não apenas confere a cada nação examinada uma nota atribuída a grau de inovação e difusão tecnológica, como também lista os principais impedimentos e promotores de inovação. Dessa forma, neste trabalho será apresentado o conceito e referências econômicas de inovação tecnológica e sua propagação no cenário de países em desenvolvimento. Posteriormente, serão avaliados indicadores mencionados no GII e realizado um comparativo entre a conjuntura brasileira e a de outras nações dentro do grupo de renda média-alta, que possam indicar onde se encontram as maiores possibilidades para um incremento do desenvolvimento da economia brasileira por meio da inovação tecnológica. As informações examinadas serão obtidas a partir de indicadores fornecidos pelo MCTI, WIPO e OECD.

## 1.1 Introdução

A inovação tecnológica é essencial para promover o crescimento econômico através de novas ideias, tecnologias, processos ou métodos que melhoram a eficiência e a capacidade de produção de uma economia. A inovação, (Wagner 2004) pode ser descrita como o uso comercial da invenção, de forma descontínua ou esporádica. Ela modifica o sistema produtivo, introduzindo novas combinações, destruindo as estruturas existentes e criando uma nova estrutura. Esta inovação não é um simples melhoramento ou adaptação de algo já existente no processo produtivo, mas sim uma nova combinação vinda do próprio meio, sendo ela endógena ao sistema.

A expansão da economia, a ampliação da competitividade global, bem como a melhoria do bem-estar, podem ser alcançados por meio do progresso tecnológico, ou o que chama-se de inovação tecnológica. A inovação tecnológica impulsiona o crescimento econômico ao criar novos produtos, serviços e indústrias. Segundo relatório apresentado pela Unidade de Prospectiva Científica do Parlamento Europeu em 2018, novas tecnologias frequentemente aumentam a eficiência da

produção, reduzem custos e abrem novos mercados, e estimula, por consequência, a expansão econômica.

Já a difusão da inovação tecnológica é definida pelo Manual de Oslo (2018) como sendo o processo pelo qual inovações penetram no mercado, impactando diferentes regiões, indústrias e empresas. Ainda segundo o Manual, a difusão é decisiva para que exista um impacto econômico advindo da inovação, pois sem ela, a inovação deixa de perder sua relevância econômica, por este motivo, o conceito "nova para a empresa" é descrito como sendo o critério mínimo de entrada para o sistema.

Neste artigo será introduzido o conceito de inovação no contexto dos países em desenvolvimento. Em seguida, será abordado o papel da difusão da inovação tecnológica rumo ao desenvolvimento, suas oportunidades e limitações mais comumente encontradas e as tidas como chaves por órgãos internacionais. Os dados analisados terão por fonte indicadores da PINTEC, IBGE, INPI, WIPO, OCDE, dentre outros. Posteriormente, serão avaliados indicadores mencionados no GII e realizado um comparativo entre a conjuntura brasileira e a de outras nações dentro do grupo de renda média-alta, que possam indicar onde se encontram as maiores possibilidades para um incremento do desenvolvimento da economia brasileira por meio da inovação tecnológica.

Serão examinados indicadores principalmente do Brasil, mas também de outros países da América do Sul que se encontram no grupo de renda média-alta do Índice de Inovação Global de 2023 com o objetivo de avaliar o impacto das variáveis Investimento e Adoção de Tecnologia, com objetivo de verificar a relação entre o investimento em inovação (input) e a adoção de tecnologia (output) nos países com diferentes níveis de desenvolvimento. Além de levantar os países que a adoção de tecnologia é alta, mas o investimento em P&D é baixo, observando países nos quais existe um alto patamar de inovação, mas baixos níveis de exportações de alta tecnologia. O que poderá indicar potencial de mercado inexplorado ou barreiras ao comércio.

## 1.2 Referencial Teórico

O desenvolvimento econômico das nações tem sido tema central de discussão ao longo dos séculos, com raízes profundas na teoria econômica clássica e nas perspectivas mais contemporâneas. A visão de funcionamento de mercado, destacada por Adam Smith em "A Riqueza das Nações", representou um marco inicial na análise das relações econômicas. Smith ao longo de sua obra trás luz à desigualdade social persistente, presente mesmo em países desenvolvidos. Trazendo como exemplo os impactos oriundos das políticas intervencionistas da União Europeia empregadas na região.

“Mas a política vigente na Europa, por não deixar as coisas terem seu livre curso, provoca outras desigualdades, muito mais importantes. Três são as maneiras pelas quais a política europeia provoca essas desigualdades. Primeiro, limitando a concorrência, em se tratando de alguns empregos, a um número menor de pessoas do que o número daquelas que de outra forma estariam dispostas a concorrer; segundo, aumentando em outros empregos a concorrência, além da que ocorreria naturalmente; terceiro, criando obstáculos à livre circulação de mão-de-obra e de capital, tanto de uma profissão para outra como de um lugar para outro”. (SMITH, p.160, A Riqueza das Nações)

Conforme observado (Todaro, 1979)[26] após a queda da bolsa de NY, torna-se clara a necessidade de intervenção estatal na economia, com políticas anticíclicas emergindo como mecanismo para mitigar instabilidades. A perspectiva de estágios sucessivos de desenvolvimento, que predominou nas décadas de 1950 e 1960, deu lugar ao enfoque estruturalista internacional, que considera o subdesenvolvimento como uma questão de poder interno e externo aos países. No contexto pós-Segunda Guerra Mundial, países em desenvolvimento buscavam modelos para melhorar suas

economias e alçá-las ao status de potências industriais. A visão de desenvolvimento evoluiu, não focando apenas no crescimento econômico, mas também em mudanças estruturais, progresso tecnológico e integração com mercados externos. (Souza, 2012)[25].

A necessidade de estabelecer um vínculo entre desenvolvimento e produção de renda levou a uma análise mais profunda das etapas de crescimento econômico. Walt Rostow, defensor da teoria dos estágios de crescimento econômico, assim como a CEPAL, destacou a sequência da economia de subsistência, crescimento das exportações e tecnologia até chegar ao consumo em massa. (Nali, por Souza, 2012)[25].

De acordo com a Teoria dos Estágios de Rostow, elaborada em 1960, o desenvolvimento econômico das nações deveria ser compreendido por cinco estágios de desenvolvimento postulados, o que seria uma forma simplificada de observar o processo de evolução econômica de um país. A fase inicial seria aquela na qual a economia é predominantemente agrária e a inovação tecnológica escassa, resultando em um progresso lento. Esta fase seria seguida por uma Pré-Condição para a Decolagem, caracterizada por avanços tecnológicos na agricultura e consequente aumento de produtividade. A partir deste estágio, segundo Rostow, ter-se-ão bases para o desenvolvimento econômico, incluindo o acúmulo de capital, investimentos em infraestrutura e em educação.

O terceiro estágio, denominado Decolagem, o país passa a experimentar um acelerado crescimento econômico, estimulado principalmente pelo setor industrial. Assim, novas indústrias e tecnologias emergem, e a urbanização crescerá a passos largos, sendo que as divisas assumem frequentemente um papel vital. No quarto estágio, Crescimento Acelerado, a indústria e os setores de serviços expandem-se significativamente, e é observado uma melhora substancial no padrão de vida da população. Passa a existir destaque do país na economia global. Por fim, Rostow aponta a Consolidação como sendo o ápice do desenvolvimento econômico. Neste estágio a economia diversifica-se, com setores como tecnologia, finanças e serviços assumindo papéis-chaves. O país atinge um alto padrão de vida, seguido por serviços públicos desenvolvidos e de alta qualidade de vida.

Apesar de simplificar o desenvolvimento econômico através de seus “etapismos”, cabe ressaltar que esta teoria, por simplificar demasiadamente o processo de desenvolvimento, é alvo de críticas principalmente por desconsiderar aspectos de diferenças históricas, culturais e políticas das nações. Embora seja uma ferramenta útil para uma ligeira compreensão, esta teoria deve ser importante ressaltar que ela recebeu críticas ao longo dos anos. Algumas dessas críticas se referem à simplificação excessiva do processo de desenvolvimento e à falta de consideração das diferenças culturais, políticas e históricas entre as nações.

Um dos críticos mais fervorosos das etapas de Rostow foi Rui Mauro Marini em 1992[14]. Ele argumentou que o subdesenvolvimento não seria uma etapa anterior ao desenvolvimento, mas sim um estado praticamente imutável devido à permanência dos interesses dos países centrais nessa condição. Neste caso, Marini argumentou que uma elevação ao status de país central só poderia ser viabilizado através de um verdadeiro desenvolvimento orgânico, fomentado em parte justamente pela inovação tecnológica de dentro para fora.

Sobre a relevância da inovação tecnológica endógena, Marini ofereceu uma abordagem crítica e desafiadora no campo do desenvolvimento econômico. O economista brasileiro argumenta em sua *Dialética da Dependência* que o subdesenvolvimento não era simplesmente uma etapa anterior ao desenvolvimento, como muitas teorias econômicas induziam, mas sim um estado quase imutável, oriundo das relações desequilibradas entre países centrais e periféricos. Para compreender essa perspectiva, podemos relacioná-la ao pensamento neo-schumpeteriano.

A visão neo-schumpeteriana da economia, toma por base as premissas do economista Joseph Schumpeter, enfatizando o papel vital da inovação tecnológica no processo de crescimento econômico. (Horst HANUSCH, Horst e PYKA, Andreas, 2007)[10]. Schumpeter argumenta que o desenvolvimento econômico advém de "ondas" de inovação que descontinuam o equilíbrio

econômico existente no momento da “onda”, culminando em não apenas avanços tecnológicos, mas também às modificações nos mercados.

Marini, ao tratar do subdesenvolvimento, questiona a aplicabilidade direta das teorias neo-schumpeterianas nos países periféricos, uma vez que estes teriam barreiras comerciais e diferentes relações de poder com relação às economias centrais. Logo, se faz presente a necessidade de os países periféricos buscarem ativamente a inovação "de dentro para fora". Não devendo depender exclusivamente da adoção de tecnologias estrangeiras e sua importação, mas ainda investir em pesquisa, desenvolvimento e inovação internamente. Buscando soluções tecnológicas relevantes voltados para suas condições e desafios particulares. Assim, pode haver um fortalecimento de suas capacidades de pesquisa, e parcerias entre universidades, empresas e governo, além de políticas voltadas ao fomento da inovação.

O cerne da analogia neo-schumpeteriana aqui tratada é que, ao passo que Schumpeter destacou as inovações disruptivas "de fora" que vinham alterar os mercados existentes, Marini (1992)[14] declarou que os países periféricos podem e devem buscar inovações internas para que possam perturbar as estruturas de poder e superar a condição de subdesenvolvimento. Sob esta ótica, a perspectiva de Marini é crítica por desafiar a ideia de que o desenvolvimento tecnológico se trata de um método unidirecional guiado pelos países centrais. Além disso, recomenda que nações em desenvolvimento possuem um papel ativo a exercer na concepção e difusão de tecnologias relevantes para suas realidades socioeconômicas, a fim de impetrarem uma trajetória de desenvolvimento autônoma e sustentável.

Para este processo de fomento à inovação, devemos nos ater a um aspecto crucial para o desenvolvimento: o investimento em pesquisa e inovação. Aqui, o trabalho de Eric von Hippel[11], como apresentado em "Democratizing Innovation: The Evolving Phenomenon of User Innovation"(Democratizando a inovação: o fenômeno, da evolução da inovação do usuário) ressaltou a importância do envolvimento direto dos usuários na inovação tecnológica, rompendo com a tradicional ideia de que a inovação é conduzida apenas pelas empresas.

Ao olhar para o passado, as contribuições de autores como Gerschenkron[68] oferecem valiosas percepções sobre o processo de catching-up, ou seja, o encurtamento das lacunas tecnológicas e econômicas entre países em diferentes estágios de desenvolvimento. Gerschenkron destaca que nações em fases distintas de desenvolvimento demandam abordagens institucionais diferenciadas para inovação e progresso. Essa perspectiva ressalta a heterogeneidade das posições relativas ocupadas por países periféricos e aponta para a diversidade de trajetórias que podem levar à superação do subdesenvolvimento.

A história da Revolução Industrial na Europa exemplifica como a adoção de tecnologias transformou a produção, expandiu mercados e moldou o desenvolvimento. Países periféricos, como a França, buscaram imitar e aprender com os pioneiros tecnológicos, demonstrando como a liderança tecnológica estava vinculada à dominância econômica. Neste aspecto, o comércio exterior e a competição internacional desempenham papéis cruciais no desenvolvimento. No entanto, ao abrir suas economias, países em desenvolvimento podem enfrentar desafios na competição com produtos externos. O incentivo à inovação e ao aumento da competitividade torna-se essencial para o crescimento sustentável (Siqueira, 2009). Além disso, o desenvolvimento não é apenas uma busca econômica, mas também implica mudanças sociais, comportamentais e institucionais. A construção de uma burocracia funcional e a busca de metas nacionais são fundamentais para alcançar o progresso (Landes, 2001)[12].

Organizações como a Organização de Cooperação para o Desenvolvimento Econômico (OCDE) e a EUROSTAT, por exemplo, fomentam essa expansão através do conhecimento. A edição de 2018 do Manual de Oslo, revisada por ambas as entidades citadas anteriormente, afirma que o progresso da ciência e a mudança tecnológica, gerados pela influência mútua entre ciência e informação, compõe vetor-chave das mudanças ora em andamento e tem fomentado a preparação de uma extensa

variedade de estudos e pesquisas, com o objetivo de compreender o processo inovador de seus países membros. Iniciativas da OCDE, como o aperfeiçoamento da metodologia contida no Manual de Oslo, representam ações dos países desenvolvidos na ampliação do escopo das políticas de ciência e tecnologia e de adaptar a forma dos sistemas de informações em C&T, acomodando às demandas estabelecidos por pesquisadores e acadêmicos.

As investidas fundamentadas nas políticas de ciência e tecnologia vêm sendo paulatinamente substituídas pela compreensão dos sistemas nacionais de inovação, tendência que surge a partir das publicações de Lundvall[13] e Nelson[18], na década de 90, acerca dos sistemas nacionais de inovação. Ambos os autores concordam que os sistemas de inovação são complexos e multidimensionais e que a interação entre diferentes atores e instituições é decisiva para o sucesso do processo inovativo. Eles também destacam a necessidade fundamental de considerar as especificidades nacionais e setoriais ao analisar e desenvolver políticas para sistemas de inovação.

Por exemplo, o Modelo de Difusão Tecnológica, discutido por Rogers[21] em 2003, traz luz sobre como as inovações se espalham entre os países ao longo do tempo. Rogers considera que o processo de difusão de uma inovação se dá por estágios sequenciais, nos quais indivíduos ou corporações iniciam sua implementação. Isso reforça o entendimento de como uma nova tecnologia é adotada, inicialmente, por um grupo pioneiro e gradativamente se difunde. No contexto de países da América do Sul, tal qual as demais regiões e países em desenvolvimento, é importante considerar este modelo ao analisar como se propagam inovações e suas alterações no decorrer do tempo.

