



Classificação e determinantes do desenvolvimento dos Sistemas Nacionais de Inovação (SNI)

Carlos Eduardo Rodrigues Martins

Professor da Faculdade de Ciência Econômicas da Universidade Federal do Pará.

E-mail: kadumartins91@gmail.com

Márcia Jucá Teixeira Diniz

Professora Associada da Faculdade de Ciência Econômicas e do Programa de Pós-Graduação de Economia (PPGE) da Universidade Federal do Pará.

E-mail: mjucadiniz@ufpa.br

Leandro Moraes de Almeida

Professor da Faculdade de Ciência Econômicas da Universidade Federal do Pará.

E-mail: lmoraes@ufpa.br

Resumo: O objetivo principal desse trabalho será a análise dos SNI das 50 maiores economias com o intuito de gerar tipologias para os sistemas analisados. Procura-se através da utilização de um modelo de análise de componentes principais um conjunto de variáveis amplamente estudadas na literatura, uma metodologia capaz de classificar os SNI estudados e gerar um procedimento metodológico que possibilite acompanhar a evolução dos sistemas de inovação. O trabalho também analisará após a análise das tipologias dos SNI, modelos econometríticos com dados em painel para os tipos de SNI gerados, com o objetivo de encontrar quais as principais variáveis para cada tipologia. Como principais resultados, os SNI foram divididos em três classes distintas. As variáveis determinantes para explicar o desempenho dos sistemas analisados foram: a capacidade e o ambiente inovativos, o capital humano e o investimento direto líquido. Cada uma dessas variáveis apresentou importância maior ou menor de acordo com cada classe analisada.

Palavras-chaves: Inovação, tecnologia, tipologia.

Abstract: The main objective of this work will be the analysis of the SNI of the 50 largest economies with the intention of generating typology for the analyzed systems. Through the use of a main component analysis model, a set of variations widely studied in the literature is sought, a methodology capable of evaluating the trained NIS and generating a methodological procedure that makes it possible to monitor the evolution of innovation systems. The work will also analyze, after analyzing the SNI typologies, econometric models with panel data for the types of SNI generated, with the aim of finding which variable principles are most important for the house typology. As main results, the SNI were divided into three distinct classes. The determining variables to explain the performance of the

developed systems were: innovative capacity and environment, human capital and net direct investment. Each of these temperatures had greater or lesser importance according to each proven class.

Keywords: Innovation, technology, tipology

Classificação JEL: O31; O34

1. INTRODUÇÃO

O desempenho inovador de um país é fator crucial para determinação e desaceleração do fluxo competitivo entre empresas e, também, é fator chave para a geração do progresso e desenvolvimento econômico (OECD, 2017). Além disso, este desempenho inovador é importante para o enfrentamento de diversos desafios globais, como as mudanças climáticas e o desenvolvimento sustentável das nações. Segundo o mesmo estudo, alguns fatores são essenciais para o aumento do desempenho inovador, dentre eles podemos destacar: 1) Redução das regulamentações anti competitivas do mercado de produtos que estimulam P&D dos negócios; 2) Condições macroeconômicas estáveis e baixa taxa de juros reais que incentivem o crescimento de atividades inovativas; 3) Disponibilidade de finança interna e externa; 4) Expansão da pesquisa pública, que pode apoiar a pesquisa no setor empresarial.

É indiscutível, neste sentido, a importância do conhecimento e da inovação para o crescimento, bem como para o desenvolvimento socioeconômico de um país (TIGRE, 2006). Assim, considera-se que, os investimentos na produção e disseminação de conhecimentos e inovações, considerados “intangíveis”, são fundamentais e mostram-se capazes de explicar as grandes disparidades no desenvolvimento de diversas nações. Essas atividades direcionadas à produção e à distribuição desses conhecimentos respondem especialmente nas economias avançadas, por parcelas crescentes do emprego e da renda, enquanto os investimentos em máquinas, prédios e outros bens materiais vêm perdendo progressivamente sua importância relativa (BARROS *et al.*, 2018).

A capacidade na geração e na difusão inovativa é, então, o elemento mais estratégico na nova ordem mundial imposta aos países, principalmente aos em desenvolvimento. Os elementos centrais de tal importância sobre a inovação estão ligados

a: a) Capacidade que ela possui de agregar valor, qualidade e funcionalidade a bens e serviços produzidos, além de ampliar a competitividade das organizações, localidades e países; b) O reconhecimento de que o dinamismo da produtividade não se restringe a uma única organização ou um único setor, estando mais fortemente ligada a diferentes atividades e capacidades; c) As atividades inovativas diferem temporal e espacialmente, apresentando, com isso, diferentes aspectos na aplicação de políticas públicas. Esse processo de geração e de difusão inovativa e de transformação tecnológica depende essencialmente de organizações e instituições, suas cadeias e complexos produtivos, e também, dos demais atores não econômicos que são responsáveis pelo uso e disseminação de conhecimento e das capacitações que compõem os diferentes sistemas produtivos e os ambientes onde estão inseridos (CASSIOLATO e LASTRES, 2000).

Por conseguinte, a formação de um ambiente que favoreça as instituições públicas e privadas em gerar, aplicar, disseminar e compartilhar o conhecimento científico produzido é, mais além, o de alterar-se esse conhecimento em inovação tecnológica. E neste ambiente de conhecimento compartilhado é imperativa a formação de uma estrutura institucional que apoia a inovação em todos os seus aspectos. É neste principal argumento que podemos, analisando o contexto internacional, diferenciar países desenvolvidos com alto grau de sofisticação tecnológica e com produção estritamente voltada para elaboração de produtos como aviões, carros, microcomputadores, celulares, remédios, dentre outros, de países em desenvolvimento com baixo grau de complexidade produtiva, com pauta de exportação estritamente ligada a produtos primários (GALA, 2017; AROCENA et al, 2018).

A análise e metodologias de medição, desenvolvimento e tipologias de sistemas de inovação devem ser amplamente verificadas e atualizadas para fim de comparação e análises posteriores de variáveis determinantes. Neste sentido, o presente trabalho apresenta como objetivo principal a análise dos SNI das 50 maiores economias com o intuito de gerar tipologias dos sistemas analisados. Procura-se através da utilização de um modelo de análise de componentes principais um conjunto de variáveis amplamente estudadas na literatura, uma metodologia capaz de classificar os SNI estudados e gerar um procedimento

metodológico que possibilite acompanhar a evolução dos sistemas de inovação (SUZIGAN, et al 2015; RAPINI, et al, 2021).

Na mesma direção, o trabalho apresenta algumas perguntas a serem respondidas:

1) Com relação as tipologias dos SNI analisadas na literatura, quais as mudanças de categorização existentes dentro dos SNI?; 2) Dentro dessas categorizações, quais as variáveis determinantes para se avaliar o desenvolvimento desses SNI?, 3) Qual a dinâmica que explica a inserção de países que antes não apareciam como SNI relevantes?. Dentre as hipóteses básicas podemos evidenciar que houve mudanças consideráveis no rank dos SNI mais estudados pela literatura, bem como outras variáveis pouco estudadas podem apresentar participação relativa importante para sua explicação como os investimentos estrangeiros líquidos. Países como China e Coréia do Sul apresentam-se com SNI extremamente dinâmicos e países com menores expressões econômicas podem apresentar um ambiente institucional que propicie o desenvolvimento acelerados do seu sistema de inovação.

Para tanto, o trabalho encontrasse dividido em mais quatro itens além dessa introdução. O segundo item abordará a discussão sobre aspectos conceituais e teóricos sobre os sistemas nacionais de inovação. O item 3 será descrito a metodologia do trabalho, destacando as principais variáveis a ser utilizada, bem como a descrição do modelo de análise fatorial com componentes principais. Após a realização da análise fatorial por componentes principais, os fatores determinantes encontrados serão utilizados para a estimação de um modelo de regressão com dados em painel desbalanceado para os anos de 2010 a 2019, ou seja, estimativas para os SNI de 1^a, 2^a e 3^a classe bem como os principais resultados e discussões do trabalho, com destaque para a criação e tipologias para os SNI estudados. E, por fim, no último item, as conclusões do trabalho, com os principais resultados obtidos, limitações e desdobramentos futuros.

