

MARCELO DOS SANTOS DA SILVA

SISTEMA NACIONAL DE INOVAÇÃO E DESEMPENHO DO SETOR EXTERNO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Economia para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2011

MARCELO DOS SANTOS DA SILVA

SISTEMA NACIONAL DE INOVAÇÃO E DESEMPENHO DO SETOR EXTERNO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Economia para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 15 de março de 2011.

Prof^a. Silvia Harumi Toyoshima

Prof. Marcelo José Braga

Prof. Evaldo Henrique da Silva
(Orientador)

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para minha formação pessoal e intelectual, dedico.

“Se encontrares um caminho sem
obstáculos, pensa que talvez não te leve a
nenhum lugar.”

(Autor desconhecido)

AGRADECIMENTOS

Agradeço com todas as honras e devoção a Deus, por ter me proporcionado vencer mais esta etapa de minha vida e guiar meus passos como ser humano e profissional. A fé em Deus é elemento essencial em minha vida.

Aos meus pais, José Maria e Linda, e à minha irmã, Alciana, por todos esses anos de apoio incondicional, convivência e solidariedade. Sem a educação familiar que possuo e o aprendizado que ainda obtenho deles, não seria a pessoa que sou hoje.

À minha namorada Priscila, por tudo que tem feito e representa para mim, por seus conselhos e vasta experiência compartilhada. Dotada de uma energia muito grande e espírito cativante, faz-me perceber meu verdadeiro potencial e tornar-me um pessoa melhor. Desejo-lhe todo o bem e sucesso deste mundo, pois você luta bastante por isso!

Ao professor Evaldo Henrique, por toda a orientação, ideias, recomendações sempre coerentes, o apoio, a confiança, a amizade, a descontração e tudo o mais. Desejo-lhe muito sucesso.

Aos meus co-orientadores, professor Orlando e professora Elaine, por procurarem saber da minha evolução. Menciono ainda que o auxílio desta última foi de suma importância na construção da metodologia inovadora de construção de índices desta pesquisa.

À professora Silvia por ter aceitado o convite de ser debatedora em meu seminário de dissertação. Suas contribuições foram bastante relevantes e pertinentes ao meu tema de pesquisa, assim como na organização e estruturação

do estudo. Agradeço ainda sua concordância na marcação da defesa de dissertação em um período relativamente curto no tocante ao tempo hábil à leitura da mesma.

Ao professor Marcelo Braga por sua receptividade e interesse em participar de minha banca de defesa de dissertação. Agradeço sua concordância na marcação da banca de defesa em um período relativamente curto no tocante ao tempo hábil à leitura da mesma.

Ao professor Sidney, por todos os conselhos, apontamentos e dicas em relação às oportunidades acadêmicas e profissionais que um mestrando em economia pode vislumbrar.

Aos professores com os quais tive menos contato, deste e do departamento de Economia Rural, mas que assim mesmo merecem agradecimentos e respeito por suas contribuições aos alunos e ao programa.

Aos(às) amigos(as) de turma de mestrado que comigo entraram no programa no período de verão de 2009: Bruno, Jefferson, Vinícius, Rodrigo, Nei, Ednando, Mirian, Aline Cunha, Juliana, Daiana e Wesley. Foi gratificante e edificante ter passado ótimos momentos com vocês. Não irei pormenorizar a relação com cada um(a), pois poderia esquecer ou favorecer algum(a) ou outro(a). Meu muito obrigado a estes(as) jovens promissores(as). Meus sinceros votos de sucesso!

Aos(as) veteranos(as) com os(as) quais tive contato e que foram igualmente importantes: João, Vitor, Gustavo, Lilian, Gisele, Airton, Gillian, Baiano, Gil, Luckas, Cristóvão e Breno. Ótimo futuro a vocês! Caso tenha esquecido algum nome até agora, perdoem-me.

Aos(às) calouros(as) que ingressaram no curso desde minha turma, em especial Adriano meu filho, Vinícius, Sinop, Marcelo “Ponte Nova”, John, Grego, Priscila “mineira”, Patrícia, Samuelson, Udi, Thiago e Josi.