Ao passo que os Modelos de Gravidade, de autores como Head e Mayer (2014)[79], são adotados para examinar as relações tecnológicas entre nações. Enquanto os Modelos de Propensão a Inovar, de autores como Schumpeter em 1942 e Freeman no ano de 1982, auxiliam na identificação dos determinantes da inovação em empresas e organizações locais. Viabilizando a avaliação de como variáveis temporais e individuais impactam a inovação ao longo do tempo, permitindo a compreensão de tendências de inovação em economias em desenvolvimento.

Considerando os modelos perpassados, cabe observar que indicadores e Órgãos que fomentem o processo inovativo endógeno e que viabilize o crescimento e desenvolvimento das nações, são fundamentais para análise de ações a serem adotadas. Além de servirem como fonte de *insights* sobre as oportunidades presentes em países em desenvolvimento. Sendo assim, faz-se necessário ressaltar a importância do papel dos governos das nações subdesenvolvidas ao longo da caminhada rumo ao desenvolvimentismo, para que seja viabilizado uma verdadeira inovação tecnológica endógena que viabilize uma melhoria conjuntural e estrutural. Embora existam várias agências e programas criados para promover a inovação tecnológica no Brasil, como a FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos), o país ainda está atrasado nessa área (FINEP). Portanto, enfrentamos a dependência de importações tecnológicas em várias ocasiões, mesmo tendo plena capacidade de produção interna. Um dos maiores desafios que enfrentamos, no entanto, é um risco maior para a verdadeira inovação tecnológica e sua distribuição, que geralmente é suportada pelo governo brasileiro, e não pelo setor privado (FINEP).

Leis de incentivo também foram criadas, como incentivos fiscais por meio da Lei do Bem (Lei 10.664, de 22/04/2003, e Lei 11.077, Lei nº 8.661 de 2 de junho de 1993, e Capítulo III da Lei nº 11.196 de 21 de novembro de 2005) e a Lei da Boa Lei nº 11.196 de 21 de novembro de 2005). Além dos programas oferecidos pelo BNDES e pela FINEP. Especialmente os programas de financiamento reembolsável de projetos inovadores da FINEP; financiamento de projetos de pesquisa que estimulam a aproximação entre o setor empresarial e as universidades e centros de pesquisa, realizados por meio de fundos setoriais.

Do ponto de vista do país dependente que atende às demandas da circulação de capital e não depende da capacidade interna de consumo, há dois momentos fundamentais no ciclo do capital - a produção e a circulação de mercadorias - cujo efeito é fazer aparecer, especificamente na economia latino-americana, a contradição inerente da produção capitalista em geral.

Na economia de exportação latino-americana, a formação baseada no modo de produção, a relação de exploração sobre a qual se baseia, cria um ciclo de capital que tende a reproduzir em escala ampliada a dependência em que se encontra diante da expansão da economia internacional (MARINI, 1992)[14]. Quando a América Latina entrou na fase de industrialização, o fez a partir das bases criadas pela economia de exportação, que, na opinião de Marini, sacrifica o consumo individual dos trabalhadores em favor das exportações para o mercado mundial, deprime os níveis de demanda doméstica e erige o mercado mundial como o único destino para a produção.

Para elucidar a questão abordada por Marini, podemos mencionar a exportação de petróleo bruto e importações de combustíveis do Brasil, cujo nível de desenvolvimento se assemelha ao de países como Nigéria e Angola (Site 4). O país é um dos maiores exportadores de petróleo bruto do mundo, sendo o petróleo predominante no solo nacional "pesado, denso e de difícil refino". Devido ao atraso tecnológico no processo de refino de petróleo bruto, o país está sujeito à importação de petróleo refinado para que seja misturado ao petróleo pesado nacional. Apesar dos investimentos da Petrobras em refinarias com o objetivo de otimizar e expandir sua capacidade técnica para refinar o produto, no primeiro trimestre de 2017 houve uma queda de 95% no nível de utilização da refinaria para 77%, resultando em um aumento de 79,7% no nível de importações, atingindo US\$ 4,357 bilhões. Além disso, a Agência Nacional do Petróleo, ANP, prevê sérios problemas de abastecimento se não for dada a devida atenção ao refino. Como resultado dessas importações e do atraso tecnológico nas refinarias, aumenta o preço do combustível disponibilizado internamente, resultando no sacrifício do consumidor brasileiro.

As autoridades governamentais e os empreendedores locais parecem acreditar que os países podem dispensar um compromisso mais sólido com atividades de geração e difusão de conhecimento doméstico, e que os mercados podem lidar adequadamente com questões de acesso à tecnologia e know-how. A tecnologia é um insumo externo facilmente obtido quando necessário, e, portanto, sente-se que os recursos locais não devem ser usados para financiar uma infraestrutura interna de ciência e tecnologia (KATZ, 2005)[63].

Assim, como Katz aponta, além dos Estados Unidos, a Europa Ocidental e o Japão competem favoravelmente na produção de aço e automóveis hoje, embora não tenham sucesso quando se trata da indústria de máquinas e ferramentas, principalmente as automatizadas. Há uma nova hierarquia na economia capitalista mundial, cuja base é a redefinição da divisão internacional do trabalho nos últimos cinquenta anos.

Marini (1992)[14] vê a necessidade de enfatizar que a economia de exportação é o estágio de transição para uma autêntica economia capitalista nacional, que só se forma quando a economia industrial emerge; e que a fórmula geral do capital também considera a transformação da produção simples de mercadorias em produção capitalista de mercadorias.

Rosenberg (2006) argumenta que as transferências de tecnologia existem desde o início da história. No entanto, após a Revolução Industrial, o processo de transferência de tecnologia se intensifica. Os receptores da tecnologia britânica estavam inicialmente em uma posição amplamente favorável, pois podiam se industrializar simplesmente transferindo tecnologia existente, em vez de inventá-la independentemente. Isso tornou mais fácil para os retardatários na corrida da industrialização ingressar no mundo competitivo que se iniciou.

Tal facilidade em entrar no mundo industrializado, no entanto, se torna uma desvantagem a longo prazo. O fato de um país se inserir em uma sociedade capitalista competitiva exige uma constante renovação de produtos, que os países industrializados fornecem com a tecnologia avançada, além de gerar inovações e atualizações tecnológicas. Isso implica, conforme Rosenberg, em uma ameaça de que os países subdesenvolvidos estejam em um círculo vicioso de dependência. "O século XX fornece numerosos exemplos da substituição de novos produtos por produtos antigos, cuja produção em alguns países menos desenvolvidos havia sido fortemente dependente"(ROSENBERG, 2006).

Como afirmado na Estratégia Nacional para Ciência, Tecnologia e Inovação (Encti) 2016-2022,

publicada pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) em 13 de dezembro de 2016, e validada pelo Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia:

"O desenvolvimento econômico dos países está cada vez mais baseado na inovação em desenvolvimento científico e tecnológico. Não é por acaso que vários países, como Estados Unidos e China, colocaram a inovação no centro de suas estratégias de recuperação do crescimento após a crise de 2008. Essa centralidade das políticas de ciência, tecnologia e inovação deve ser perseguida pelo país, uma vez que é fundamental para sustentar o desenvolvimento econômico brasileiro a longo prazo. Países com industrialização tardia bem-sucedida tiveram suas estratégias baseadas em insumos decisivos no contexto da educação e da ciência e tecnologia. O Brasil não promoveu essa revolução e, apesar de avanços importantes, pode perder oportunidades diante da necessidade de avançar rapidamente no campo do conhecimento. Estratégias passadas, mesmo as mais bem-sucedidas, não podem mais ser repetidas, e o Brasil deve buscar novas maneiras de alcançar seu objetivo de criar e distribuir riqueza compatível com as aspirações de sua população."(MCTI)

A publicação também afirma que a orientação do esforço do Sistema Nacional de CT&I (Sistema Nacional de Ciência e Tecnologia) deve estar voltada para o apoio à promoção da Inovação, para que possamos agregar valor à produção doméstica e incorporar *know-how* em todos os segmentos da economia. Isso é um "desafio crítico a ser enfrentado".

Somente após 1951, com a criação do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq, e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, Capes, houve um investimento mais concreto em pesquisa científica no Brasil. No entanto, com a criação do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCT&I), focado em ações de CT&I, podemos observar o nível atual de desenvolvimento (MCTI).

A consolidação e construção do SNCT&I nacional ocorreram na década de 1960, e, apesar do atraso de três décadas em seu desenvolvimento, ainda encontramos pontos a serem desenvolvidos porque estão aquém dos países de primeiro mundo. Um dos pontos destacados por Sérgio Machado Rezende, ex-Ministro da Ciência e Tecnologia (de julho de 2005 a dezembro de 2010) e ex-presidente da Finep, são "recursos insuficientes, burocracia e o fato de que várias FAPs não funcionam bem, como as principais fraquezas do sistema"(Site 8).

Com o Decreto-Lei 0719, de 31 de julho de 1969, o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - FNDCT foi criado no âmbito do Ministério do Planejamento. Para financiar projetos prioritários de desenvolvimento científico e tecnológico, com o claro objetivo de fornecer suporte para a implementação do Plano Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - PBDCT (Site da FINEP). Como resultado desse episódio, em 24 de julho de 1967, por meio do Decreto-Lei 61056, foi criada a Financiadora de Estudos e Projetos, FINEP, como empresa pública vinculada ao Ministério do Planejamento (Site 9).

Em 1998, o Fundo Setorial do Petróleo e Gás Natural, estabelecido por lei, foi criado e, em 1999, foram criados os Fundos Setoriais de Ciência e Tecnologia, ambos com o propósito de complementar o desenvolvimento e o financiamento de setores estratégicos para o Brasil. Em breve, representam a maioria dos recursos alocados no FNDCT. Atualmente, esses fundos são compostos por 16 setores da economia, dos quais catorze (específicos) são para as áreas de: transporte terrestre, aeronáutica, agronegócio, Amazônia, transporte aquaviário e construção naval, biotecnologia, energia, espaço, recursos hídricos, tecnologia da informação, infraestrutura, petróleo e gás natural, mineral e saúde; E dois transversais compostos pelo Fundo para o Desenvolvimento Tecnológico das Telecomunicações (Funttel) e pelo Fundo Setorial do Audiovisual. A partir da regulamentação do FNDCT de 2006, existe a possibilidade de apoio dos Fundos a qualquer área, chamados de ações transversais.

Sendo assim, analisemos o Índice Global de Inovação (GII). Que é um conjunto de indicadores

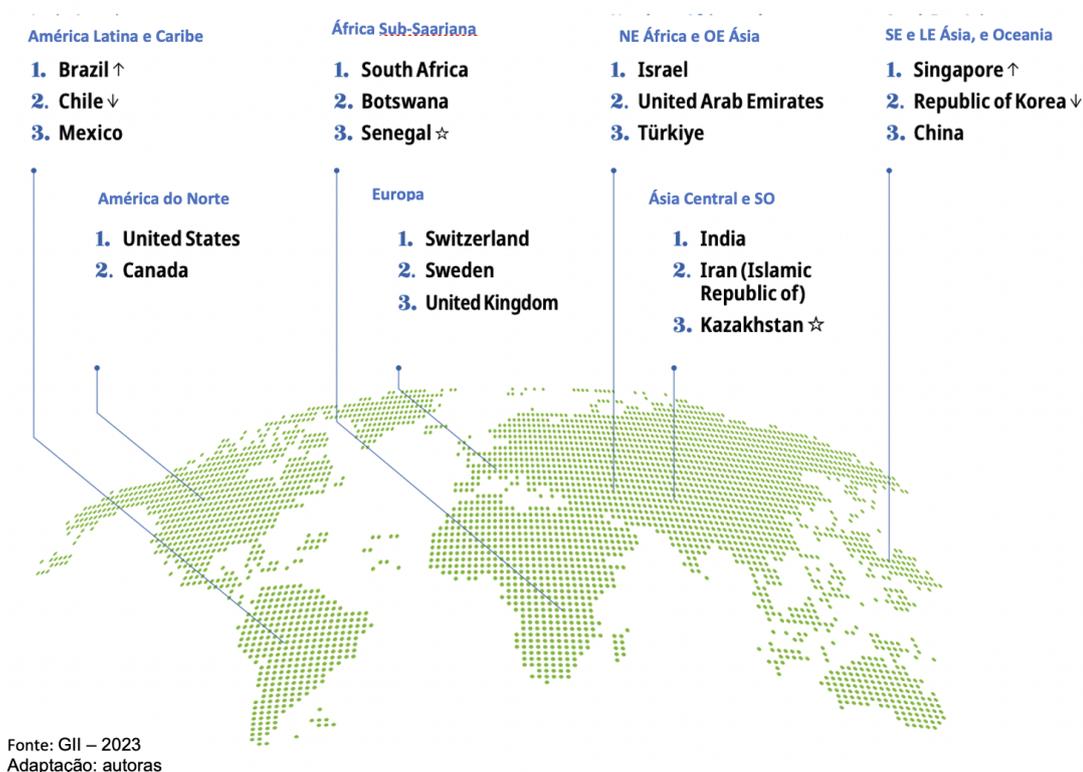
e dados publicado pela Organização Mundial da Propriedade Intelectual (WIPO), uma agência especializada das Nações Unidas. O objetivo do relatório é prover uma classificação da inovação e uma análise detalhada de aproximadamente 130 economias, partindo do preceito que a inovação é um impulsionador chave do desenvolvimento econômico. Entre os anos de 2013 e 2023, o GII se consolidou como uma referência e uma ferramenta de ação para as economias que adotam o GII em suas agendas de inovação.

Os países que compõem o Índice são classificados de acordo com suas capacidades e resultados de inovação. Além de considerar aspectos inovativos que vão de capital humano e pesquisa, investimento, instituições, infraestrutura, crédito e conexões; fora o desenvolvimento, difusão e absorção.

Dentre os líderes regionais do GII estão a Suíça, Estados Unidos, Brasil, Índia, Singapura, Israel e Maurício; Índia e Ruanda lideram seus grupos de renda. Na América Latina e no Caribe, o Brasil lidera pela primeira vez, seguido pelo Chile (23º) e México (58º). Entre 2019-2023, desde o início da pandemia da COVID-19, Maurício (57º), Indonésia, Arábia Saudita, Brasil e Paquistão foram os países que mais subiram no *ranking* do Índice (em ordem de progressão no *ranking*).