2 SISTEMA NACIONAIS DE INOVAÇÃO: ORIGEM, CONCEITUAÇÕES E DESENVOLVIMENTO

De acordo com Freeman (1995) em “The National Systemof Innovation in Historical Perspective”, o precursor na elaboração do termo e do conceito de Sistema Nacional de Inovação (SNI) foi Bengt-Ake Lundvall (1998). Segundo Edquist (2005), o primeiro a utilizar o termo foi Freeman (1987). Entretanto, ambos os autores – Freeman e Lundvall - são categóricos em pontuar que as ideias e concepções originais do conceito são de Georg Friedrich List em (1983). Para Bogang, Gerybadze e Kim (2016), o principal ponto de aproximação entre Friedrich List e os SNI está no papel de coordenação na interação sistemática entre invenção, pesquisa, tecnologia, aprendizado e inovação e o papel do Estado no direcionamento e articulação dentro do SNI.

Além disso, o SNI deve ser entendido, acima de tudo, como um sistema social e dinâmico (LUNDVALL, 1992). O sistema é considerado dinâmico porque é caracterizado por interações positivas onde seus elementos se reforçam entre si na tentativa da especialização no processo de aprendizagem e de inovação e é social porque apresenta como atividade fim principal a aprendizagem (learning), atividade social relevante que envolve a relação e cooperação entre pessoas do sistema. Além disso, os SNI também apresentam como características básicas os processos cumulativos e círculos virtuosos e viciosos (LUNDVALL, 1988 e 1992).

Patel e Pavitt (1994) colocam que um SNI seria um conglomerado de instituições nacionais, suas estruturas de incentivo e suas competências, que determinam a taxa e a direção da aprendizagem tecnológica ou o volume e composição de atividades geradoras de mudanças em um país. Entretanto, de acordo com os autores, cada país deve identificar as principais instituições, os incentivos e as competências relevantes para o desenvolvimento do seu SNI, e neste sentido, seu processo de amadurecimento e consolidação em cada país deverá, explicitamente, apresentar características distintas e atores ou agentes distintos e similaridades entre os agentes citados.

A compreensão da dinâmica de inter-relações de um SNI “consiste em conjunto de

instituições, atores e mecanismos que contribui para a criação, avanço e difusão das inovações tecnológicas de um país". Assim, destaca-se nesta avaliação, a vivência de um grupo articulado de instituições dos setores públicos e privados constituídos por: agências de fomentos e financiamento, instituições financeiras, empresas públicas e privadas, universidades e laboratórios de pesquisa e desenvolvimento, leis de propriedade intelectual e muito mais. Todo esse grupo completa uma cadeia sistêmica que direciona investimentos para inovação tecnológica (FREEMAN e SOETE, 2008, RAPINI, et al, 2021).

Para Cimoli (2014) o SNI seria um conjunto de instituições que contribuem em conjunto e individualmente para o desenvolvimento de novas tecnologias e que fornecem o quadro em que o governo forma e implanta políticas para influenciar e dinamizar o processo de inovação. As instituições que compõem o SNI (empresas privadas, universidades e outras instituições educacionais, laboratórios de pesquisa pública, consultorias privadas, sociedades profissionais e associação de pesquisa industrial) e as políticas de ciência e tecnologia são as principais variáveis na explicação das diferenças de desenvolvimentos dos SNI de países desenvolvidos e para os SNI de países em desenvolvimento.

Segundo Albuquerque (1996) um SNI é uma construção institucional, produto de uma ação planejada e consciente ou de um somatório de decisões não planejadas e desarticuladas, que impulsionam o progresso tecnológico em economias capitalistas complexas. Esses arranjos institucionais envolvem as firmas, as redes de interação entre empresas, as ações governamentais, as universidades, os institutos de pesquisas, laboratórios de empresas, atividades de cientistas e engenheiros que se articulam com o sistema educacional, com o setor industrial e o empresarial e, também, com as instituições financeiras, completando o circuito dos agentes que são responsáveis pela geração, implantação e difusão das inovações.

Essa construção institucional e a diversidade de atores e arranjos que configuram o SNI são enormes. Essas diversidades podem ser observadas e diferenciadas através das características distintas de cada SNI, tais como: as especificidades das firmas inovadoras, a

relação dessas firmas com as instituições de pesquisa, o peso dedicado à ciência básica, o papel do governo na articulação e incentivo das instituições dos sistemas, o papel das pequenas firmas dinâmicas, os diferentes arranjos do sistema financeiro, o nível da formação profissional dos trabalhadores, dentre outros (ALBUQUERQUE, 1996; ALBUQUERQUE e SICSÚ, 2000; ALBUQUERQUE, et al, 2015).

Além disso, a construção institucional e o entendimento das conexões existentes dentro das interações dos agentes do SNI são caminhos diretos para a construção de um SNI (METCALFE e RAMLOGAN, 2007). Segundo os autores, os SNI não ocorrem naturalmente, se auto-organizam para reunir novos conhecimentos e os recursos para a exploração do conhecimento adquirido. Os SNI são fenômenos emergentes, criados para um propósito específico, que poderão mudar e se adaptar seu conteúdo e o padrão de conexão à medida que uma sequência de problemas evoluí. Além disso, uma vez que a solução de um problema gera diferentes e específicos novos problemas, ocorre, por conseguinte, a evolução e o dinamismo dos atores e o padrão de conexões dentro do SNI.

O livro seminal com edição de Bengt-Ake Lundvall (1992), traz uma seleção de textos sobre Sistemas Nacionais de Inovação e é o livro (texto) mais utilizado sobre o assunto (KASHANI e ROSHANI, 2017). Na introdução, de acordo com Lundvall (1992), os aspectos fundamentais para a avaliação de um Sistema Nacional de Inovação (SNI) devem estar estreitamente ligados a: 1) Organização interna das empresas (indústria), 2) Interação entre empresas, 3) No papel do setor público (Estado) e, por conseguinte, 4) No papel das universidades; 5) Constituição institucional do setor financeiro e 6) Intensidade de P&D e Organização de P&D. Primeiro, deve-se ter em mente que a organização interna e a interrelação entre as empresas são variáveis chaves para o entendimento de um sistema de inovação, haja vista, que as empresas são as grandes desenvolvedoras de inovação tecnológica. Já o Estado apresentasse como o usuário mais importante das inovações desenvolvidas pelo setor privado, principalmente no apoio direto à ciência e ao desenvolvimento. O Setor financeiro entra como engrenagem importante como facilitador do processo de geração de novas tecnologias.

A organização interna das empresas privadas é um importante determinante de consolidação de um SNI (LUNDVALL, 1992). A maioria das inovações é desenvolvida por empresas e a organização dos fluxos de informação e de processo de aprendizagem afetam diretamente a sua capacidade inovadora. Vale ressaltar que, a interação entre os diferentes departamentos dentro das empresas, como setor de vendas, produção e geração e investimento em P&D são aspectos importantes e atraem diversos estudos com relação a essa interação (SUZIGAN, et al 2015).

Uma das inovações institucionais mais importantes para o dinamismo do processo de desenvolvimento tecnológico das firmas foi a constituição e o estabelecimento de laboratórios de P&D (LUNDVALL, 1992 e 2016). A aprendizagem ocorre em conexão com atividades de rotina em produção, distribuição e consumo, produzindo insumos importantes para a geração de inovação. Neste sentido, as experiências cotidianas de trabalhadores, engenheiros de produção e representantes de vendas influenciam a agenda de determinação da direção dos esforços inovadores e produzindo novos conhecimentos e aprendizado cruciais para o processo inovativo.

O papel do governo (setor público) no desenvolvimento e consolidação dos SNI na literatura é evidente (MOWERY E ROSENBERG, 1992; ATKINSON, 2014; MOWERY, 1996; PATEL E PAVITT, 1994; MELAAS E ZANG, 2016; ODAGIRI e GOTO, 1994; MAZZUCATO, 2014; dentre outros estudos). As ações das organizações públicas no desenvolvimento dos SNI podem ser delimitadas em políticas de implantação de tecnologia, criação de agências reguladoras, organizações para educação superior e de pesquisa, entidades de apoio à tecnologia (programas de treinamento específicos para a indústria), serviços de extensão, organizações de definição de padrão e escritórios de patentes, dentre outras. As políticas de implantação de tecnologia variam entre organizações para a produção de conhecimento (como universidades), distribuição de conhecimento (parques científicos) e regulação de conhecimento (EDQUIST e JONHSON, 1997).