Aos amigos sempre parceiros e solícitos que concluíram o mestrado na Unicamp, Daniel e Rafael. Obrigado por todos os momentos de descontração e apoio.

Ao amigo e mineiro gente fina, Miguel, sempre companheiro e dotado de um carisma sem igual. Obrigado pelo esforço e favores dispensados em relação à minha pessoa. Um abraço aos demais componentes da *Máfia*, pelos quais tenho sempre muito carinho: Paulinha, Tomás e Adriano.

Aos conterrâneos que residem em Vitória que sempre me ofereçam abrigo e companhia quando precisei: Lili, Rodolpho, Thiago e Rodrigo.

Aos amigos(as) de Itarana, cidade sempre em meu coração: madrinha Josélia, sua mãe Geraldina, seu pai Delfino (*in memoriam*), André, Anderson, Amália, Gabriela, Tio Ito, Memorina, e tantos outros que merecem meu respeito e admiração. Um muito obrigado ainda aos vários parentes de Itaguaçu e Vitória.

Aos funcionários do DEE-UFV, sempre prontos a servir estudantes e professores: Seu Gabriel, Luiz Franco, Ana, Luiz, Zé Geraldo e Armando.

Aos demais funcionários de outras repartições da renomada Universidade Federal de Viçosa, por seus relevantes serviços prestados à minha formação acadêmica.

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES	ix
LISTA DE QUADROS	x
LISTA DE TABELAS	xi
RESUMO	xiii
ABSTRACT	xv
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	1
1.2 O PROBLEMA E SUA IMPORTÂNCIA	5
1.2 HIPÓTESE.....	10
1.3 OBJETIVOS	10
1.3.1 Objetivo Geral	10
1.3.2 Objetivos Específicos	10
2 SISTEMA NACIONAL DE INOVAÇÃO: ARCABOUÇO TEÓRICO, TENTATIVAS DE MENSURAÇÃO E SETOR EXTERNO	12
2.1 CONCEITOS E DEFINIÇÕES SOBRE SNI	12
2.2 TENTATIVAS DE MENSURAÇÃO DO SNI: CONTRIBUIÇÕES E LIMITAÇÕES.....	18
2.3 SNI, COMPETITIVIDADE E SETOR EXTERNO DA ECONOMIA.....	24
3 METODOLOGIA	29
3.1 VARIÁVEIS E FONTE DE DADOS	29
3.2 CONSTRUÇÃO DOS ÍNDICES DE DESENVOLVIMENTO	38
3.2.1 Análise Fatorial	39
3.2.2 Metodologia dos índices de desenvolvimento	41
3.3 DESEMPENHO ECONÔMICO EXTERNO E SNI	44

4 SISTEMAS NACIONAIS DE INOVAÇÃO DA OCDE E DESEMPENHO DO SETOR EXTERNO	46
4.1 ANÁLISE DESCRITIVA DAS VARIÁVEIS DO IPDS E IDS.....	46
4.2 ESTIMAÇÃO DOS FATORES COMUNS.....	50
4.3 RANQUEAMENTO E ASSOCIAÇÃO DOS SNI AO DESEMPENHO EXTERNO DA ECONOMIA	58
4.4 ANÁLISE DE DISPERSÃO ENTRE SNI E DESEMPENHO DO SETOR EXTERNO ..	68
5 CONCLUSÃO	78
6 REFERÊNCIAS	85
APÊNDICE A - Testes de ortogonalidade dos fatores comuns	90
APÊNDICE B – Resultados para Análise Fatorial estimada a partir de um modelo <i>pooled</i>, anos 1997 e 2007	91
APÊNDICE C – Regressões múltiplas entre IPDS e as variáveis de SNI, método de mínimos quadrados ordinários (MQO)	92
APÊNDICE D – Regressões simples entre IDS e as variáveis de setor externo, método dos mínimos quadrados ordinários (MQO)	93