Segundo o relatório da WIPO, no Índice Global de Inovação de 2022, tal qual a inovação, a capacidade da difusão tecnológica de uma nação é vital para que se possa ser observado, em última instância, o crescimento produtivo interno e o bem-estar de sua população. Na figura abaixo é apresentado, de acordo com o WIPO 2022[129], o conjunto das economias mais inovativas de acordo com suas respectivas regiões. O relatório ressalta ainda que a carência de mão de obra capacitada constitui um obstáculo ao estabelecimento concreto das ondas de inovação; tanto em países centrais quanto em periféricos.

Figura 1.1: Maiores Economias Inovativas por Região



Fonte: GII 2023. Elaboração: Autoras

Com relação ao movimento de *catch-up*, um dado importante trazido no GII de 2022[128], foi a

evolução das economias subdesenvolvidas. As que convergiram tecnologicamente, não só usufruem das tecnologias desenvolvidas em países centrais, mas também evoluíram para grandes inovadoras e concorrentes de mercado. Exemplos destes países que ascenderam nas classificações de inovação do GII ao longo do tempo são a China, a Índia, a Turquia, as Filipinas e o Vietnã. Houve diligência por parte dessas nações para que pudessem superar as barreiras de penetração e de desenvolvimento de novas tecnologias internamente, por isso estão rompendo a barreira do subdesenvolvimentismo (CHANG, 2004)[4]. Ainda de acordo com o relatório, algumas ferramentas que traduzem este esforço foram políticas fiscais e industriais, órgãos de fomento e desenvolvimento de capacidades tecnológicas internas, uma vitória refletida na performance alcançada da inovação e da capacidade de participar do comércio global.

Ao tomarmos por foco as economias de países subdesenvolvidos, conforme demonstrado ao longo deste artigo evidencia-se que elas possuem propriedades distintas das economias centrais. Partindo deste princípio, também pudemos ressaltar que ao longo dos anos autores, como Ruy Mauro Marini e Ha-Joo Chang, apontaram a gravidade de se ter em mente que diante do processo evolutivo tais economias necessitam focar na evolução daqueles indicadores que irão conduzi-las a uma inovação endógena e sustentável. Logo, seu processo evolutivo não deve ser encarado como dos países centrais, nem seus esforços devem ser os mesmos.

No primeiro estágio do tratamento da base de dados, a fim de analisarmos somente aqueles indicadores voltados para países periféricos, procedeu-se à distinção entre indicadores qualitativos e quantitativos. No ano de 2013, que marcou o início da disponibilidade dos dados, havia 112 indicadores, enquanto em 2022 esse número diminuiu para 108. Dentre esses 108 indicadores, apenas 58 são quantitativos, sendo fornecidos, em sua maioria pelos Ministérios de Ciência e Tecnologia de cada país. No caso do Brasil, os relatórios foram fornecidos pelo Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação - MCTI.

Classificamos como indicadores qualitativos os que resultam de questionários e pesquisas direcionadas a ONGs, Think Tanks locais e empresas privadas. Dentre os indicadores, considerando principalmente a obra de Ha-Joon Chang e Marini, foram selecionados aqueles que poderiam promover o rompimento da dependência tecnológica de países periféricos e também seu subdesenvolvimentismo. Os indicadores selecionados refletem as dimensões críticas de inovação e capacidade produtiva, fundamentais para economias emergentes.

Estas métricas, que incluem despesas com educação e formação de graduados em ciência e engenharia, ressaltam a importância do investimento em capital humano e desenvolvimento tecnológico. Segundo Ha-Joon Chang em "Chutando a Escada", a proteção das indústrias e o investimento em educação são essenciais para o fortalecimento econômico. Ruy Mauro Marini, em "A Dialética da Dependência", argumenta que a inovação endógena é chave para que países periféricos alcancem autonomia e superem o subdesenvolvimento. Esses indicadores são, portanto, ferramentas vitais para países em desenvolvimento na busca por uma trajetória de crescimento independente e sustentável. São estes:

Tabela 1.1: Seleção e composição de um novo Índice voltado para países subdesenvolvidos

<b>Indicador em Inglês</b>	<b>Indicador em Português</b>
Expenditure on education, % GDP	Despesas com educação, % do PIB
Graduates in science and engineering, %	Graduados em ciências e engenharia, %
Tertiary inbound mobility, %	Mobilidade terciária de entrada, %
Gross expenditure on R&D, % GDP	Despesa bruta em P&D, % do PIB
ICT access %	Acesso à TIC (Tecnologias de Informação e Comunicação) %
ICT use %	Uso de TIC (Tecnologias de Informação e Comunicação) %
Venture capital investors, deals/bn PPP\$ GDP, % GDP & Investidores de capital de risco/bn PPP\$ GDP	
GERD performed by business, % GDP	GERD (Despesa Bruta Interna em P&D) realizada por empresas, % do PIB
Patents by origin/bn PPP\$ GDP	Patentes por origem/bilhão de PPP\$ do PIB
Labor productivity growth, % GDP	Crescimento da produtividade do trabalho, % do PIB
Software spending, % GDP	Gastos com software, % do PIB
ISO 9001 quality certificates/bn PPP\$ GDP	Certificados de qualidade ISO 9001/bilhão de PPP\$ do PIB
High-tech manufacturing, %	Manufatura de alta tecnologia, %
High-tech exports, % total trade	Exportações de alta tecnologia, % do comércio total

Fonte: Elaboração própria

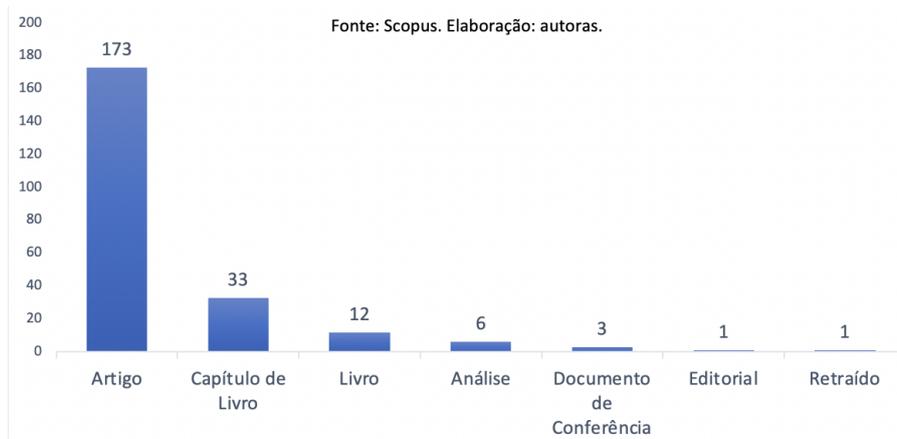
### 1.3 Bibliometria

De acordo com Santos et al. (2021)[110], a bibliometria é uma abordagem quantitativa e estatística empregada para quantificar a produção científica e os indicadores de conhecimento, de forma análoga à demografia em um censo populacional. O propósito primordial dessa técnica reside na análise da evolução de tópicos de interesse. A bibliometria é comumente definida como a aplicação de métodos estatísticos e matemáticos para a avaliação de obras literárias. Sua atividade central envolve a análise de citações, contribuindo de maneira significativa para o desenvolvimento do conhecimento científico, o reconhecimento de autores e a divulgação da literatura relevante relacionada às obras científicas.

A análise bibliométrica é uma ferramenta com muitos usos valiosos. Ela pode ser usada para identificar tópicos de pesquisa potenciais, avaliar instituições acadêmicas, grupos de pesquisa e pesquisadores dedicados a um campo de estudo específico. A análise bibliométrica também é útil para determinar o impacto da pesquisa individual, identificar os pesquisadores e periódicos mais influentes em uma determinada área, facilitar a revisão da literatura, fornecer uma visão abrangente do cenário de um campo de estudo e identificar as áreas de pesquisa mais importantes, fornecendo apoio para a tomada de decisões. Adicionalmente, a análise bibliométrica pode fornecer insights para o desenvolvimento de novas publicações e orientar investigações futuras em áreas nas quais a produção científica atual careça de aprofundamento, (Carvalho et. al, 2022)[80].

Um papel crucial desempenhado pela Bibliometria é o apontamento de tendências, análise de impacto, identificação de falhas no conhecimento, além do apoio à tomada de decisões, estabelecimento de menções acadêmicas e plano estratégico, colaborando com o progresso da pesquisa científica. Por se tratar de uma ferramenta que auxilia na busca da quantificação e análise da produção científica de diversas áreas, através de instrumentos matemáticos e estatísticos para examinar citações em trabalhos acadêmicos, a bibliometria afere um olhar prático ao desenvolvimento da ciência e da pesquisa. Neste artigo, através da utilização de dados presentes na plataforma Scopus, foram analisados os temas "Desenvolvimento Econômico" e "Inovação Tecnológica".

Figura 1.2: Publicação por Tipo



Fonte: Scopus. Elaboração: Autoras

Figura 1.3: Publicação por Ano

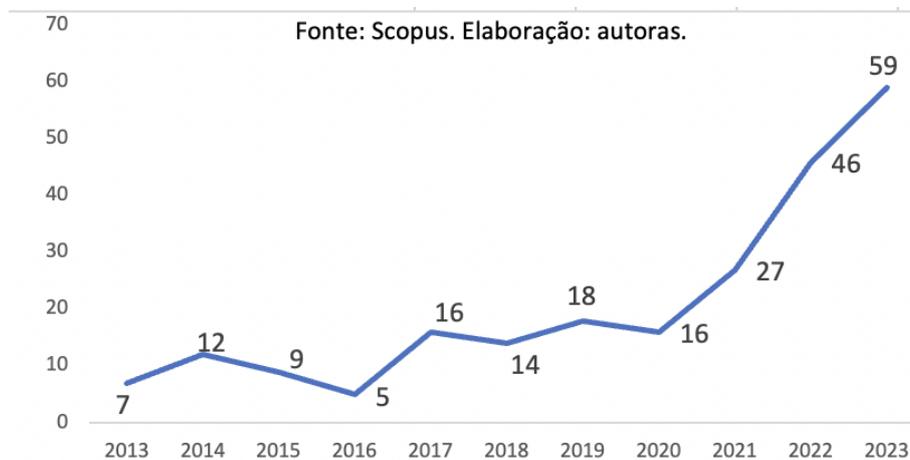
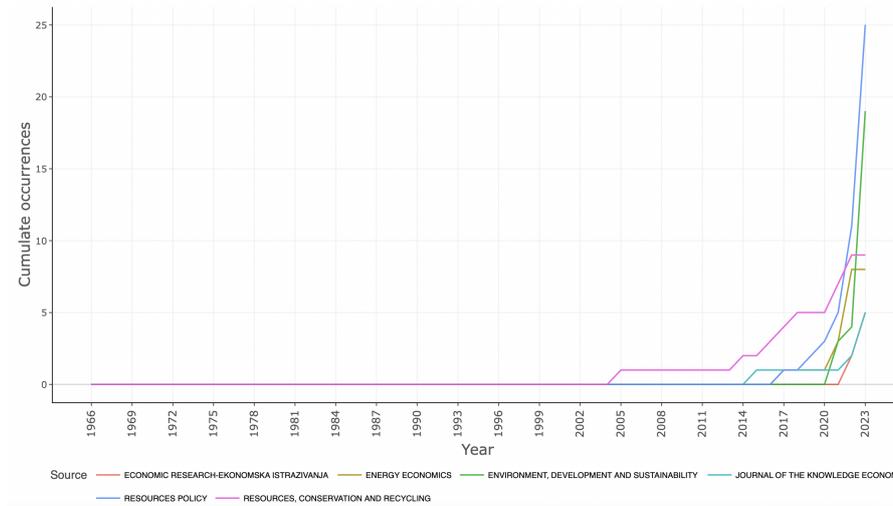


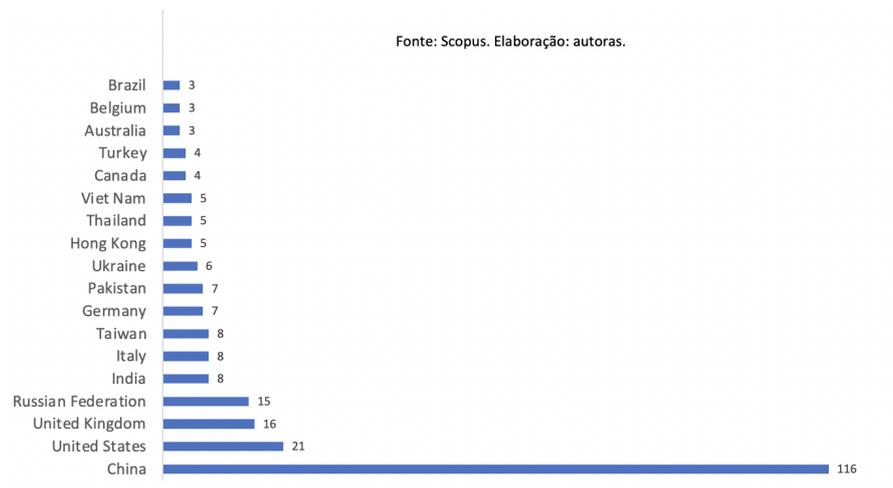
Figura 1.4: Produção das fontes por ano



Fonte: Scopus. Elaboração: Autoras

Como resultado da pesquisa, foi encontrado nos últimos dez anos, um volume de produção global de 229 publicações - até o momento da elaboração deste artigo, em outubro de 2023 -, o que denota certa preocupação dado a relevância do tema para, como observado anteriormente, que seja viabilizado um impulso ao crescimento e desenvolvimento das nações através da inovação tecnológica. Vale ressaltar que a partir de 2017 (Figura 4), houve crescimento na quantidade de publicações por ano, chegando a 59 no ano de 2023.