Segundo Scerri e Lastres (2013) em “The State and the Architecture of National System of Innovation”, é amplamente reconhecido que as empresas produzem, adotam,

difundem, adaptam, disseminam e implantam a inovação, mas o papel do estado na formação e na promoção do caminho de desenvolvimento dos SNI é fundamental. É o Estado que estabelece o sustento institucional formal da atividade econômica, incluindo a inovação. Segundo os autores, o Estado apresentasse como articulador na aplicação das “regras do jogo” que possibilitam que a inovação ocorra e a relação entre os agentes do SNI interajam na produção da inovação. Essas “regras do jogo” podem ser implícitas como nas práticas do mercado de trabalho, nos subsídios, propostas e políticas de procura, nas considerações ambientais, políticas macroeconômicas e podem ser explícitas na forma de leis e práticas declaradas.

Além disso, as políticas governamentais podem desempenhar um importante papel na construção de um SNI (CHAMINADE, LUNDVALL E HANEEF, 2018). Os governos sinalizam a direção do processo de inovação por meio de políticas e regulamentos que podem estimular ou desestimular o processo de promoção da ciência, inovação e tecnologia. Os autores destacam que o papel do governo não deve ser apenas ao processo de financiamento inicial das atividades inovativas, mas ele deve ser capaz de criar novas visões em torno de tecnologias importantes, como o caso da “Iniciativa Nacional de Nanotecnologia” nos Estados Unidos no final dos anos de 1990. Em suma, o governo deve atuar e assumir os riscos de investimentos em áreas onde o setor privado não possua atrativo financeiro ou em áreas de baixa capacidade de investimento.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Universo e Amostra da Pesquisa

A base de dados, referente à análise para a classificação dos SNI, foi selecionada levando em consideração as 50 maiores economias global (WORLD BANK, 2023). A variável utilizada para a classificação foi o Produto Interno bruto a preços correntes expressos em dólar para o ano de 2019. Escolheu-se esse período anual devido à ausência de informações relativas para outros períodos anuais mais recentes e, também, para a análise anual coincidir com o período de coleta para as outras variáveis analisadas.

3.1.1 Variáveis Utilizadas

Com relação às variáveis analisadas, além do PIB utilizado para a classificação dos países selecionados, encontram detalhadas por nome, descrição, fonte de onde foram extraídas e os principais autores que utilizaram essas variáveis na descrição, análise e investigação na imensa literatura sobre sistemas nacionais de inovação (Tabela 1).

Tabela 1 - Variáveis, Fonte, Unidade e autores

Variável	Nome	Descrição	Fonte	Unidade
Educação	Despesas com Educação Superior	Percentual (%) do Total das Despesas do Governo com Educação Superior	UNESCO	Percentual (%)
tecp&d	Técnicos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)	Representa o número de técnicos que participa de alguma atividade pesquisa e desenvolvimento (P&D). Técnicos e funcionários equivalentes são pessoas que realizam tarefas científicas e técnicas que envolvem a aplicação de conceitos e métodos operacionais, normalmente sob a supervisão de pesquisadores.	UNESCO	Por milhões de Habitantes
Artigos	Artigos de Revista Técnica e Científica	Os artigos de periódicos científicos e técnicos referem-se ao número de artigos científicos e de engenharia publicados nos seguintes campos: física, biologia, química, matemática, medicina clínica, pesquisa biomédica, engenharia e tecnologia e ciências da terra e espaciais	Banco Mundial	Unidade
pesqp&d	Pesquisadores em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)	O número de pesquisadores envolvidos em pesquisa e desenvolvimento (P&D). Pesquisadores são profissionais que conduzem pesquisas e melhoram ou desenvolvem conceitos, teorias, técnicas de modelos instrumentação, software de métodos operacionais.	UNESCO	Por milhões de habitantes
desp&d	Despesas em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)	Despesas domésticas brutas em pesquisa e desenvolvimento (P&D), expressas como uma porcentagem do PIB. Eles incluem despesas de capital e atuais nos quatro setores principais: empresa de negócios, governo, ensino superior e organização sem fins lucrativos	UNESCO	Percentual (%) do PIB

p. 110 – Classificação e determinantes do desenvolvimento dos Sistemas Nacionais de Inovação

Variável	Nome	Descrição	Fonte	Unidade
Patres	Pedidos de Patentes (Residentes)	Pedidos de patentes são pedidos de patentes em todo o mundo arquivados através do procedimento de tratado de cooperação de patentes ou com um Escritório Nacional de Patentes para obter direitos exclusivos para uma invenção-um produto ou processo que fornece uma nova maneira de fazer algo ou oferecer uma nova solução técnica para um problema	WIPO	Unidade
Patnres	Pedidos de Patentes (Não Residentes)	Pedidos de patentes são pedidos de patentes em todo o mundo arquivados através do procedimento de tratado de cooperação de patentes ou com um Escritório Nacional de Patentes para obter direitos exclusivos para uma invenção-um produto ou processo que fornece uma nova maneira de fazer algo ou oferecer uma nova solução técnica para um problema	WIPO	Unidade
Expaltec	Exportações de Alta Tecnologia	As exportações de alta tecnologia são produtos com alta intensidade de P&D, como em aeroespacial, computadores, produtos farmacêuticos, instrumentos científicos e máquinas elétricas.	Banco Mundial	Percentual das Exportações de Manufaturados
empp&d	Empresas P&D	Percentual de empresas que gastam com P&D.	Banco Mundial	Percentual de todas empresas.
credsetpriv	Crédito Doméstico ao Setor Privado	Crédito doméstico ao setor privado refere-se aos recursos financeiros fornecidos ao setor privado por empresas financeiras, como empréstimos, compras de títulos de não químicos e créditos comerciais e outras contas a receber, que estabelecem reivindicação de reembolso.	Banco Mundial	Percentual (%) do PIB
Idel	Investimento Direto Estrangeiro Líquido (Entradas Líquidas)	Investimento direto estrangeiro são as entradas líquidas de investimento para adquirir um interesse gerencial duradouro (10 % ou mais ações votantes) em uma empresa que opera em uma economia que não seja a do investidor. É a soma do capital patrimonial, reinvestimento de ganhos, outro capital de longo prazo e capital de curto prazo, como mostrado no balanço de pagamentos. Esta série mostra o IDE líquido total.	Banco Mundial	Dólares (U\$)

Fonte: Elaboração própria.

3.1.2 Resultados e Discussões

De acordo com Hair *et al.*, (2009), o menor tamanho absoluto possível para uma análise fatorial bem fundamentada deve possuir uma amostra de 50 observações, como a amostragem aqui presente. Entretanto, os autores salientam que além do número de observações serem maiores que o número de variáveis, a carga fatorial a ser escolhida para a geração dos fatores explicativos deve ser inversamente proporcional ao número de observações a serem escolhidos. Ou seja, quanto menor for a amostragem maior deve ser a carga fatorial. Neste sentido, para 50 observações a carga fatorial a escolher deve apresentar valores superiores a 0,75.

Para que seja verificada a adequação global propriamente dita da extração dos fatores, recorreremos à estatística Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e ao teste de esfericidade de Bartlett. A partir do resultado obtido pelo teste KMO, a adequação global da análise fatorial pode ser considerada razoável. Entretanto, quando analisamos os resultados obtidos pela estatística χ^2_{Bartlett} , podemos afirmar que para o nível de significância de 5% e 66 graus de liberdades que a matriz de correlações de Pearson é estatisticamente da matriz identidade de mesma dimensão (Tabela 2).

Corroborando com os testes de adequação, a Tabela 3 contempla a comunalidade das variáveis analisadas. O objetivo principal da análise das comunalidades é verificar se alguma variável acaba por não compartilhar um significativo percentual de variância com os fatores extraídos. Neste sentido, pode ser observado que praticamente todas as variáveis possuem um poder de explicação alto, considerando todos os fatores obtidos, com exceção da variável “Exportações de alta tecnologia”. Essa variável apresentou comunalidade baixa e, por isso, na extração dos fatores apresentou baixa carga fatorial.

Tabela 2 - Resultado do Teste KMO e o Teste de Bartlett

Teste	Valor Encontrado	
KMO (Kaiser-Meyer-Olkin)		0,683
Teste de esferecidade de Bartlett	Qui-Quadrado	359.521
	Graus de Liberdade	66
	P-valor	0.000

Fonte: Resultado da pesquisa

A partir dos resultados obtidos a partir da extração dos fatores não rotacionados, de acordo com (Hair *et al.*, 2009), deve-se manter os fatores com autovalores maiores que 1 (um). Sendo assim, foram encontradas 4 dimensões (fatores) de variabilidades comuns existentes no conjunto de dados utilizados. Esses 4 fatores em conjunto explicam cerca de 72,71% da variância observada, com os fatores 1, 2, 3 e 4 representarem, respectivamente 32,4%, 18%, 12,9% e 9,2%.