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1: Associação entre IDS e balança comercial, ano 1997.....	69
Gráfico 2: Associação entre IDS e transações correntes, ano 1997.....	70
Gráfico 3: Associação entre IDS e exportação de bens de alto conteúdo tecnológico, ano 1997.....	71
Gráfico 4: Associação entre IDS e balança comercial, ano 2007.....	72
Gráfico 5: Associação entre IDS e transações correntes, ano 2007.....	73
Gráfico 6: Associação entre IDS e exportação de bens de alto conteúdo tecnológico, ano 2007.....	74

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Variáveis representativas de SNI.....	31
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Análise descritiva das variáveis de SNI, ano 1997.....	46
Tabela 2: Análise descritiva das variáveis de SNI, ano 2007.....	48
Tabela 3: Fatores obtidos pelo método de Componentes Principais, ano 1997.....	51
Tabela 4: Resultados da Análise Fatorial, ano 1997.....	52
Tabela 5: Fatores obtidos pelo método de Componentes Principais, ano 2007.....	54
Tabela 6: Resultados da Análise Fatorial, ano 2007.....	55
Tabela 7: Associação entre grau de desenvolvimento dos SNI da OCDE e desempenho externo, ano 1997.....	59
Tabela 8: Associação entre grau de desenvolvimento dos SNI da OCDE e desempenho externo, ano 2007.....	64
Tabela A1: Matriz de variância e covariância dos fatores comuns, o ano 1997.....	90
Tabela A2: Matriz de variância e covariância dos fatores comuns, ano 2007.....	90

Tabela B1: Fatores obtidos pelo método de Componentes Principais.....	91
Tabela B2: Resultados da Análise Fatorial para o modelo <i>pooled</i>	91
Tabela C1: Regressão múltipla entre IPDS e as variáveis de SNI, ano 1997.....	92
Tabela C2: Regressão múltipla entre IPDS e as variáveis de SNI, ano 2007.....	92
Tabela D1: Regressão simples entre balança comercial e IDS, ano 1997.....	93
Tabela D2: Regressão simples entre transações correntes e IDS, ano 1997.....	93
Tabela D3: Regressão simples entre exportação de bens de alto conteúdo tecnológico e IDS, ano 1997.....	93
Tabela D4: Regressão simples entre balança comercial e IDS, ano 2007.....	93
Tabela D5: Regressão simples entre transações correntes e IDS, ano 2007.....	94
Tabela D6: Regressão simples entre exportação de bens de alto conteúdo tecnológico e IDS, ano 2007.....	94

RESUMO

SILVA, Marcelo dos Santos da, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2011, **Sistema nacional de inovação e desempenho do setor externo**. Orientador: Evaldo Henrique da Silva. Coorientadores: Elaine Aparecida Fernandes e Orlando Monteiro da Silva.

Este estudo possui como objetivo realizar duas formas de associação entre o grau de desenvolvimento tecnológico de 31 países da OCDE, representado pelo conceito dos Sistemas Nacionais de Inovação (SNI), e o desempenho de suas contas externas, reunindo balança comercial, transações correntes e exportação de bens de alto conteúdo tecnológico. As duas formas de associação são ranqueamento dos SNI e análise gráfica de dispersão, para os anos de 1997 e 2007, tratados independentemente. Em termos da realização destas associações, foram selecionadas nove variáveis representativas das instituições correlatas ao conceito restrito de Sistema Nacional de Inovação de Nelson (1993; 2006) – patentes, gastos em P&D, percentual de pesquisadores, acesso à internet, acesso a telefone, PIB *per capita*, gastos com educação, artigos publicados e crédito doméstico ao setor privado –, às quais foi aplicada a metodologia de Análise Fatorial via Componentes Principais. Dois índices inéditos foram estimados para análise das associações propostas, envolvendo: o uso dos escores fatoriais ortogonais gerados na Análise Fatorial; e regressão múltipla por mínimos quadrados ordinários (MQO) entre o primeiro índice e os valores das variáveis originais de sistema de inovação, respectivamente. O primeiro índice, denominado Índice Parcial de Desenvolvimento do Sistema, foi utilizado no ranqueamento. Este serviu de orientação para a investigação tabular sobre a relação desenvolvimento do SNI e desempenho econômico externo. O segundo, denominado Índice de Desenvolvimento do