Figura 1.5: Publicação por País

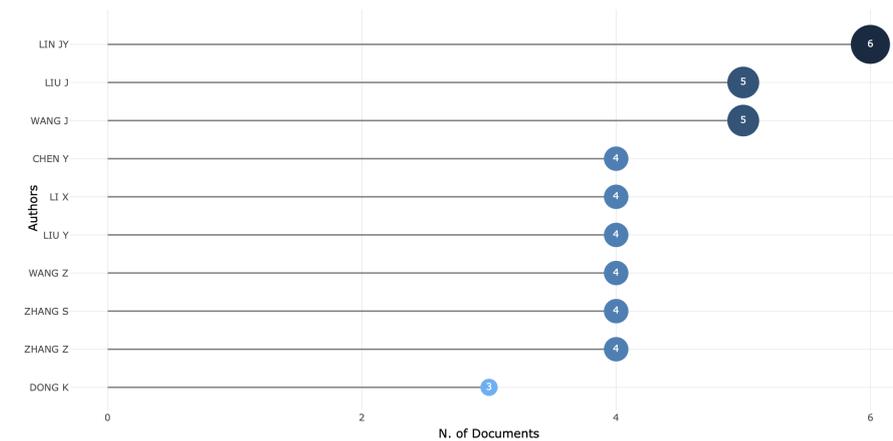


Fonte: Scopus. Elaboração: Autoras

Ademais, conforme demonstrado na Figura acima, há uma concentração de publicação acerca do tema, na China (Figura 5). Seguida por Estados Unidos, com 21 documentos publicados, em face dos 116 chineses, seguidos pelo Reino Unido (16), Rússia (15), Índia (8), Itália (8) e Taiwan (8). O Brasil, pela plataforma do Scopus, possui somente 3 publicações neste mesmo período de tempo. Nas figuras baixo estão relacionados os autores com mais publicações no período, seus

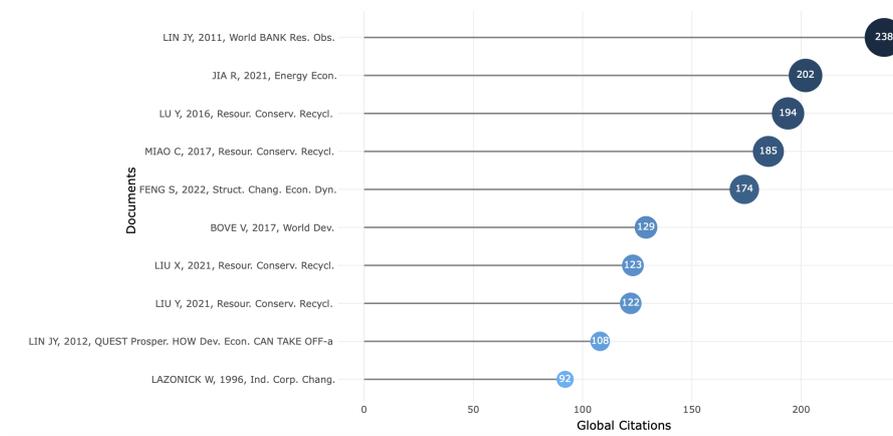
níveis de citação e produção.

Figura 1.6: Autores com maior relevância



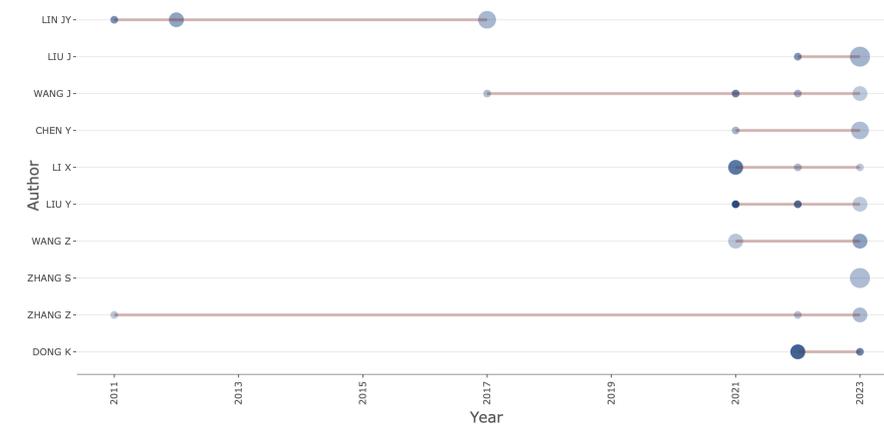
Fonte: Scopus. Elaboração: Autoras

Figura 1.7: Citações por autor relevante



Fonte: Scopus. Elaboração: Autoras

Figura 1.8: Produção por autor relevante



Fonte: Scopus. Elaboração: Autoras

O artigo mais citado do autor Justin Yifu Lin, em sua publicação ao *The World Bank Research Observer*, em julho de 2011, justamente aponta a necessária diferença de abordagem ao tratamos a temática. Segundo o autor conforme se discute estratégias para viabilizar o crescimento sustentável em países em desenvolvimento, é essencial considerar gargalos estruturais e em sua cadeia industrial. Justin destaca ainda um dos cerne do presente trabalho ao afirmar que “A literatura econômica deu grande destaque à análise da inovação tecnológica, mas não deu tanta atenção a essas questões igualmente relevantes.”. Como sua obra foi publicada em 2011 e dentre os dez artigos com maior volume de citação, apenas 5 de fato são voltados para o tema, os demais possuem por foto sustentabilidade de recursos naturais, pode ser afirmado que mesmo sendo crucial, esta ainda é uma temática pouco explorada pela literatura.

## 1.4 Metodologia

Foi utilizada uma abordagem quantitativa e documental a fim de examinar o impacto da inovação tecnológica em países em desenvolvimento, com foco particular na economia brasileira. O estudo conduzido utilizou-se dos indicadores extraídos dos bancos de dados dos relatórios do Global Innovation Index (GII) de 2013 a 2022. A amostra abrange as economias do Brasil, Uruguai, Colômbia, Chile, Peru, Argentina, Paraguai e Equador.

A análise de agrupamento, também conhecida como clusterização, refere-se a técnicas computacionais que viabilizam a categorização de objetos em grupos distintos. Esse método, pertencente à área de Estatística Multivariada, tem como objetivo dividir os elementos em dois ou mais clusters com base na similaridade entre eles, conforme critérios estabelecidos previamente. Esses critérios geralmente fundamentam-se em uma função de dissimilaridade, que avalia a distância entre dois objetos. Após a aplicação de uma métrica de qualidade, espera-se que os grupos exibam alta homogeneidade interna e heterogeneidade externa, ou seja, os elementos dentro de um conjunto devem ser semelhantes entre si, mas diferentes dos elementos de outros conjuntos (LINDEN, 2009, *apud* Dos Santos *et al.* 2020)[112]. A clusterização pode ser interpretada como uma ferramenta auxiliar, utilizando a métrica mencionada como um conjunto de procedimentos para organizar séries temporais com base em dados de similaridade ou dissimilaridade entre elas. Isso implica na projeção de um espaço de alta dimensão em uma estrutura semelhante a uma árvore, visualizada em dendrogramas. A dissimilaridade entre objetos é quantificada por meio de uma matriz de distância, cujos componentes representam a distância entre dois pontos. O processo de clusterização pode ser delineado como uma sequência de duas etapas: (i) a seleção de uma medida de distância e (ii)

a escolha do algoritmo de cluster. A combinação dessas duas etapas define o resultado global do agrupamento (Dos Santos *et al.* 2020)[112].

A análise pode revelar quais países são destaques para cada indicador e estabelecer benchmarks regionais e quais lacunas existentes no desenvolvimento tecnológico que podem ser oportunidades de crescimento. Possibilitando estratégias para diversificar suas economias e reduzir a dependência de commodities ou setores únicos.

Em suma, a técnica de cluster aplicada a esses indicadores viabiliza uma análise de como os oito países latino americanos vêm empregando seus esforços e orientando decisões baseada em dados para impulsionar a inovação e o crescimento sustentável na região. Ao final, espera-se que a técnica de Cluster nos permita propor um modelo de análise simplificado e adaptado para países subdesenvolvidos. Uma vez que este modelo busca identificar relação entre fomento a inovação e crescimento econômico, destacando como a inovação tecnológica disruptiva, endógena e sustentável pode servir como ferramenta para promover o desenvolvimento econômico desses países.

#### 1.4.1 Medidas de Dissimilaridade

De acordo com Dos Santos *et al.* (2020)[112], a similaridade entre elementos é uma medida empírica de correspondência ou semelhança entre os objetos que serão agrupados. Os métodos de agrupamento podem ser representados por uma matriz que contém uma medida de dissimilaridade ou proximidade entre cada par de objetos, onde cada entrada  $p_{ij}$  na matriz é um valor numérico que indica quão próximos os objetos  $i$  e  $j$  estão. Os coeficientes de dissimilaridade apresentados são funções  $d : \Gamma \times X \times \Gamma \rightarrow \mathbb{R}$ , onde  $\Gamma$  representa o conjunto de objetos de interesse. Essas funções possibilitam a transformação da matriz de dados,  $\Gamma$  sendo:

$$\begin{bmatrix} x_{11} & \dots & x_{1f} & \dots & x_{1p} & \dots & \dots & \dots & x_{1l} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{i1} & \dots & x_{if} & \dots & x_{ip} & \dots & \dots & \dots & x_{il} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{n1} & \dots & x_{nf} & \dots & x_{np} & \dots & \dots & \dots & x_{nl} \end{bmatrix}$$

Em uma matriz de distâncias  $d$  igual a,

$$\begin{bmatrix} 0 & d_{2,1} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & d_{3,1} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 0 & d_{n,1} \\ 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Sendo,  $d(i, j)$  a distância calculada entre os elementos  $i$  e  $j$ . As funções de dissimilaridade precisam seguir alguns critérios, sendo estes:

$$d(i, j) \geq 0, \quad \forall i, j \in \Gamma \quad (1.1)$$

$$d(i, j) = d(j, i), \quad \forall i, j \in \Gamma \quad (1.2)$$

$$d(i, j) + d(i, k) \geq d(i, k), \quad \forall i, j, k \in \Gamma \quad (1.3)$$

Após atender as propriedades listadas acima se a métrica também possuir a propriedade  $d(ax, ay) = |a|d(x, y)$ , então ela é denominada norma. Existem muitas métricas de dissimilaridade, neste trabalho a métrica aplicada foi a distância euclidiana, que é dada pela seguinte equação:

$$d(i, j) = \sqrt{(|x_{i1} - x_{j1}|^2 + |x_{i2} - x_{j2}|^2 + \dots + |x_{ip} - x_{jp}|^2)} \quad (1.4)$$

### 1.4.2 Heurísticas de Agrupamento

Para a construção dos clusters existem duas técnicas de agrupamento, conhecidas como método hierárquico que consiste em identificar agrupamentos e o provável número  $g$  de grupos, por uma série de fusões sucessivas, ou uma série de sucessivas divisões, tendo seus resultados observados no dendograma, que ilustra as fusões ou divisões feitas em níveis sucessivos. O outro método é conhecido como não-hierárquico, onde o número  $g$  de grupos é pré-estabelecido, esta técnica consiste em encontrar diretamente uma partição de  $n$  itens em  $k$  clusters, por dois requisitos como, semelhança interna e isolamento dos clusters formados. Neste trabalho utiliza-se a técnica não-hierárquica K-Means.

#### Análise Fatorial (principais componentes)

Para determinar um  $k$  inicial para aplicação da técnica não-hierárquica k-médias, usou-se a análise fatorial e de principais componentes. A análise fatorial proporciona a descrição da variabilidade de variáveis correlacionadas observadas em um menor número de variáveis não observadas, que são linearmente relacionadas com as variáveis originais. Modela-se as variáveis observadas como uma combinação linear dos fatores comuns somado a um erro aleatório,

$$Z_1 = l_{11}F_1 + l_{12}F_2 + \dots + l_{1n}F_n + \varepsilon_1 \quad (1.5)$$

$$Z_2 = l_{21}F_1 + l_{22}F_2 + \dots + l_{2n}F_n + \varepsilon_2 \quad (1.6)$$

$$\vdots \quad (1.7)$$

$$Z_p = l_{p1}F_1 + l_{p2}F_2 + \dots + l_{pn}F_n + \varepsilon_p \quad (1.8)$$

então,

$$Z_i = \frac{X_i - \mu_i}{\sigma_i}, \text{ onde } i = 1, \dots, p,$$

$X_i$  = variável original com média  $\mu_i$  e variância  $\sigma_i^2$ ,

$\varepsilon_i$  =  $i$ -ésimo erro aleatório, sendo  $i = 1, \dots, p$ ,

$F_j$  =  $j$ -ésimo fator comum, sendo  $j = 1, \dots, n$ ,

$l_{ij}$  = coeficiente da  $i$ -ésima variável padronizada  $Z_i$  no  $j$ -ésimo fator  $F_j$ .

A Análise Fatorial assume a existência de um modelo estatístico que utiliza técnicas de regressão para testar hipóteses e está relacionada com a análise de componentes principais. A análise de componentes principais (ACP) é uma técnica multivariada de modelagem da estrutura de covariância, tendo como principal objetivo conseguir explicar a estrutura de covariância e variância de um vetor aleatório, composto por  $n$  variáveis aleatórias, por meio da combinação linear das variáveis originais, chamadas de componentes principais. Como esta análise busca explicar a maior parte da variação total existente nas variáveis, é adequado para extrair a maior proporção da variância com o menor número de fatores, ou seja, através desta análise pode-se definir um valor para  $k$  podendo usá-lo na aplicação do método não-hierárquico K-Means.

### Método K-Means

Na metodologia de um estudo que emprega análise de cluster, é essencial descrever o método como uma estratégia para categorizar objetos em subgrupos, de tal forma que os objetos dentro de cada grupo sejam similares entre si e, simultaneamente, distintos dos objetos em outros grupos. A análise de cluster difere da análise fatorial no sentido de que foca na agrupação de objetos com base na proximidade ou distância entre eles, em vez de agrupar variáveis com base em padrões de correlação (Hair *et al.* 2009).

A distância Euclidiana é frequentemente a métrica de escolha para medir a proximidade, embora outras métricas como as distâncias de Manhattan, de Correlação de Pearson, de Spearman e de Kendall também possam ser aplicadas. Dependendo da natureza dos dados e dos objetivos específicos da pesquisa, pode-se optar por técnicas de clusterização como a Clusterização Particionada, que inclui métodos como K-Means, K-Medoids e CLARA, ou a Clusterização Hierárquica, da qual a Clusterização Aglomerativa é um componente (Kassambara, 2017).

No método K-Means, os objetos são classificados em múltiplos grupos de modo que a soma dos quadrados das distâncias entre os objetos e os centroides de seus respectivos clusters seja minimizada, representando a variação intra-cluster (Kassambara, 2017). O procedimento envolve a determinação do número de clusters, a seleção aleatória de objetos para estabelecer os centroides iniciais, a atribuição dos objetos aos clusters com base na menor distância Euclidiana para seus centroides, e a atualização iterativa dos centroides recalculando a média dos valores dentro de cada cluster para minimizar a variação intra-cluster.