Tabela 3 - Comunalidade (H2) das variáveis analisadas

Variável	Inicial	Comunalidade (H2)
educação	1	0.7223
tecp&d	1	0.7433
artigos	1	0.9393
pesqp&d	1	0.8135
desp&d	1	0.6706
patres	1	0.7875
patnres	1	0.7708
expaltec	1	0.3907
empp&d	1	0.5391
credsetpriv	1	0.8103
idel	1	0.7357

Fonte: Resultado da pesquisa

Analisando as Tabelas 4 e 5 com as cargas fatoriais não rotacionadas notamos um padrão disperso e de difícil interpretação da análise dos fatores. Neste sentido, optamos pela rotação dos fatores no intuito de melhorar a interpretação pela redução de algumas das ambiguidades que frequentemente acompanham as soluções fatoriais não-rotacionadas (HAIR *et al.*, 2009). O método de rotação adotado foi o Varimax ortogonal com normalização de Kaiser que é um dos métodos de rotação ortogonal mais comumente utilizado dentre os métodos ortogonais, em suma, ele procura minimizar o número de variáveis que apresentam altas cargas em cada fator (MANLY, 2008, FÁVERO e BELFIORE, 2017). Além disso, esse método busca a redução dos dados a um número menor de variáveis ou a um conjunto de medidas não correlacionadas para uso subsequente em outras técnicas multivariadas (HAIR *et al.*, 2009). Os resultados confirmam a existência de 4 (quatro) fatores fundamentais para a explicação de 72,7% das variâncias observadas.

Tabela 41 - Matriz de cargas fatoriais – Sem rotação

Variável	Não Rotacionado			
	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4
educação	0.2747	0.344	0.7241	-0.0645
tecp&d	0.0937	0.3356	0.7873	-0.0458
artigos	0.7458	-0.6059	0.0613	-0.1104
pesqp&d	0.5975	0.6341	-0.1198	0.2002
desp&d	0.6739	0.3687	-0.1153	0.2594
patres	0.6811	-0.5452	0.0109	-0.162
patnres	0.6832	-0.5421	0.0817	-0.0593
expaltec	0.0297	0.4287	-0.2223	-0.03957
empp&d	0.5845	-0.0821	0.3757	0.2226
credsetpriv	0.7011	0.4451	-0.3114	-0.154
idel	0.0826	-0.1017	-0.1291	0.8378

Fonte: Resultado da pesquisa

Tabela 2 - Matriz de cargas fatoriais, communalidades e unicidade – Com rotação Varimax

Fator	Variância	Diferença	Proporção da variância explicada		Cumulativo	
1	29,541	0,037	0,246		0,246	
2	29,166	1,219	0,243		0,489	
3	1,697	0,539	0,141		0,630	
4	1,157	-	0,096		0,727	
Variável	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Unicidade (1-H2)	Comunalidade (H2)
educação	0.0406	0.1437	0.8337	-0.0706	0.2777	0.7223
tecp&d	-0.0757	-0.0076	0.8569	-0.0562	0.2567	0.7433
artigos	0.9613	0.1118	-0.0041	0.0522	0.0607	0.9393
pesqp&d	-0.0724	0.8711	0.2006	0.0965	0.1865	0.8135
desp&d	0.1535	0.7651	0.1324	0.2101	0.3294	0.6706
patres	0.8786	0.1163	-0.0428	-0.0165	0.2125	0.7875
patnres	0.8667	0.106	0.024	0.0878	0.2292	0.7708
expaltec	-0.2273	0.3206	-0.0608	-0.4823	0.6093	0.3907
empp&d	0.4609	0.2489	0.4268	0.2873	0.4609	0.5391
credsetpriv	0.1736	0.8554	-0.0183	-0.2196	0.1897	0.8103
idel	-0.0373	0.1299	-0.1416	0.8351	0.2643	0.7357

Fonte: Resultado da pesquisa

De acordo com Fávero *et al.*, (2009), deve-se ter uma preocupação adicional com o tamanho da amostra e a escolha das cargas fatorial. De um modo geral, quanto menor a quantidade de observações adotadas, mais alta deve ser a carga fatorial para a escolha dos fatores a serem analisados. Como nesse trabalho o tamanho da amostra é de 50

observações, deve-se levar em consideração cargas fatoriais a partir de 0,75, assim como preconiza (KLINE, 1994 e HÄRDLER e SIMAR, 2019). Seguindo o exposto os 4 fatores com suas devidas nomenclaturas encontram-se listados na Quadro 1.

Em resumo, o desenvolvimento dos SNI depende da sua capacidade inovativa, do ambiente inovativo nacional, do capital humano empregado e dos investimentos estrangeiros líquidos. Sendo assim, o fator 1 Capacidade Inovativa refere-se a todo o estoque de conhecimento inventivo disponível (SUAREZ-VILLA e HASNATH, 1993). Segundo os autores, a capacidade inovadora de um país é um indicador de invenção e uma medida potencial de inovação. Em resumo, quanto maior o número de invenções registradas com patente disponíveis maior será a probabilidade de serem aplicados como uma inovação em alguma atividade potencialmente útil. Ainda segundo os autores, a capacidade inovativa é, essencialmente uma medida de conhecimento científico e tecnológico gerado endogenamente do país e de suas capacidades.

Mais especificamente aos resultados obtidos, a variável chave para a medição da capacidade inovativa para um determinado ano é baseada no número de patentes concedidas naquele ano (SUAREZ-VILLA e HASNATH, 1993; STERN, PORTER E FURMAN (2000), USMAN *et al.* (2022); FURMAN e HAYES (2004); HU e MATHEUS (2008); HU e MATHEUS (2005); FAGERBERG e SRHOLEC (2007); CASTELLASSI e NATERA (2011). Patentes são, até hoje, o mecanismo institucional comum mais aplicado para a proteção dos direitos de propriedade e garantia das invenções, antes que ocorram a inovação e sua difusão. O sistema de patentes é, também, um incentivo poderoso no incentivo primário para cientista e empreendedores na garantia de recompensa e seguranças para suas invenções. O sistema de patentes fornece sobretudo meios legais, em mercados competitivos, para a apropriação dos retornos das invenções (SUAREZ-VILLA, 1996).

Quadro 1 - Interpretação e Nomeação dos fatores

Fator 1: Capacidade Inovativa	1) Artigos de Revista Técnica e Científica 2) Pedidos de Patentes (Residentes) 3) Pedidos de Patentes (Não Residentes)	
Fator 2: Ambiente Inovativo	2.1) Capacidade de Absorção	1) Pesquisadores em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) 2) Despesas em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)
	2.2) Crédito Doméstico	1) Crédito Doméstico ao Setor Privado
Fator 3: Capital Humano	3.1) Investimento em Educação	1) Despesas com Educação Superior
	3.2) Aprendizado em P&D	2) Técnicos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)
Fator 4: Investimento Estrangeiro	3) Investimento Direto Estrangeiro Líquido (IDEL)	

Fonte: Resultado da pesquisa.

Segundo Stern, Porter e Furman (2000), a capacidade inovativa seria a capacidade de um país, com suas entidades políticas e econômicas, de produzir e comercializar um fluxo de tecnologias inovadoras de longo prazo. Neste sentido, a capacidade inovativa dependente de um conjunto de interrelações de investimentos, políticas e compromissos de recursos que sustentaria a produção de tecnologia nova. Portanto, esse indicador forma em conjunto com os demais fatores a essência para entender a dinâmica de funcionamento dos sistemas nacionais de inovação dos países analisados.

O segundo fator Ambiente Inovativo foi desmembrado em dois subitens: capacidade de absorção e crédito doméstico. O conceito de capacidade de absorção foi introduzido na literatura pelo trabalho seminal de Cohen e Levinthal (1990), a partir do qual disseminaram-se diversos outros estudos, sobretudo empíricos, sobre a capacidade de absorção de novos conhecimentos. Neste aspecto, Cohen e Levinthal (1990) definem capacidade de absorção como a capacidade de uma empresa de reconhecer o valor de novas informações e conhecimentos, assimilá-los e aplicá-los para fins comerciais. Assim, a simples aproximação com fontes externas de conhecimento não garante que a firma seja capaz de assimilar, transformar e comercializar na forma de produtos e processos os novos conhecimentos adquiridos.