Para aplicarmos k-médio iniciamos com uma notação simples. Sendo os conjuntos  $C_1, \dots, C_K$  os clusters de observações, cada um contendo os índices de suas observações. Eles têm duas características principais: primeiro, cada observação pertence a pelo menos um agrupamento; e segundo, estes agrupamentos não compartilham observações, ou seja, são disjuntos.

$$\text{minimize} \quad \left\{ \sum_{k=1}^K W(C_k) \right\} \quad (1.9)$$

O objetivo do K-médio é organizar as observações em K clusters de modo que as discrepâncias entre as observações dentro de cada agrupamento sejam minimizadas. A variação dentro de um agrupamento é calculada usando a distância euclidiana ao quadrado.

$$W(C_k) = \frac{1}{|C_k|} \sum_{i, i' \in C_k} \sum_{j=1}^p (x_{ij} - x_{i'j})^2 \quad (1.10)$$

Na fórmula acima a variação dentro do agrupamento k representa a soma de todas as distâncias euclidianas ao quadrado entre os pares de observações no k-ésimo agrupamento, dividida pelo número total de observações nesse agrupamento. Combinando as duas fórmulas anteriores, tem-se o problema de otimização que define o agrupamento K-médio. É aplicado então um método que permita a divisão das observações em K em agrupamentos para que o objetivo da fórmula anterior seja minimizado e possa ser fornecido um ótimo local para o problema de otimização de K-médio. Embora encontrar a solução exata seja difícil devido ao grande número de possíveis partições, o K-médio fornece uma solução localmente ótima por meio de um algoritmo simples.

$$\text{minimize} \quad \left\{ \sum_{k=1}^K \frac{1}{|C_k|} \sum_{i, i' \in C_k} \sum_{j=1}^p (x_{ij} - x_{i'j})^2 \right\} \quad (1.11)$$

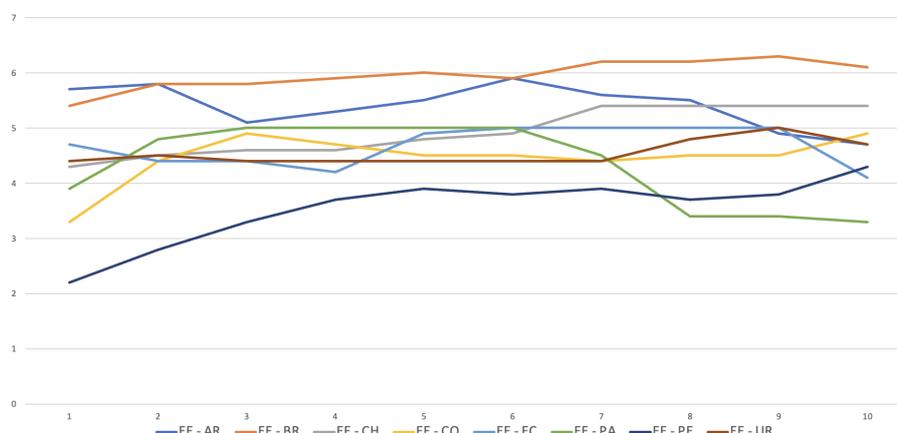
$$\frac{1}{|C_k|} \sum_{i,i' \in C_k} \sum_{j=1}^p (x_{ij} - x_{i'j})^2 = 2 \sum_{i \in C_k} \sum_{j=1}^p (x_{ij} - \bar{x}_{kj})^2 \quad (1.12)$$

$$\binom{n}{2} = \frac{n(n-1)}{2} \quad (1.13)$$

## 1.5 resultados

Ao abordar o indicador de Despesas com Educação, % do PIB, deve ser lembrado que o investimento em educação como uma proporção do Produto Interno Bruto (PIB). Ele é fundamental para avaliar o comprometimento de um país com a educação, que é basal para o desenvolvimento tecnológico e econômico. Nery enfatiza a importância de investir em capital humano, enquanto Nelson destaca a necessidade de investimento em educação para o desenvolvimento tecnológico. Ruy Mauro Marini em "Dialética da Dependência" enfatiza a importância do investimento em educação como base para o desenvolvimento tecnológico. Essas despesas refletem o compromisso com a formação de capital humano. Abaixo se encontra a evolução deste despêndio pelo PIB.

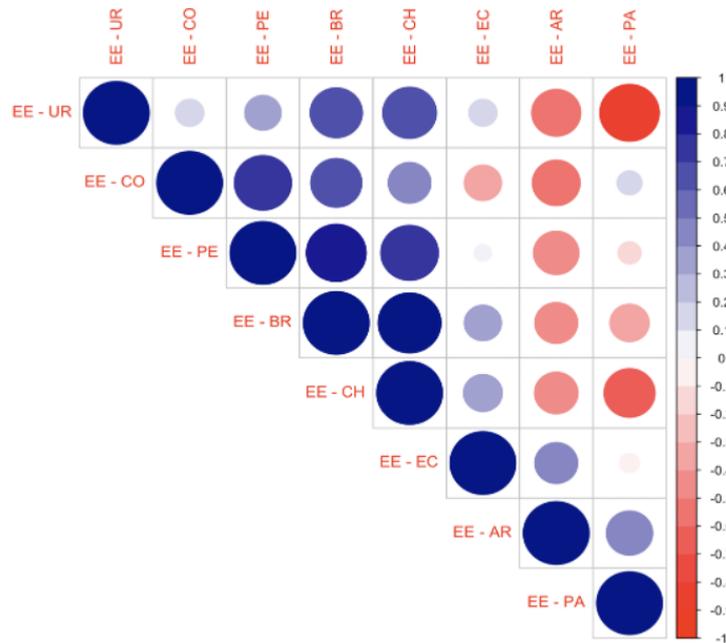
Figura 1.9: Despesas com Educação, % do PIB



Fonte: Base de dados GII. Elaboração: Autoras

No histórico acima, pode ser verificado que dentre os países contemplados pelo relatório do GII (com exceção da Colômbia, pelo excesso de falta de base de dados) o Brasil é o país que possui o maior grau de alocação de investimento em Educação com relação a seu PIB. Seguido pelo Chile e Argentina, que até 2017 era a líder na categoria. Conforme pode ser observado no gráfico abaixo, o Uruguai tem feito investimentos expressivos em educação, com uma elevação de 4,7% do PIB em 2013 para 5,4% em 2022. O Peru ampliou seus investimentos em educação de 4,5% em 2013 para 6,0% em 2022, enquanto o Paraguai passou de 4,2% do PIB em 2013 para 5,1% em 2022 e o Equador escalou de 4,3% em 2013 para 5,5% em 2022. A Colômbia evoluiu seus esforços à educação de 4,7% do PIB em 2013 para 5,8% em 2022, enquanto no Brasil, houve um ligeiro arrefecimento para 6,1% em 2022, que também pode ser observado na Argentina de 5,7% em 2013 para 4,7% em 2022.

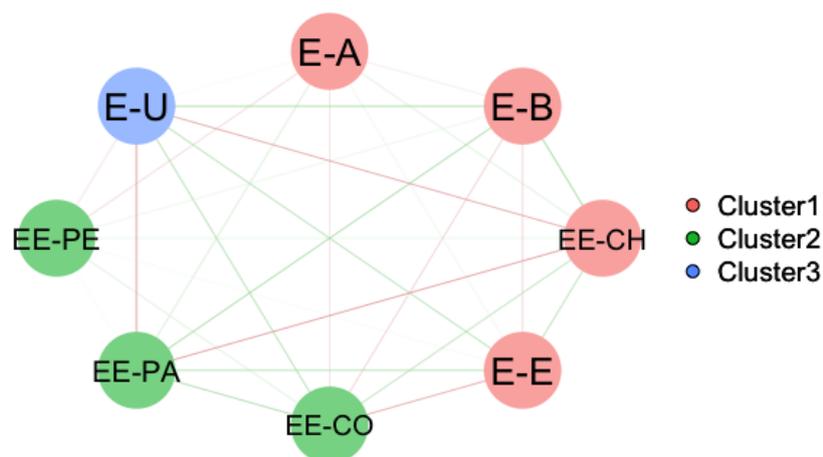
Figura 1.10: Gráfico de Calor - EE



Fonte: GII. Elaboração: Autoras

O gráfico de calor acima nos permite visualizar o nível de correlação entre as economias ao avaliarmos este indicador particular. Abaixo, temos os grupos de clusteres formados entre países, demonstrando aqueles que possuem comportamento similar na conduta de suas políticas de gasto com educação por estudante.

Figura 1.11: Grupos Cluster - EE

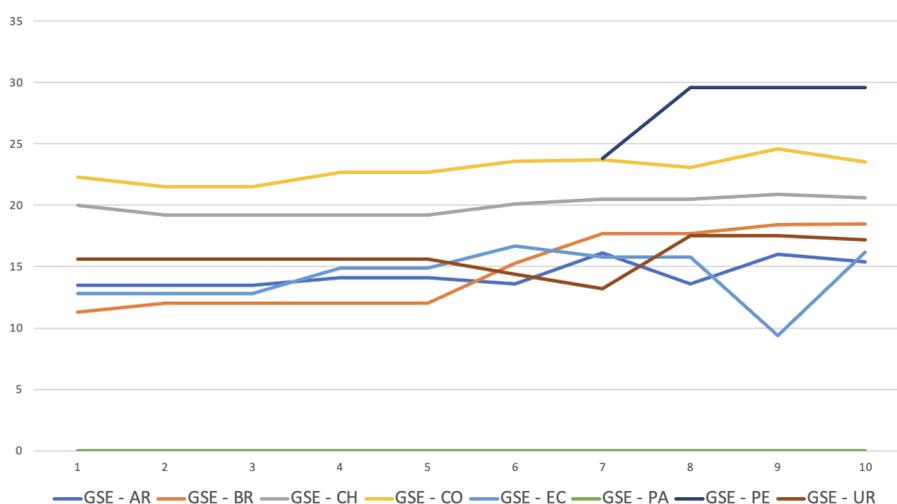


Fonte: GII. Elaboração: Autoras

Já o volume de graduados em ciência e engenharia reflete a aptidão do país de conceber profissionais altamente qualificados em campos relevantes para a inovação e tecnologia. Eric

von Hippel, em suas pesquisas sobre inovação aberta, destaca a relevância de profissionais com formação em ciência e engenharia para impulsionar a inovação tecnológica. Esse indicador também é respaldado por Tiago Nery, que destaca a formação de profissionais altamente qualificados como uma peça crucial do desenvolvimento.

Figura 1.12: Volume de Graduados em Ciência e Engenharia

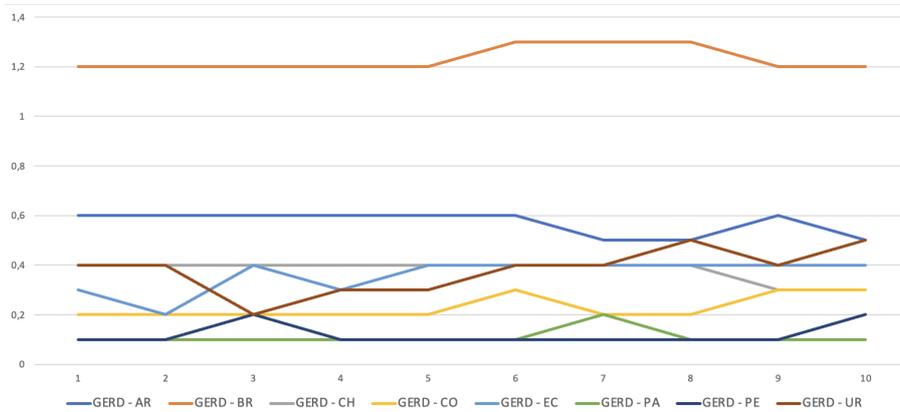


Fonte: Scopus. Elaboração: Autoras

Já o país em que se reúne o maior nível de graduandos em Ciências Exatas, é o Peru, tendo alcançado 29,6% do total computado. Seguido pela Colômbia e Chile, este último teve um crescimento de 10,5% em 2013 para 16,2% em 2022. A Argentina teve aumento global de 13,5% para 15,4%, enquanto a Colômbia passou de 12,3% em 2013 para 19,7% em 2022. No Brasil a concentração de graduados desta área passou de 11,3% em 2013, para 18,5% em 2022, seu patamar máximo até então.

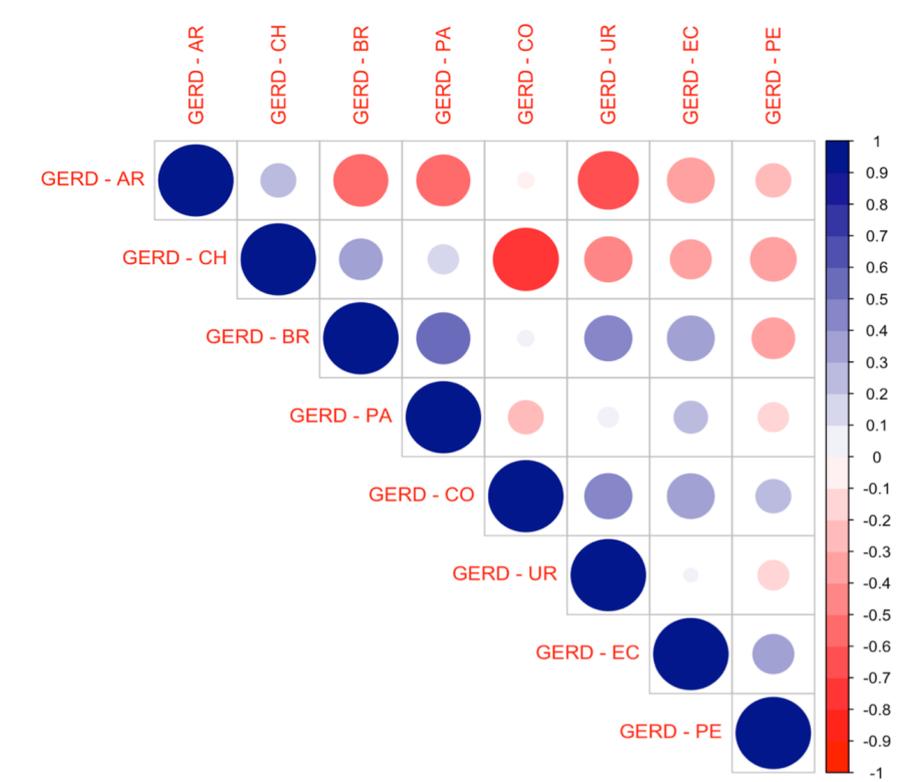
Na Despesa Bruta em P&D (Pesquisa e Desenvolvimento), % do PIB o Brasil se descola por completo de seus pares Sul-Americanos como observado no gráfico a seguir. Tendo tido em média um gasto de 1,23%/PIB anual desde 2013, com o menor grau em 1,20%/PIB e o melhor em 1,30%/PIB. O Chile mantém inalterado o patamar de 0,4%/PIB, Argentina com uma média de 0,65%/PIB, Colômbia observou, um leve aumento de 0,5% em 2013 para 0,7% em 2022, Equador relativamente estável em torno de 0,4% do PIB, Paraguai permaneceu próximo de 0,3% ao longo dos anos, Peru aumentou de 0,4% em 2013 para 0,6% em 2022. Por fim, Uruguai obteve crescimento, indo de 0,5% em 2013 para 0,7

Figura 1.13: Despesa Bruta em P&D



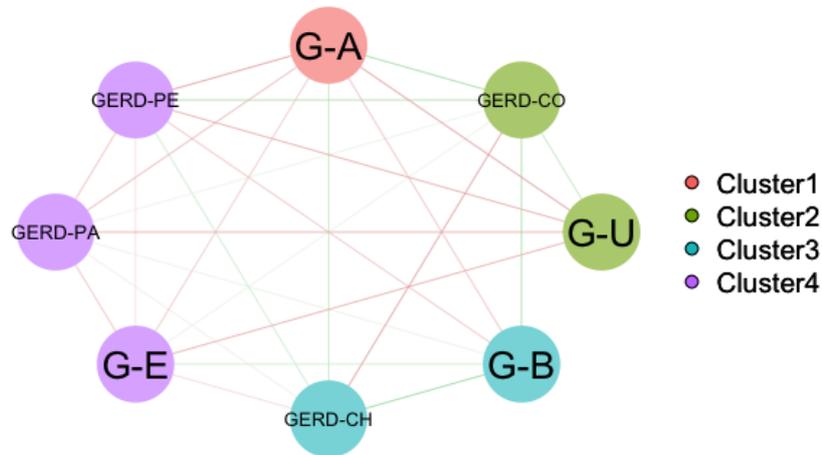
Fonte: Base de dados GII. Elaboração: Autoras

Figura 1.14: Gráfico de Calor - GERD



Fonte: GII. Elaboração: Autoras

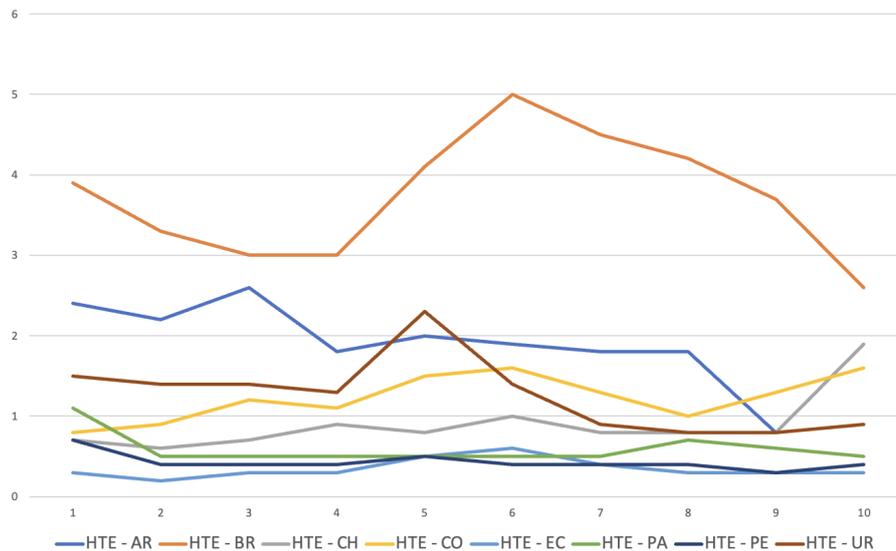
Figura 1.15: Grupos Cluster - GERD



Fonte: GII. Elaboração: Autoras

O grau de Exportações de Alta Tecnologia Indica a capacidade de um país em produzir e exportar bens de alta tecnologia. O que é um sinal de inovação e concorrência global. Pode ser observado no gráfico abaixo que houve uma redução da performance brasileira e as exportações de alta tecnologia apresentaram um arrefecimento geral de 3,9% em 2013 para 3,7% em 2022, tendo sido seu melhor desempenho em 2018 a 5% e 2022 a 2,6% o seu menor. A Argentina obteve seu volume reduzido ao longo dos anos, com exceção de 2019, onde alcança seu patamar máximo de 5%, seguido por um desempenho de 1,8%, 0,8% e 0,9% em 2020, 2021 e 2022 respectivamente.

Figura 1.16: Grau de Exportações de Alta Tecnologia

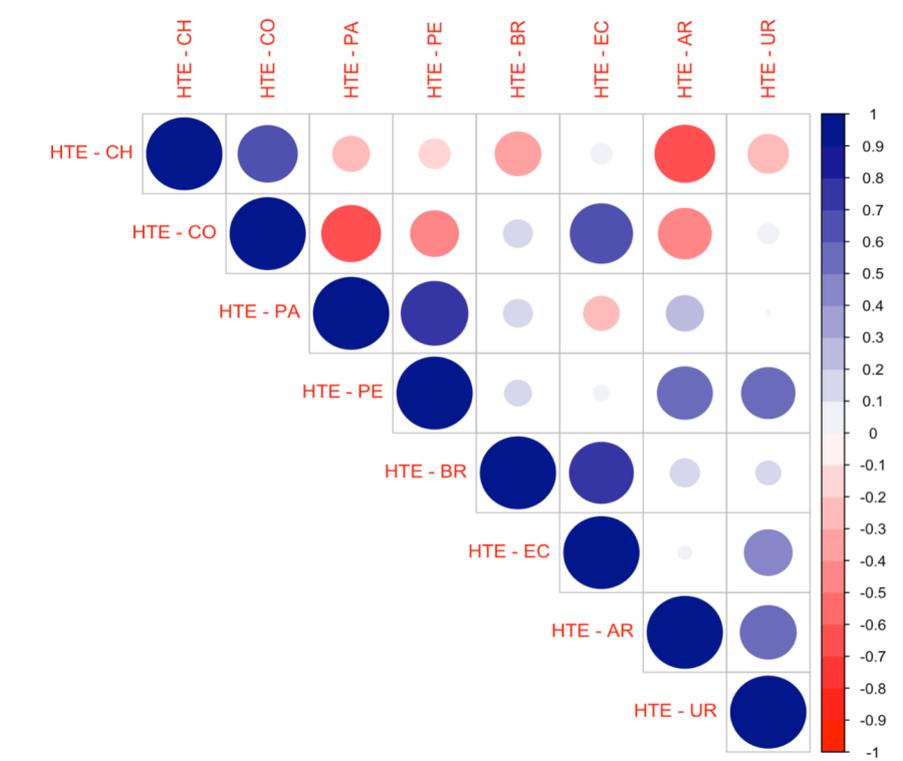


Fonte: Base de dados GII. Elaboração: Autoras

O Uruguai está como o terceiro desempenho dentre os países analisados, neste quesito. Tendo obtido sua melhor atuação em 2017 a 2,30% e sua pior em 2020 e 2021. No Equador pode-se observar uma queda de 3,1% em 2013 para 2,5% em 2022, tal qual a Colômbia que reduziu de

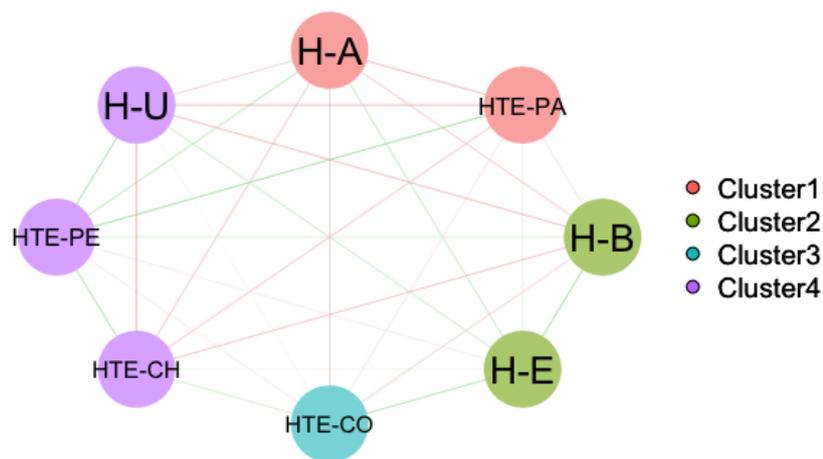
4,5% em 2013 para 3,8% em 2022 e o Paraguai que teve uma queda de 2,9% em 2013 para 2,6% em 2022. Também observamos uma contração na exportação da economia Peruana de 4,3% em 2013 para 3,9% em 2022.

Figura 1.17: Gráfico de Calor - HTE



Fonte: GII. Elaboração: Autoras

Figura 1.18: Grupos Cluster - HTE



Fonte: GII. Elaboração: Autoras

Um aspecto crucial a ser considerado na avaliação do desempenho de nações em desenvolvi-

mento reside na análise comparativa das transações envolvendo tecnologia de ponta, para aferir com maior precisão sua interdependência com outras economias. No caso do Brasil, o país é a economia com maior nível de exportação de alta tecnologia dentre as nações abordadas por este artigo. Porém, as importações de produtos de alta tecnologia registram uma redução ao longo dos anos, passando de 14,8% em 2013 para 7,2% em 2022. Como evidenciado na Figura 1.19, pode se observar que a diferença entre nível de importação e exportação se mantém relevante.

Figura 1.19: Importações x Exportações - Brasil

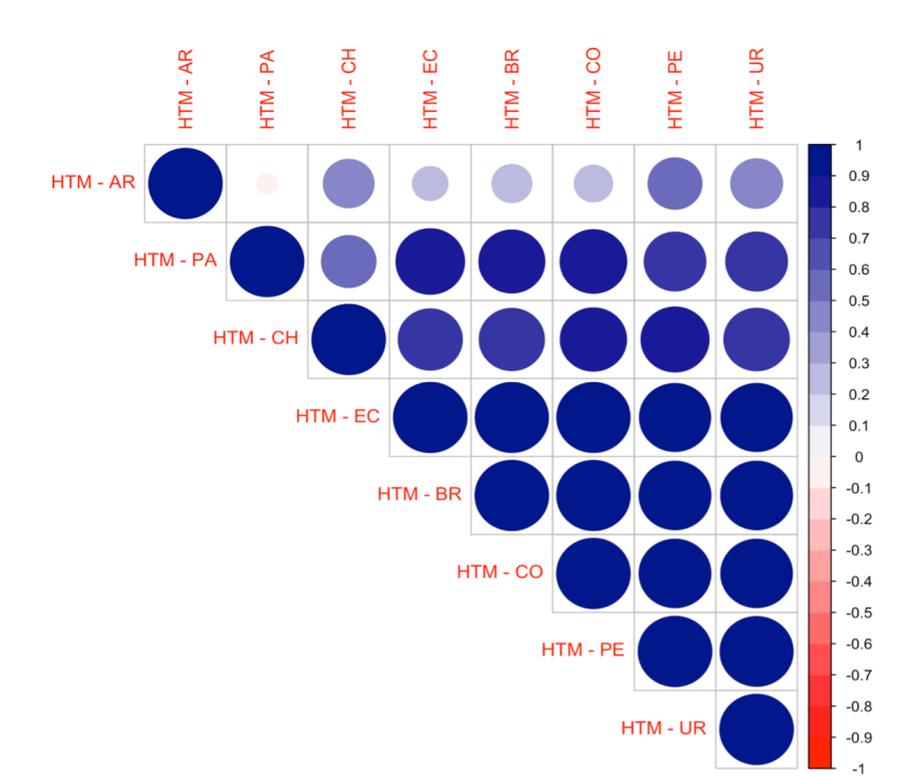


Fonte: Base de dados GII. Elaboração: Autoras

O Brasil demonstrou uma participação inicialmente estável na manufatura de alta tecnologia entre 2013 e 2015, variando sutilmente de 39% a 39,8%. Já em 2016, pode ser observado na figura abaixo uma queda para 38,7%, seguido por uma queda drástica para 0,4% em 2017, mantendo-se próximo a esse patamar até 2019. A partir de 2020, sucede uma recuperação expressiva, alcançando 37,5% em 2022. A brusca queda citada anteriormente se justifica ao analisarmos os choques de oferta e demanda encarados pelo país no período entre 2014 e 2017 como consequência de faltas cometidas pela política econômica então implementada. Tais choques ocasionaram uma redução da capacidade produtiva e de crescimento da economia, gerando risco de insolvência das finanças públicas.

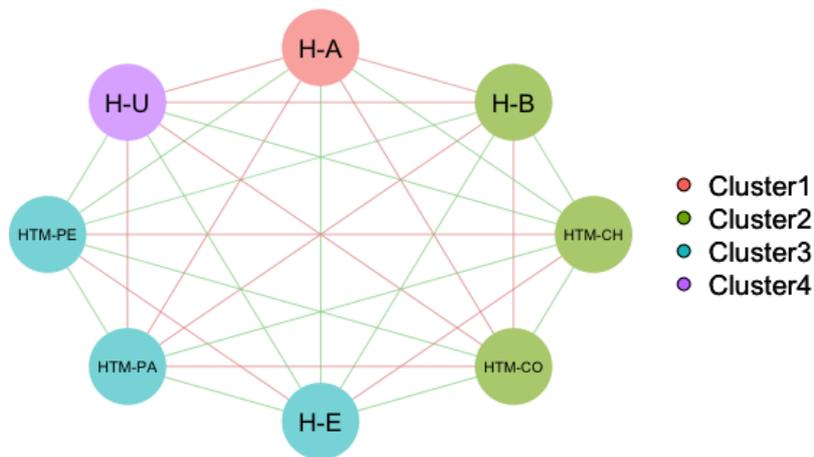
Conforme afirma Barbosa Filho, F. de H. (2017)[83] em “A crise econômica de 2014/2017, apesar da expectativa da retomada do crescimento em 2017, após a crise fiscal brasileira da PEC do teto dos gastos, a taxa de crescimento não retomou o ritmo anterior devido aos efeitos das políticas anteriores que contiveram o produto nacional. No relatório do GII do período de 2017 a 2019 pode ser observado um GAP, não só para o Brasil, mas também para os demais países. Neste mesmo período a Venezuela entra em uma grave crise econômica marcada por hiperinflação e contração econômica. Impactando parceiros comerciais, incluindo Colômbia e Panamá. E a Argentina teve uma das piores secas em 50 anos, a qual lesou fortemente seu comércio agrícola, fora medidas de austeridade falhas e instabilidade política, arrebatando o valor do peso argentino e danando a confiança dos investidores internacionais.