Já para Huan, Rice e Martin (2015), Cohen e Levinthal (1990) deixam claro que a capacidade de absorção de uma empresa depende, estritamente, da capacidade de absorção individual de seus membros. Assim, os autores utilizam como variável para medir a capacidade de absorção o pessoal em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Outros artigos também utilizaram variáveis específicas para mensuração. Esse padrão se mantém em diversos trabalhos da literatura sobre o tema relacionado.

Entre os artigos empíricos que utilizam outras variáveis para mensurar a capacidade absorção podemos elencar aqueles que utilizaram medidas diretamente relacionadas a motivação e habilidades do funcionário WURYANINGRAT (2013), aqueles que utilizaram pessoal de P&D (HUANG et al., 2005), funcionários com ensino superior (KOSTOPOULOS et al., 2011, e MOILANEN et. al., (2014), atividades de treinamento e/ou investimento em treinamento (DUTSE, 2013), como capital humano e despesas em P&D (HAQ, HUSSAIN E AMIN, 2022). Entretanto, muitos deles se concentram na utilização para medição da capacidade de absorção variáveis ligadas as despesas em P&D.

Já sobre a subdivisão que gerou a variável “Crédito doméstico”, Shang, Song e Wu (2017) destacam a importância do mercado de crédito doméstico sobre as capacidades inovadoras de empresas industriais. Segundo os autores, o mercado de crédito doméstico aprimora os incentivos de inovação das empresas. Entretanto, as restrições de créditos das empresas e as performances das empresas são canais fundamentais para o desenvolvimento do mercado de crédito o que afeta diretamente a capacidade inovadora das empresas.

Seguindo o mesmo raciocínio, Amora, Schneider e Zaldoka (2013), apresentam evidências que o desenvolvimento do mercado de crédito doméstico gera um papel importante no progresso tecnológico dos países. Os autores descobriram que a desregulamentação bancária permite aos bancos e ao crédito uma maior expansão geográfica, aumentando a disponibilidade e a qualidade do crédito doméstico. Outro resultado importante foi demonstrar que esses créditos foram associados à adoção de novas tecnologias de triagem e monitoramento nas empresas manufatureiras.

O fator 3 Capital Humano foi dividido em duas outras variáveis: O papel do Estado e o Aprendizado em P&D. Quanto ao papel do estado para o desenvolvimento de SNI é amplamente discutido na literatura (NELSON e ROSENBERG, 1993; MOWERY e ROSENBERG, 1993; CHESNAY, 1993; MALERBA, 1993; EDQUIST e LUNDVALL, 1993; KIM 1993; LUNDVAL, 2010; GREGERSEN, 2010; CHAMINADE, LUNDVALL e HANEEF, 2018; EDQUIST, 1997; SCHMOCH, RAMMER e LEGLER, 2006, MAZZUCATO, 2014; MAZZUCATO, 2015; FREEMAN, 1995, BLOCK (2011); KELLER (2015), dentre uma infinidade de outros estudos). Em resumo, a maioria das inovações radicais, revolucionárias que alimentaram a dinâmica do capitalismo (das ferrovias à internet, até a nanotecnologia e a farmacêutica moderna) aponta para o Estado como origem dos investimentos “empreendedores” mais corajosos, incipientes e de capital intensivo (MAZZUCATO, 2014 e 2015).

O fator 3 também se subdividiu na variável “Aprendizado em P&D” representado por técnicos em P&D. Muitas das vezes negligenciado no processo de geração e difusão de tecnologia, os técnicos em P&D usam seus conhecimentos de ciência, tecnologia, engenharia e matemática para a resolução de uma diversidade de problemas práticos que surgem em pesquisa e desenvolvimento, produção e manutenção (LEWIS, 2019). Esses atores trazem, de acordo com Lewis (2019), contribuições significativas para a geração, desenvolvimento e difusão das inovações geradas.

Os técnicos em P&D além de negligenciados na literatura sobre sistemas de inovação, apresentam papel importante na dinâmica desses ambientes (LEWIS, 2023). Segundo o autor, esses trabalhadores ocupam funções que exigem habilidades e conhecimentos de nível intermediário em ciência, tecnologia, inovação, engenharia e matemática e configurar um extraordinário papel no desenvolvimento dos sistemas de inovação e nas empresas de muitos países. Nesse sentido, o aprimoramento e o desempenho que a tecnologia efetiva possa trazer dependerá da capacidade que os técnicos possuam de adaptar, operar, solucionar, manter e instalar tais tecnologias. Os técnicos em P&D estão envolvidos na instalação, comissionamento, manutenção e melhoria de plantas e instalações industriais químicas e na biotecnologia industrial.

E, por último, o fator 4 (Investimento estrangeiro direto) apresentou apenas uma variável com cargas fatoriais significativas, o investimento estrangeiro direto (IED). Para Warwick (2013), dentre os principais impactos positivos do IED estão: 1) Expansão da capacidade produtiva, 2) criação de empregos, 3) aprimoramento de capital humano, 4) inovação e difusão de tecnologia e 5) desenvolvimento empresarial. Entretanto, os benefícios positivos estão subordinados às capacidades absorтивas dos sistemas de inovação e estão diretamente relacionadas apenas a ganhos de produtividade do trabalho (FISCHER e QUEIROZ, 2015).

Na mesma linha, Fu (2008) mostra a contribuição significativa do IED para a capacidade de geração de inovação regional. O IED não somente apresenta resultados positivos para o sistema de inovação, mas também, para a produtividade da inovação nos países (YUE, 2022). No entanto, o autor destaca que o efeito positivo depende da capacidade de absorção e da presença de ativos complementares de inovação.

3.1.3 Tipologias dos Sistemas Nacionais de Inovação (SNI)

Os resultados obtidos na análise fatorial são fundamentais para a determinação de 3 (três) tipos de Sistemas Nacionais de Inovação, principalmente levando em consideração o ranqueamento através dos escores fatoriais obtidos. Segundo Fávero e Belfiore (2017), um critério bastante aceito e utilizado para a formação de rankings a partir de fatores é conhecido como critério da soma ponderada e ordenamento, em que são somados, para cada observação, os valores obtidos de todos os fatores (que possuem autovalores maiores que 1 (um) ponderados pelos respectivos percentuais de variância compartilhada, com o subsequente ordenamento das observações com base nos resultados obtidos. Esse critério é bastante aceito por considerar o desempenho em todas as variáveis originais, visto que a consideração apenas do primeiro fator (critério do fator principal) pode não levar em conta, por exemplo, o desempenho positivo obtido em determinada variável que eventualmente compartilhe um considerável percentual de variância com o segundo fator.

Sendo assim, a tipologia dos SNI formados através do critério da soma ponderada e

ordenamento, deram origem a sistemas de inovação de 1^a classe (Escore ≥ 0.5), 2^a classe (Escore entre ≥ 0.3 e ≤ 0.49) e 3^a classe (Escores ≤ 0.29 , valores positivos), de acordo com a Tabela 6. Os demais países analisados apresentaram escores fatoriais negativos. Os países com os cinco menores escores analisados foram Paquistão, Grécia, Egito, Indonésia e Nigéria. A classificação e das descrições de cada classe encontram expostas da seguinte maneira:

- **1^a Classe** – São Sistemas Nacionais de Inovação que permitem manter seus países na fronteira tecnológica mundial. Apresentam elevado grau de capacidade inovativa e absorção tecnológica, bem como, dispõem de excelência na geração e desenvolvimento do capital humano.
- **2^a Classe** – São Sistemas de Inovação que ou possuíam todas as características dos SNI de 1^a classe e retrocederam, como no caso japonês ou são SNI que apresentam médio dinamismo com a geração, capacidade de absorção tecnológica.
- **3^a Classe** – São SNI que apresentam baixo dinamismo na capacidade inovativa e absorção tecnológica, mas possuem capacidade de desenvolvimento para retornar a classes de SNI superiores.

Vale destacar que a criação das classes referentes as análises dos sistemas de inovação estão intimamente ligadas a literatura sobre tipologias dos SNI. Dentre os mais importantes, Pavitt e Patel (1998) com a classificação de sistemas de inovação míopes e dinâmicos. Contribuíram, também, os trabalhos seminais de Nelson (1993), os autores analisam os sistemas nacionais de inovação dividindo-os em três categorias: a) Grandes países de alta renda, b) Pequenos países de alta renda e Países de baixa renda, bem como, (Albuquerque, 1996) com a existência de três tipos de categorias de SNI, os de países de fronteira tecnológica, os pequenos países tecnologicamente dinâmicos e os países que não conseguiram se transformar sua estrutura de infraestrutura de ciência e tecnologia em um sistema de inovação maduro. Também, Albuquerque (1999) com os sistemas de inovação maduros, *catching up (catching up NIS)* e sistemas de inovação não-maduros.