Figura 1.20: Gráfico de Calor - HTM



Fonte: GII. Elaboração: Autoras

Figura 1.21: Grupos Cluster - HTM

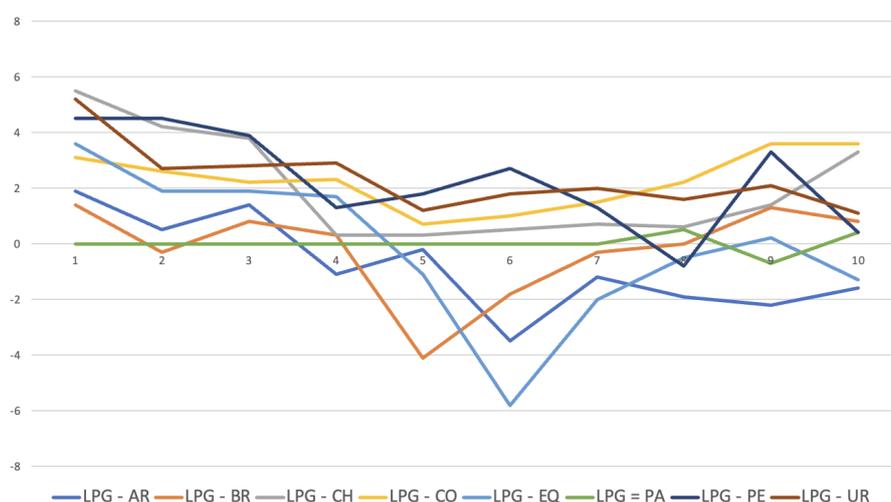


Fonte: GII. Elaboração: Autoras

De acordo com a base de dados do GII A Argentina não apresenta dados até 2016. Sendo assim, foram desconsiderados seus dados por não haver registros que incorporem todo período avaliado. A partir de 2017, a participação da manufatura de alta tecnologia é de 0,3%, caindo para zero em 2018. No entanto, há um aumento significativo alcançando 25,9% em 2022. A economia

chilena exibe estabilidade em 21,7% de 2013 a 2015, saltando ao patamar de 23,9% em 2021, sustentando este valor em 2022. Pode ser observada pouca flutuação referente ao indicador para a Colômbia, iniciando com 22,4% em 2013, e 22,1% em 2014 e 2015. Em 2016, houve uma queda mais significativa para 20%, chegando a 19,9% em 2022. Também não há dados disponíveis para o Paraguai antes de 2015, quando o país registra o patamar de 15,1%, que se sustenta em 2016. A partir de 2017 até 2019 cai para 0,1%, seguido por um aumento para 14,1% em 2020, e 15% em 2021. Em 2022 o valor cai para zero, o que é surpreendente.

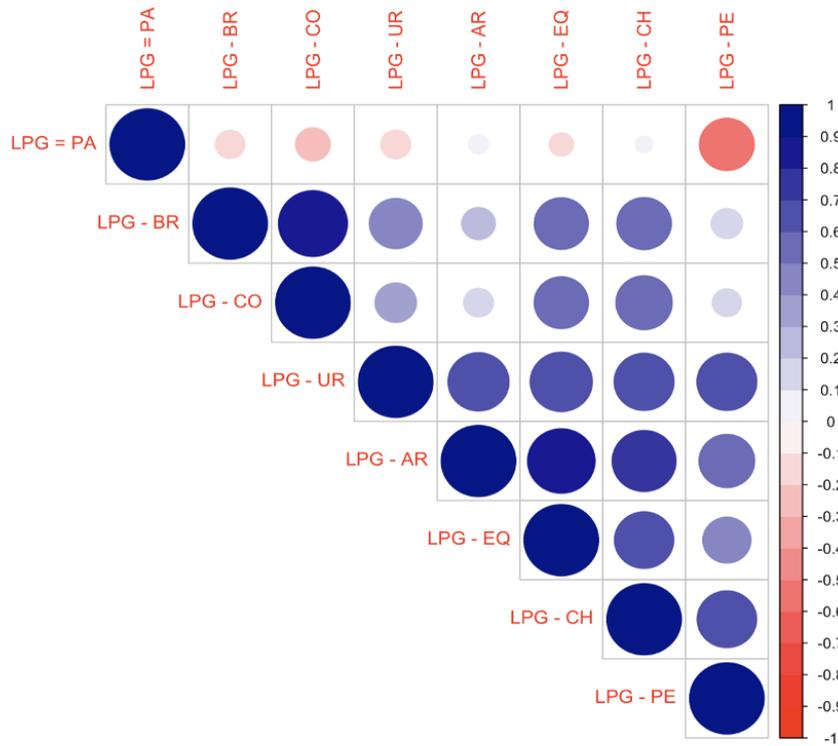
Figura 1.22: Crescimento da Produtividade do Trabalho, %



Fonte: Base de dados GII. Elaboração: Autoras

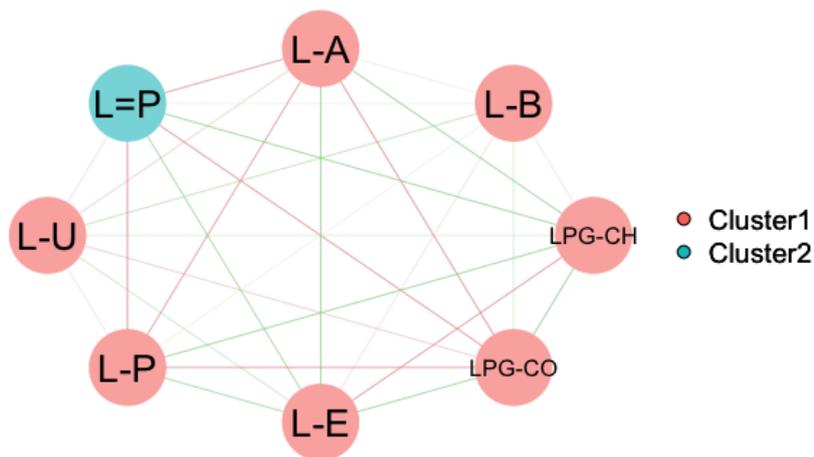
Argentina e Brasil apresentam desafios significativos, com períodos de crescimento negativo da produtividade, em que para o Brasil o pior desempenho foi de -4,1 em 2017 refletindo dificuldades conjunturais originárias da crise fiscal instalada no país à época, e o mais proeminente em 2013 e 2021, a 1,4 e 1,3 respectivamente. O Peru teve forte início, mas enfrentou volatilidade no crescimento da produtividade, com uma recuperação em 2021 a 0,4. O Uruguai e a Colômbia exibiram uma tendência mais estável e positiva, com o último mostrando um crescimento consistente da produtividade ao longo dos anos, tendo finalizado 2022 a 1,1 e 3,6.

Figura 1.23: Gráfico de Calor - LPG



Fonte: GII. Elaboração: Autoras

Figura 1.24: Grupos Cluster - LPG



Fonte: GII. Elaboração: Autoras

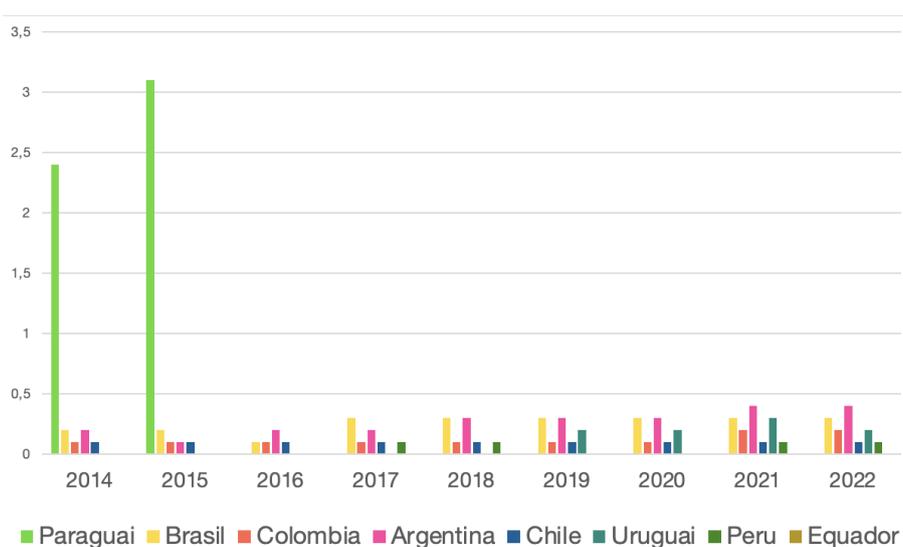
Segundo o Manual de Oslo a pesquisa e desenvolvimento experimental (P&D) destaca-se como uma componente chave no contexto mais amplo de atividades que promovem a inovação ou a aquisição de conhecimentos essenciais para processos inovadores. No entanto, a assimilação e aplicação do conhecimento podem ser competitivas, dependendo de recursos limitados, como

profissionais qualificados. A exclusividade do conhecimento e, portanto, o seu valor, pode ser influenciada por diversas práticas sustentadas por instituições económicas e sociais, tais como o sigilo ou a proteção da propriedade intelectual, conforme demonstrado abaixo. O Manual de Oslo destaca ainda que estes mecanismos podem alterar os incentivos para obter e transformar conhecimento em inovações tangíveis, uma dinâmica desenvolvida principalmente pelos avanços tecnológicos que otimizam a capacidade de difundir informação extensivamente a custos mínimos.

Nesta lógica, tem-se que uma das frentes estratégicas de alta prioridade para a evolução à país de elevado teor intelectual, interagindo com inovação tecnológica, passa pela revisão das políticas, leis e da regulamentação normativa em torno da propriedade intelectual. Segundo Delfin Neto e Akihiro Ikeda[19], em seu artigo "Estratégias de Desenvolvimento", a proteção à propriedade intelectual compõe um dos fatores-chaves para a Produtividade Total dos Fatores. No caso a evolução das receitas advindas de propriedades intelectuais como parte do comércio total para o período observado, demonstra dinâmicas distintas entre as nações observadas, refletindo suas respectivas políticas e foco em inovação e desenvolvimento tecnológico.

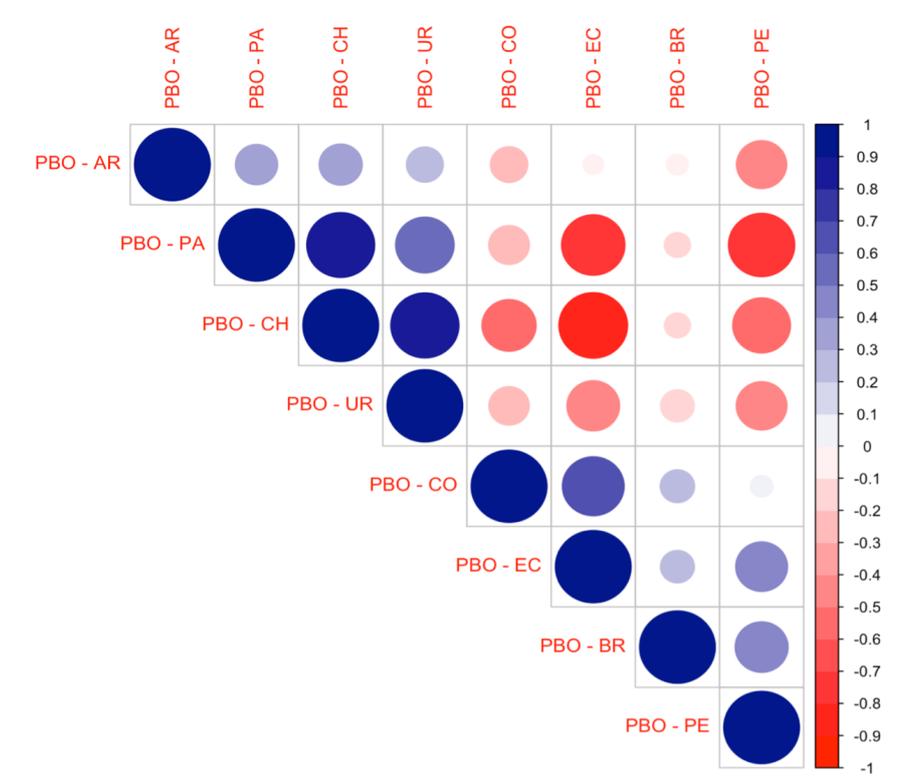
O Paraguai apresenta um declínio, partindo de uma taxa de 15,5% em 2013 para zero a partir de 2020. Por outro lado, o Brasil mostrou uma estabilidade após um declínio inicial, mantendo uma taxa de 0,3% de 2017 a 2022. Indicando possível amadurecimento em setores que estimulam receitas de propriedade intelectual no país. A Colômbia e a Argentina também exibem uma tendência de estabilização após quedas iniciais, enquanto o Chile se destacou por sua constância, a estáveis 0,1% para todo o período.

Figura 1.25: Intellectual property receipts, % total trade



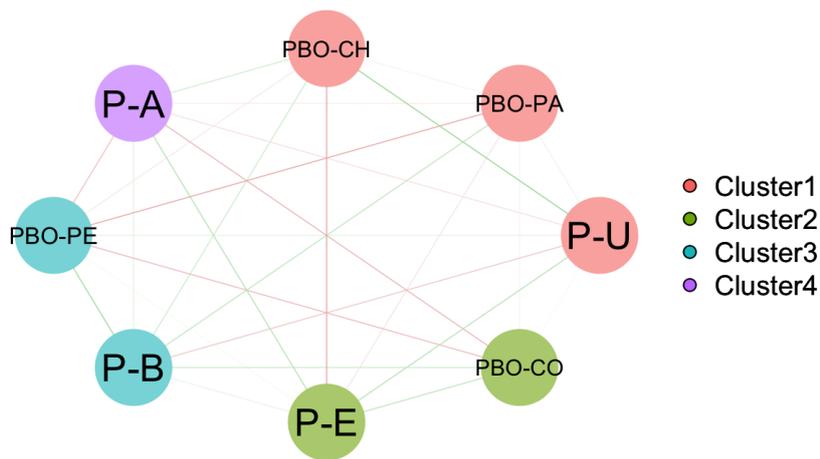
Fonte: Base de dados GII. Elaboração: Autoras

Figura 1.26: Gráfico de Calor - PBO



Fonte: GII. Elaboração: Autoras

Figura 1.27: Grupos Cluster - PBO



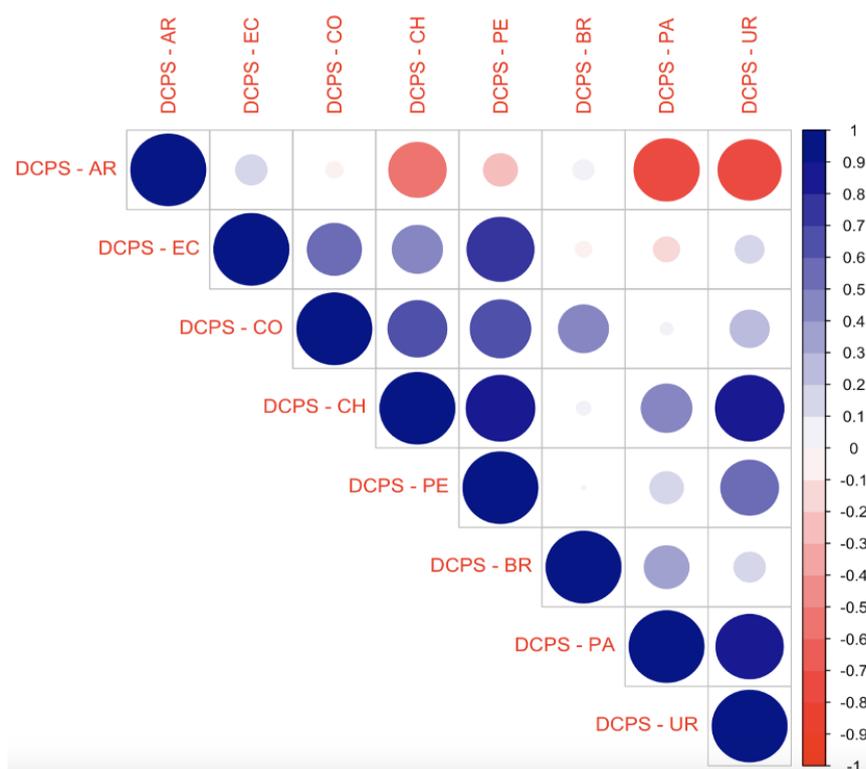
Fonte: GII. Elaboração: Autoras

O Uruguai não registrou receitas até 2019, tendo alcançado 0,3% em 2021, antes de uma ligeira queda em 2022. O Peru mostrou volatilidade, com períodos sem registro e outros com taxas mínimas. O Equador, por sua vez, não forneceu dados até 2019 e registrou 0% nos anos subsequentes. Os dados apresentados sugerem que as economias aferidas possuem trajetórias

variadas dessas receitas nos países em análise indicam, por si, os diferentes estágios de evolução na criação de ativos intelectuais e na capacidade de capitalizar esses ativos perante o comércio internacional.

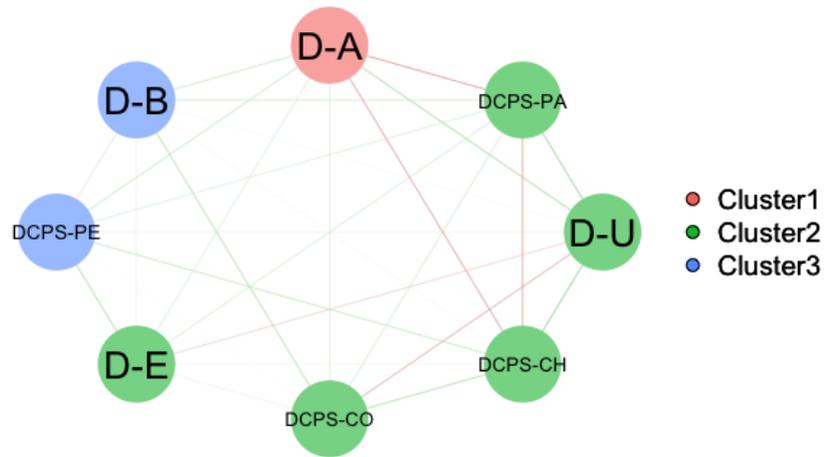
A evolução demonstrada acima está ligada com a capacidade de adaptar-se a novas tecnologias e a criação de um ambiente propício ao estabelecimento de novas empresas. Aspectos que são cruciais para a evolução econômica e competitividade global dos países da América Latina. Estes indicadores, contudo, são diretamente afetados pelo nível de conhecimento técnico, que pode tornar-se, segundo Solimossy (1998)[116], um fator limitante à atuação empreendedora. Segundo o autor uma bagagem de conhecimentos gerenciais e técnicos permite a conservação da competência imprescindível ao empreendedor perante os olhos da sociedade, uma vez que esta julgará sua competência, o que por consequência lhe afere poder de relações de negócios favoráveis.

Figura 1.28: Gráfico de Calor - DCPS



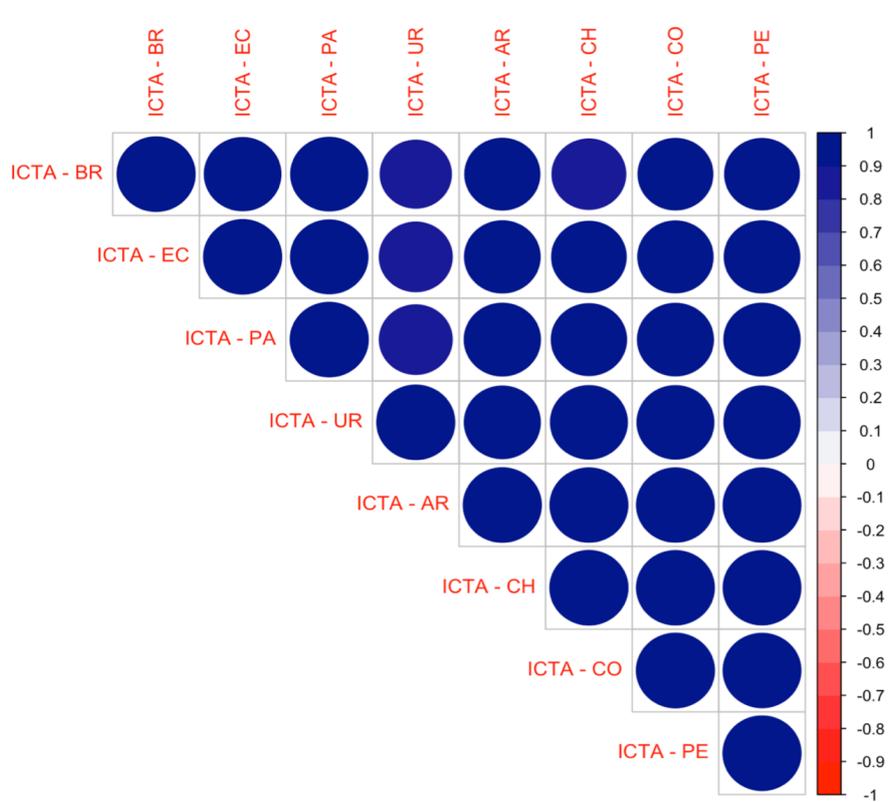
Fonte: GII. Elaboração: Autoras

Figura 1.29: Grupos Cluster - DCPS



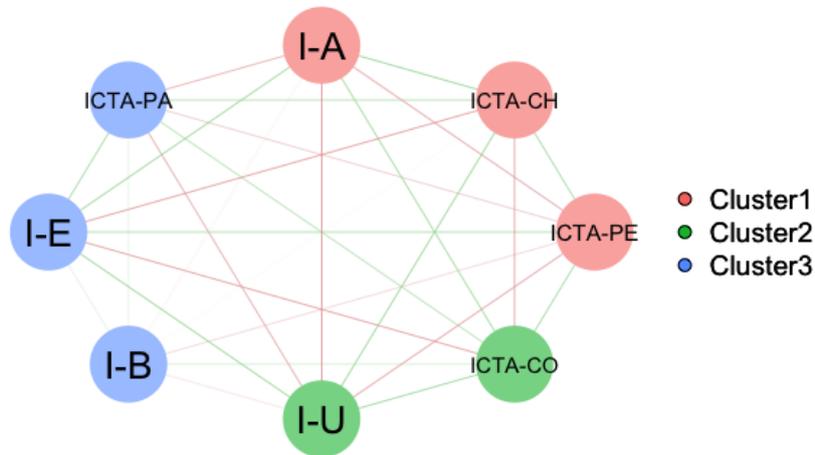
Fonte: GII. Elaboração: Autoras

Figura 1.30: Gráfico de Calor - ICTA



Fonte: GII. Elaboração: Autoras

Figura 1.31: Grupos Cluster - ICTA

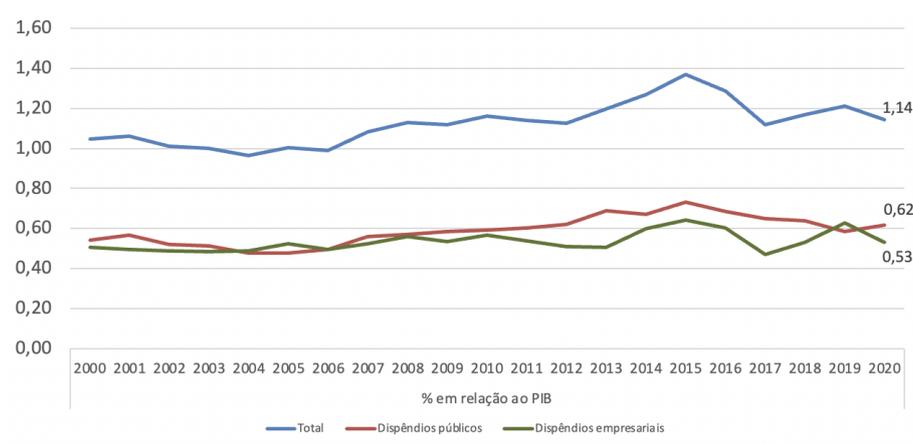


Fonte: GII. Elaboração: Autoras

Acompanhando o histórico contemplado pelos GII's, pode ser observado uma evolução do Brasil do 62º em 2020 para o 54º lugar em 2022. No relatório publicado em outubro de 2023, o Brasil está colocado na 49ª posição dentre as 132 economias contempladas pelo GII 2023.

Contudo, o Brasil ainda possui um considerável potencial inexplorado para aprimorar seu ecossistema de inovação. Embora tenha conquistado a 14ª posição em produção científica em 2021, o país enfrenta desafios significativos. O investimento em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) representou apenas 1,14% do Produto Interno Bruto (PIB) em 2020, conforme demonstrado na Figura abaixo, enquanto economias líderes geralmente investem mais de 3% do PIB em P&D. Para promover uma integração mais eficaz entre os setores científico e empresarial e impulsionar a inovação, torna-se essencial a implementação de políticas públicas modernas.

Figura 1.32: Brasil: % PIB do Dispendio nacional em P&amp;D



## 1.6 Conclusão

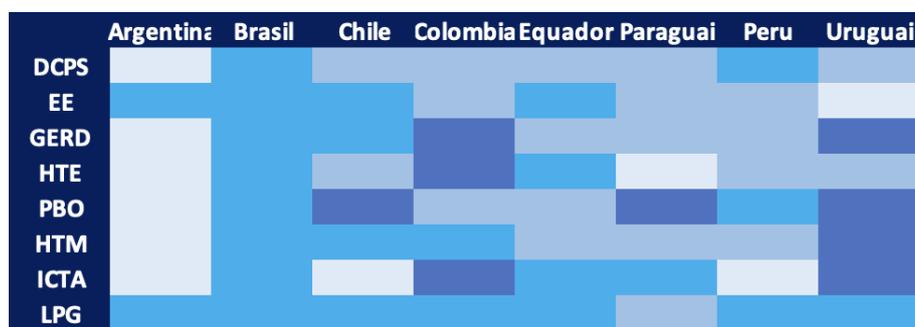
A diferença acentuada entre nações desenvolvidas e subdesenvolvidas é o centro de discussões internacionais sobre o redirecionamento de iniciativas para permitir que esses estados marginais possam progredir a partir de suas realidades. Entretanto, ao construir diretrizes harmonizadas, elas

costumam indicar um mesmo vetor, ou ainda, uma "receita" para tal avanço. Organismos e métricas mundiais, ao atuarem como bússolas neste trajeto, utilizam como referência as trajetórias seguidas pelos países avançados. Todavia, não apenas estes romperam com a classificação de marginais em épocas variadas do passado, mas igualmente têm um legado histórico-cultural, restrições estruturais, geográficas e financeiras que necessitam de atenção adequada.

A inovação tecnológica endógena é um elemento crucial para romper com a sequência prejudicial de dependência e atingir a estabilidade socioeconômica. No contexto dos parâmetros avaliados, considerou-se a visão de dois destacados críticos do incentivo à assimilação de tecnologia ou práticas dos países centrais pelos marginais, Ruy Mauro Marini e Ha-Joon Chang. Analisando os parâmetros que impulsionam o Índice Global de Inovação, inicialmente os separamos em qualitativos e quantitativos, com ênfase neste último grupo. Dentre estes, os que não estiveram presentes em todas as medições, ou que careciam de dados, também foram excluídos. Dos restantes, foram eleitos os que estavam em consonância com as ideias dos intelectuais mencionados.

Com base nos indicadores remanescentes, executaram-se análises de cluster de forma isolada, por categoria de parâmetro, para inspecionarmos quais nações da América do Sul, incluídas no informe do GII, apresentam comportamentos análogos. Dado que o Brasil é uma figura proeminente na área, priorizou-se este e seus mecanismos de incentivo. Em sequência, sintetizam-se as descobertas dos agrupamentos originados por cada parâmetro. A coluna exibe as siglas dos parâmetros examinados, enquanto as fileiras nomeiam as nações. O quadro é segmentado por tonalidades distintas, por parâmetro, de acordo com o agrupamento de nações estabelecido pela avaliação realizada.

Figura 1.33: Indicadores x Cluster Países



Elaboração: Autoras

Neste caso pôde ser observado que dentre os países analisados, os que possuem maior congruência com relação à performance de indicadores são Brasil e Chile, Brasil e Equador, Chile e Uruguai, Colômbia e Uruguai e Equador e Paraguai, conforme destacado na tabela abaixo:

Figura 1.34: Cluster por país - Recorrência

	BR	AR	CH	CO	EC	PA	PE
AR	BR - AR 2						
CH	BR - CH 4	AR - CH 2					
CO	BR - CO 2	AR - CO 1	CH - CO 3				
EC	BR - EC 4	AR - EC 1	CH - EC 3	CO - EC 3			
PA	BR - PA 1	AR - PA 1	CH - PA 2	CO - PA 2	EC - PA 4		
PE	BR - PE 3	AR - PE 2	CH - PE 3	CO - PE 2	EC - PE 3	PA - PE 3	
UR	BR - UR 1	AR - UR 1	CH - UR 4	CO - UR 4	EC - UR 2	PA - UR 2	PE - UR 2

Elaboração: Autoras

A formação de Clusters na identificação de tendências regionais e como os países da América do

Sul estão se posicionando em relação à inovação tecnológica, além de ajudar a identificar grupos de países com estratégias de desenvolvimento análogos, possibilita comparações mais expressivas e a identificação de práticas eficazes ou ineficazes. No caso dos países com desempenhos semelhantes em indicadores específicos, pode sugerir uma aproximação nas políticas de desenvolvimento tecnológico, capacidade de inovação ou até mesmo cooperação e acordos bilaterais ou regionais.

Além disto, os clusters formados indicam oportunidades para cooperação entre países com desempenhos semelhantes. Como exemplo pode ser observado o caso da relação entre Brasil e Chile, que ao compartilharem congruência em vários indicadores, poderiam aprofundar a colaboração em pesquisa e desenvolvimento, compartilhamento de boas práticas, ou até estabelecer programas conjuntos de inovação. Finalmente, os clusters oferecem uma base para reflexão estratégica sobre políticas futuras. Eles fornecem um quadro para considerar como as políticas atuais podem ser adaptadas ou novas políticas podem ser formuladas para promover a inovação tecnológica de uma maneira que seja alinhada com as condições e aspirações de cada país.