Tabela 6 - Classificação, tipologia e escores dos Sistemas Nacional de Inovação

Tipologia	Sistema Nacional de Inovação (SNI)	Escore
1ª Classe	China	1.2244
	Estados Unidos	1.1297
	Coréia	0.8090
	Alemanha	0.6209
2ª Classe	Finlândia	0.4752
	Japão	0.4693
	Dinamarca	0.4099
	Áustria	0.3351
	Holanda	0.3109
3ª Classe	Austrália	0.2992
	Suécia	0.2355
	Canadá	0.2312
	Bélgica	0.1639
	Reino Unido	0.1594
	Noruega	0.1469
	Singapura	0.1030
	Nova Zelândia	0.0906
	Itália	0.0628
	República Checa	0.0034

Fonte: Resultado da pesquisa, baseado na literatura sobre o assunto.

3.1.4 Mensuração dos fatores determinantes para os 50 países e para os SNI de 1ª, 2ª e 3ª classes.

Após a realização da análise factorial por componentes principais, os fatores determinantes encontrados e descritos na Tabela 7 serão utilizados para a estimação de um modelo de regressão com dados em painel desbalanceado para os anos de 2010 a 2019¹ e, também, serão realizadas estimativas envolvendo as tipologias encontradas, ou seja, estimativas para os SNI de 1ª, 2ª e 3ª classe. Como variável dependente para esses modelos será utilizado o PIB per capita² por país como medida para o desempenho dos SNI, assim

¹A amostragem levantada para a análise apresentou para alguns países desbalanceamento do painel de dados. Os países e os dados ausentes para cada ano são: Arábia Saudita (2012, 2016, 2017 e 2018), Argentina ((2017 e 2018), Colômbia (2010, 2011 e 2012), Egito (2018), Emirados Árabes (2012, 2013 e 2017), Filipinas (2018), Grécia (2010), Indonésia (2012), Irã (2015), Malásia (2013), México (2018), Nigéria (2010 e 2014), Nova Zelândia (2010, 2011, 2012, 2013 e 2016), Paquistão (2010), Suécia (2010), Suíça (2010, 2011 e 2017), Vietnã (2012 e 2014).

² Todas as variáveis foram logaritmizadas (logaritmo natural). O uso de logs pode aliviar ou até eliminar problemas de heterocedasticidade (quando a variância dos erros não é constante, ou seja, não

como preconiza FAGERBERG e SRHLOEC (2007). A metodologia implementada utilizará a técnica de dados em painel, as estimações serão apresentadas por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) (*pooled OLS*), efeito aleatório e efeito fixo, além dos testes de robustez para a escolha do melhor modelo econométrico (Teste de *Hausman*), bem como testes para a verificação de Heterocedasticidade e Autocorrelação, problemas recorrentes em modelos de dados em painel. O resultado da estimação para o modelo encontrasse na Tabela 7. Para a detecção da autocorrelação foi utilizado o teste de *Wooldridge* e as estimativas concluíram pela presença de autocorrelação nos painéis. Com relação a verificação da heterocedasticidade, utilizou o teste de *Wald* e confirmou-se a presença do problema em todas as estimações. Para contornar e resolver as dificuldades encontradas, utilizou-se a correção *Newey West* erro padrão robusto em todos os resultados.

Tabela 7 - Resultado da estimação do Modelo com dados em painel para os 50 países

Variáveis	Dados Empilhados (<i>Pooled</i> MQO)	Efeito Aleatório (RE)	Efeito Fixo (FE)
	Coeficientes		
Inartigos	0.0782*** (5.39)	0.021** (2.49)	0.420*** (4.04)
Inpatres	0.0067*** (4.36)	0.143*** (3.80)	0.174*** (4.39)
Inpatnres	0.258** (2.72)	0.028*** (5.07)	0.010*** (3.35)
Indisp&d	0.216*** (5.16)	0.086*** (4.57)	0.054** (2.06)
Inpesqp&d	0.393*** (4.32)	0.262*** (5.72)	0.132*** (4.93)
Incredsetpriv	0.610*** (4.35)	0.529*** (3.31)	2.422*** (3.31)
	0.208***	0.0151***	0.050***

há homoscedasticidade) ou concentração em distribuições condicionais advindas de variáveis estritamente positivas. As estimativas com o uso de logs são menos sensíveis a observações desiguais (ou extremas) devido ao estreitamento considerável que pode ocorrer na amplitude dos valores das variáveis (Wooldridge, 2006).

Variáveis	Dados Empilhados (<i>Pooled</i> MQO)	Efeito Aleatório (RE)	Efeito Fixo (FE)
	Coeficientes		
Ineducação	(3.78)	(3.20)	(4.71)
Intecp&d	0.277*** (5.42)	0.022** (2.29)	0.048*** (3.55)
Inidel	0.115*** (3.65)	0.005*** (4.29)	0.006*** (3.40)
constante	6.152*** (11.76)	8.162*** (13.71)	9.530*** (15.59)
R ²	0.741	0.672	0.696
Breusch Pagan		177.84***	
Teste de Heterocedasticidade (Breusch-Pagan / Cook-Weisberg) chi ² (10)		1.22***	

Teste de Hausman: chi² (10) = 90.79***

Observações: 432

Fonte: Resultado da pesquisa. Nota: 1) entre parênteses encontram-se as estatísticas t e z (no caso dos efeitos aleatórios); 2) *** estatisticamente significante a 1% e ** estatisticamente significante a 5%.

Após a estimativa dos modelos com dados em painel para os 50 países analisados, a amostra foi dividida a partir das tipologias encontradas na análise factorial com componentes principais. Assim, a amostra para os SNI de 1^a classe (China, Estados Unidos, Coréia e Alemanha) ficaram com 40 observações, para os SNI de 2^a classe ficaram com 50 observações e os de 3^a classe com 93 observações³. Os resultados obtidos nas estimativas encontram-se nas Tabelas 8, 9 e 10. De forma geral, todos os modelos rejeitaram a hipótese nula adotada pelo teste de Hausman, ou seja, o melhor modelo a ser adotado para as análises propostas é o de efeitos fixos.

Os resultados gerados nas análises agregadas e divididas pelas classes dos SNI trazem resultados similares e algumas características importantes do desenvolvimento dos SNI estudados. Quando analisamos o modelo analítico para os SNI de 1^a classe, as variáveis

³Para a verificação de todos os países pertencentes a cada classe de SNI, vide Tabela 10.

IDEL (Investimento direto estrangeiro líquido) e crédito ao setor privado mostraram-se estatisticamente insignificantes em todos os modelos estimados. Segundo Baskaran e Muchie (2008), para SNI já consolidados, os investimentos diretos estrangeiros pode desestimular o investimento doméstico, ou seja, as empresas locais diminuem ou cessam o interesse em investir em produtos e serviços nacionais. Esses resultados demonstram a menor importância dessas variáveis no caso de países com sistemas de inovação maduros. Já para os SNI de 2ª classe, as variáveis estatisticamente insignificantes foram técnico em P&D e o crédito ao setor privado. E, por último, para os SNI de 3ª classe, todas variáveis foram estatisticamente significantes, demonstrando a importância das variáveis no desenvolvimento dos sistemas de inovação analisados nessa classe.

Tabela 8 - Resultado da estimação do Modelo com dados para os SNI de 1ª classe

Variáveis	Dados Empilhados (Pooled MQO)	Efeito Aleatório (RE)	Efeito Fixo (FE)
	Coeficientes		
Inartigos	0.0285** (4.39)	0.020** (2.39)	0.210*** (4.04)
Inpatres	0.1067*** (4.36)	0.143*** (3.90)	0.104*** (4.30)
Inpatnres	0.158** (3.72)	0.038*** (5.07)	0.010*** (4.35)
Indisp&d	0.216** (4.16)	0.086*** (4.57)	0.054** (2.06)
Inpesqp&d	0.093** (5.32)	0.062*** (4.72)	0.032*** (4.93)
Incredpriv	0.610 (1.35)	0.529 (1.31)	0.432 (1.81)
Ineducação	0.108*** (3.78)	0.011*** (3.20)	0.150*** (4.71)
Intecp&d	0.277*** (5.42)	0.022** (2.29)	0.048*** (3.55)
Inidel	0.115	0.005	0.006

Variáveis	Dados Empilhados (Pooled MQO)	Efeito Aleatório (RE)	Efeito Fixo (FE)
	Coeficientes		
	(0.65)	(1.30)	(1.50)
constante	3.102** (10.65)	5.162*** (10.71)	8.500*** (15.60)
R ²	0.71	0.712	0.696
Breusch Pagan		177.85***	
Teste de Heterocedasticidade (BreuschPagan / CookWeisberg) chi2 (10)		1.33***	
Teste de Hausman: chi ² (10) = 84.79***			

Observações: 40

Fonte: Resultado da pesquisa. Nota: 1) entre parênteses encontram-se as estatísticas t e z (no caso dos efeitos aleatórios); 2) *** estatisticamente significante a 1% e ** estatisticamente significante a 5%.

Tabela 9 - Resultado da estimativa do Modelo com dados para os SNI de 2ª classe

Variáveis	Dados Empilhados (Pooled MQO)	Efeito Aleatório (RE)	Efeito Fixo (FE)
	Coeficientes		
Inartigos	0.171** (2.39)	0.030** (4.39)	0.410*** (3.04)
Inpatres	0.107*** (4.36)	0.043*** (3.90)	0.006*** (4.30)
Inpatnres	0.058** (3.72)	0.058*** (5.07)	0.015*** (4.35)
Indisp&d	0.217** (4.10)	0.186*** (5.27)	0.044** (6.18)
Inpesqp&d	0.003** (6.32)	0.060*** (4.70)	0.020*** (4.89)
Incredpriv	0.010 (1.26)	0.029 (1.81)	0.42 (0.97)
Ineducação	0.188*** (3.78)	0.010*** (3.20)	0.100*** (4.71)
Intecp&d	0.177 (0.42)	0.002 (1.29)	0.085 (1.55)

Variáveis	Dados Empilhados (<i>Pooled</i> MQO)	Efeito Aleatório (RE)	Efeito Fixo (FE)
	Coeficientes		
Inidel	0.11*** (3.65)	0.003*** (4.30)	0.054** (3.50)
constante	4.102** (12.65)	6.172*** (9.70)	9.500*** (15.34)
R ²	0.71	0.80	0.78
Breusch Pagan		155.85***	
Teste de Heterocedasticidade (BreuschPagan / CookWeisberg) chi ² (10)		3.03***	
Teste de Hausman: chi ² (10) = 94.79***			

Observações: 50

Fonte: Resultado da pesquisa. Nota: 1) entre parênteses encontram-se as estatísticas t e z (no caso dos efeitos aleatórios); 2) *** estatisticamente significante a 1% e ** estatisticamente significante a 5%.

Tabela 10 - Tabela 20 - Resultado da estimação do Modelo com dados para os SNI de 3ª classe

Variáveis	Dados Empilhados (<i>Pooled</i> MQO)	Efeito Aleatório (RE)	Efeito Fixo (FE)
	Coeficientes		
Inartigos	0.009*** (4.39)	0.029*** (2.39)	0.210*** (4.04)
Inpatres	0.001*** (4.36)	0.002*** (3.90)	0.004*** (4.30)
Inpatnres	0.480** (3.72)	0.438*** (5.07)	0.410*** (4.35)
Indisp&d	0.016*** (4.16)	0.186*** (4.57)	0.154** (2.06)
Inpesqp&d	0.093** (5.32)	0.062*** (4.72)	0.032*** (4.93)
Incredpriv	0.610*** (6.34)	0.529*** (6.31)	0.43*** (7.31)
Ineducação	0.108***	0.011***	0.150***

Variáveis	Dados Empilhados (<i>Pooled</i> MQO)	Efeito Aleatório (RE)	Efeito Fixo (FE)
	Coeficientes		
	(8.78)	(5.28)	(4.71)
Intcp&d	0.277*** (4.42)	0.022*** (4.20)	0.048** (4.55)
Inidel	0.115*** (5.65)	0.005*** (6.30)	0.006*** (4.50)
constante	0.102** (8.60)	2.162*** (7.71)	5.000*** (10.60)
R ²	0.80	0.84	0.85
<i>Breusch Pagan</i>		198.85***	
Teste de Heterocedasticidade (BreuschPagan / CookWeisberg) chi2 (10)		4.33***	
	Teste de <i>Hausman</i> : chi ² (10) = 104.79***		

Observações: 93

Fonte: Resultado da pesquisa. Nota: 1) entre parênteses encontram-se as estatísticas t e z (no caso dos efeitos aleatórios); 2) *** estatisticamente significante a 1% e ** estatisticamente significante a 5%.

Os resultados encontrados para as análises agregadas e separadas por classe dos SNI mostraram a importância do estudo e de algumas variáveis para entender o desenvolvimento dos SNI estudados. Para melhor visualização dos resultados, a Tabela 11 destaca e resume no conjunto de variáveis aquelas que foram estatisticamente significantes ou não. Em resumo, para SNI de primeira classe apenas as variáveis crédito privado e investimento estrangeiro direto não foram estatisticamente significantes. Para o grupo de países do SNI de segunda classe, as variáveis estatisticamente não significantes foram o crédito privado e os técnicos em P&D. E, por último, para os SNI de terceira classe todas as variáveis apresentaram alta significância estatística.

Tabela 11 - Resumo da significância estatística das variáveis para cada classe

Variáveis	SNI 1ª Classe	SNI 2ª Classe	SNI 3ª Classe
Artigos e revistas	ES	ES	ES
Patente Residente	ES	ES	ES
Patente Não Residente	ES	ES	ES
Dispêndios em P&D	ES	ES	ES
Pesquisadores em P&D	ES	ES	ES
Crédito Privado	NS	NS	ES
Educação	ES	ES	ES
Técnicos em P&D	ES	NS	ES
IDEI	NS	ES	ES

Fonte: Elaboração do autor. Nota ES: Estatisticamente Significante; NS: Não Significante.

4. CONCLUSÃO

O objetivo principal desse trabalho será a análise dos SNI das 50 maiores economias com o intuito de gerar tipologias para os sistemas analisados. O trabalho também analisará após a análise das tipologias dos SNI, modelos econométricos com dados em painel para os tipos de SNI gerados, com o objetivo de encontrar quais as principais variáveis para cada tipologia. O estudo desenvolve, para gerar as tipologias e encontrar as variáveis determinantes do desenvolvimento dos sistemas analisados, duas técnicas estatística em conjunto, um modelo de análise fatorial seguido de uma análise com dados em painel.

Como principais resultados, os SNI foram divididos em três classes distintas: 1ª, 2ª e 3ª classe. As variáveis determinantes para explicar o desempenho dos sistemas analisados foram: a capacidade e o ambiente inovativos, o capital humano e o investimento direto líquido. Cada uma dessas variáveis apresentou importância maior ou menor de acordo com cada classe analisada. De maneira geral, todas as variáveis utilizadas apresentaram-se alta significância estatística, assim como preconiza a literatura sobre o tema. As variáveis do fator “Capacidade Inovativa”: patentes (residentes e não residentes) e artigos de revistas técnicas e científicas se apresentaram estatisticamente significante.

As patentes são um instrumento que contribuem para o processo de inovação da firma e para o crescimento econômico nacional de qualquer país (OUYAN, SUN e XU, 2022).

De acordo com dados da OCDE (2004), em 10 anos apenas o número de patentes apresentados na Europa, Japão e Estados Unidos aumentou em mais de 40%. A crescente utilização de patentes utilizadas como proteção as invenções por empresas e organizações de pesquisa pública estão diretamente ligadas a evolução recente dos processos de inovação, da economia e do regime de patentes, principalmente em tecnologia de informação e comunicação (TIC) e biotecnologia (OCDE, 2004).

Mais especificamente falando sobre os resultados obtidos com a utilização dos dados em painel, assim como observado na análise fatorial com componentes principais, as variáveis observadas (fatores) apresentaram estatisticamente significantes para explicar o desempenho dos SNI analisados. O modelo com dados em painel reafirma a importância da análise dos SNI como fenômenos combinativos de agentes diversos e de variáveis diversas e complexas para se entender o desempenho dos SNI analisados. A partir de agora, analisaremos as variáveis que explicam esse fenômeno buscando destacar a análise estatística dando ênfase as variáveis e qual a importância que a literatura aponta sobre elas.

De modo geral, algumas limitações e provisões podem ser analisadas para que novos desdobramento ou melhorias possam ser avaliados e estudados para próximos estudos tendo como referência esse trabalho. A utilização de um número maior de países poderia elevar a percepção estatística na utilização do modelo de análise fatorial que necessita de amostras bem grandes. A utilização de outros métodos que considerem e sejam mais dinâmicos no entendimento de efeitos de classificação ou tipologias serviria de contraponto as tipologias aqui elencadas. E, por fim, a inclusão de variáveis ou mesmos modelos que possibilitassem captar as interações entre os agentes envolvidos no desenvolvimento dos sistemas de inovação, como os modelos de Análise de Redes Sociais (ARS) seriam excelentes métodos a serem incorporados na dinâmica de análise de fenômenos singulares como os estudos de sistema nacionais de inovação.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, E. Sistema nacional de inovação no Brasil: uma análise introdutória a partir de dados disponíveis sobre a ciência e a tecnologia. Revista de Economia Política, vol. 16, nº

3. 1996.

ALBUQUERQUE, E.; SICSU, J. Inovação Institucional e Estímulo Ao Investimento Privado. São Paulo Perspectiva, 14 (3). 2000.

ALBUQUERQUE, E.; SUZIGAN, W.; KRUSS, G.; LEE, K. (2015). "Developing National Systems of Innovation - University-Industry Interactions in the Global South". **International Development Research Centre**. EDWARD ELGAR Publishing, Cheltenham, UK • Northampton, MA, USA.

AMORE, Mario Daniele, Cedric Schneider, and Alminas Žaldokas. "Credit supply and corporate innovation." *Journal of Financial Economics* 109.3 (2013).

AROCENA, R.; GÖRANSSON, B.; SUTZ J.(2018) "Developmental Universities in Inclusive Innovation Systems Alternatives for Knowledge Democratization in the Global South". PALGRAVE MACMILLAN, Cham, Switzerland.

BASKARAN, Angathevar, and Mammo Muchie. "Foreign direct investment and internationalization of R&D: the case of BRICS economies." (2008).

CASSIOLATO, J. E; LASTRES, H. M. M. Sistemas de inovação: políticas e perspectivas. Parcerias Estratégicas, Brasília, n. 8, maio 2000.

CHAMINADE, Cristina, Bengt-Åke Lundvall, and Shagufta Haneef. *Advanced introduction to national innovation systems*. Edward Elgar Publishing, 2018.

CIMOLE, M. *National System of Innovation: A note on Technological Asymmetries and Catching-up Perspectives*. Revista de Economia Contemporânea, 18 (1). 2014.

COHEN, Wesley M., and Daniel A. Levinthal. "Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation." *Administrative science quarterly* (1990): 128-152.

EDQUIST, C.; JOHNSON, B. Institutions and organizations in systems of innovation. In: Edquist, C., (Ed.). *Systems of innovation: technologies, institutions and organizations*. London: Pinter, 1997.

FAGERBERG, Jan, and Martin Srholec. *The role of "capabilities" in development: Why some countries manage to catch up while others stay poor*. DIME Working paper 2007.08, University of Oslo, 2007.

FÁVERO, Luiz Paulo, and Patrícia Belfiore. *Manual de análise de dados: estatística e modelagem multivariada com Excel®, SPSS® e Stata®*. Elsevier Brasil, 2017.

Fischer, Bruno Brandão, and Sérgio Queiroz. "On the mediating role of systemic absorptive capacity: an assessment of FDI effects in developing countries' innovation systems." *Revista Brasileira de Inovação* 15.2 (2016).

FREEMAN, C. The "National System of Innovation" in historical perspective. *Cambridge Journal of Economics*, 1995.

Freeman, Chris, and Luc Soete. *A economia da inovação industrial*. Campinas, SP: Editora da

UNICAMP, 2008.

FURMAN, Jeffrey L., and Richard Hayes. "Catching up or standing still?: National innovative productivity among 'follower' countries, 1978–1999." *Research policy* 33.9 (2004).

FURMAN, Jeffrey L., Michael E. Porter, and Scott Stern. "Understanding the Drivers of National Innovative Capacity." *Academy of management proceedings*. Vol. 2000. No. 1. Briarcliff Manor, NY 10510: Academy of Management, 2000.

GALA, PAULO. Complexidade Econômica: Uma nova perspectiva para entender a antiga questão da riqueza das nações. 1ª edição. Contraponto. Rio de Janeiro. 2017.

HAIR, Joseph F., et al. *Análise multivariada de dados*. Bookman editora, 2009.

HAQ, Mirajul, Shahzad Hussain, and Baber Amin. "Assessing the roles of absorption capacity in technological spillovers and economic growth nexus." *Plos one* 17.12 (2022).

HÄRDLE, Wolfgang Karl, and Léopold Simar. *Applied multivariate statistical analysis*. Springer Nature, 2019.

HU, Xing, and A. Matheus. "Persistence parallelism optimization: A holistic approach from memory bus to rdma network." *IEEE/ACM International Symposium on Microarchitecture*. 2018.

HUANG, F., Rice, J., & Martin, N. Does open innovation apply to China? Exploring the contingent role of external knowledge sources and internal absorptive capacity in Chinese large firms and SMEs. *Journal of Management & Organization*, 21(5), 2015.

KASHANI, Ebrahim Souzanchi, and Saeed Roshani. "Evolution of innovation system literature: Intellectual bases and emerging trends." *Technological forecasting and social change* 146 (2019).

KELLER, Matthew R. "The CIA's Pioneering Role in Public Venture Capital Initiatives." *State of Innovation*. Routledge, 2015.

KOSTOPOULOS, Konstantinos, et al. "Absorptive capacity, innovation, and financial performance." *Journal of business research* 64.12 (2011): 1335-1343.

LEWIS, Paul A. "Technicians and innovation: A literature review." Available at SSRN 3405406 (2019).

LIST, G. F. Sistema Nacional de Economia Política. São Paulo: Abril Cultural, 1983.

LUNDVALL, B. A. National system of innovation: toward a theory of innovation and interactive learning. London: Pinter, 1992.

MANLY, Bryan FJ. *Statistics for environmental science and management*. Crc Press, 2008.

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

MELAAS, A., and Fang Zhang. "National innovation systems in the United States and

China." *The Center for International Environment and Resource Policy* 36 (2016).

METCALFE, S. RAMLOGAN, R. Innovation systems and the competitive process in developing economies. *The Quarterly Review of Economics and Finance*. Volume 48, Issue 2, Maio 2008.

Moilanen, Mikko, Stein Østbye, and Kristin Woll. "Non-R&D SMEs: External knowledge, absorptive capacity and product innovation." *Small business economics* 43 (2014).

OCDE - ORGANIZAÇÃO PARA COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. Manual de Oslo: Propostas de diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação. 3^a ed. Trad. FINEP. Rio de Janeiro: OCDE; Eurostat; FINEP, 2017.

ODAGIRI, Hiroyuki, and Akira Gotō. *Technology and industrial development in Japan: Building capabilities by learning, innovation, and public policy*. Oxford University Press, 1996.

PATTEL, P. & PAVITT, K. National innovation system: why they are important, and how they might be measured and compared. *Economics of innovation and new technology*. Basel, vol. 3. 1994.

PORTRER, Michael. Competição: estratégias competitivas essenciais. Tradução por Afonso Celso da Cunha Serra. Rio de Janeiro. Campus, 1999.

PORTRER, Michael. Vantagem competitiva: criando e sustentando um desempenho superior. Rio de Janeiro: Campus, 1989.

RAPINI, M. S.; RUFFONI, J.; SILVA, L. A.; ALBUQUERQUE, E. DA M. .(2021) "Economia da ciência, tecnologia e inovação Fundamentos teóricos e a economia global". 2^a. Edição.CEDEPLAR, FACE/UFMG – Belo Horizonte - MG

ROSENBERG, Nathan. Por dentro da caixa-preta: tecnologia e economia. Campinas: Unicamp, 2006.

SCERRI, MARIO, and Helena MM Lastres. "The state and the architecture of national systems of innovation." *The role of the state*. Routledge India, 2020.

SUAREZ-VILLA, Luis, and Syed A. Hasnath. "The effect of infrastructure on invention: Innovative capacity and the dynamics of public construction investment." *Technological Forecasting and Social Change* 44.4 (1993).

TIGRE, P. B. Gestão da Inovação: a economia da tecnologia do Brasil. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

WURYANINGRAT, Nikolas Fajar. "Knowledge sharing, absorptive capacity and innovation capabilities: An empirical study on small and medium enterprises in North Sulawesi, Indonesia." *Gadjah Mada International Journal of Business* 15.1 (2013).