Sistema, foi utilizado na associação gráfica de dispersão. Os índices conseguiram captar muito bem as características de todos os SNI, permitindo revelar uma associação de mesma direção entre a análise por ranqueamento e a gráfica: a de que o aparato institucional nacional de fomento à geração e ao desenvolvimento de inovações e novas tecnologias não é fortemente correlacionado com o desempenho das contas externas consideradas, mesmo que todas as correlações sendo positivas. A correlação gráfica de dispersão entre ambos não chega a ser nula para os anos, mas decresce em magnitude considerável do ano de 1997 para o de 2007. Assim, o desenvolvimento tecnológico de cada um dos 31 países da OCDE, sintetizado nesta pesquisa pelo conceito de Sistemas Nacionais de Inovação, não é crucial ou absoluto na determinação dos saldos em balança comercial e transações correntes e no percentual de produtos de alta intensidade tecnológica exportados.

ABSTRACT

SILVA, Marcelo dos Santos da, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, March, 2011, **National systems of innovation and external performance**. Adviser: Evaldo Henrique da Silva. Co-Advisers: Elaine Aparecida Fernandes and Orlando Monteiro da Silva.

The aim of this research is to make two association forms between technological development rate of 31 OECD countries, based on National Innovation System (NIS) theory, and external accounts, represented by trade balance, current account and high-technology exports. The two association forms are NIS ranking and dispersion analysis for years 1997 and 2007 independently considered. In terms of these associations, nine representative variables of Nelson's (1993; 2006) narrow NIS concept – patents, R&D expenditure, researches, internet penetration, telephone penetration, GPD per capita, education expenditure, published articles and domestic credit to private sector –, were selected and submitted to Factor Analysis with Principal Components. Two unpublished index were estimated for the proposed associations, involving orthogonal factor scores from Factor Analysis and multiple regression by OLS method among the first index and the NSI original variables, respectively. The first index, called Partial Development System, was used in the 31 NSI ranking. This index served in orientation to tabular inquiry about the relationship between NSI development and external performance. The second index, called Development System, was used in dispersion analysis. The indexes captured very well features of all NIS, revealing an association of same direction between ranking and graphics: the national institutional structure that promotes generation and development of innovations and new technologies is not strongly correlated with national external performance through all correlations are positive. The graphical

correlation between both is not null for 1997 and 2007, but it decreases at considerable magnitude between them. Therefore, technological development of one country from OECD, represented in this research by NIS concept, is not crucial or absolute on determination of balances on trade balance and current account and high-technology exports.

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Coube a Friedrich List (1986) a primeira grande contribuição para o conceito de sistemas de inovação, uma visão trabalhada a partir de medidas que estimulassem o desenvolvimento tecnológico em nível nacional. Pode-se afirmar que este autor praticamente inaugura os trabalhos no conceito que haveria de ser chamado após a década de 1970 de Sistema Nacional de Inovação (SNI)¹. Archibugi e Michie (1997) atribuem a List a origem do conceito de SNI. Este autor trata de alguns assuntos pertinentes ao incentivo da industrialização alemã e a formulação de políticas de desenvolvimento tecnológico que contemplassem a aceleração do crescimento econômico.

A busca pela explicação para diferentes níveis de produto e renda dos países ganhou maior importância no campo investigativo do desenvolvimento tecnológico após a derrocada do franco crescimento continuado dos países capitalistas verificado entre as décadas de 1940 e 1970, principalmente aquele relativos aos Estados Unidos e países europeus.

É importante mencionar que após a elevação da economia japonesa à potência econômica e tecnológica, a perda de competitividade de alguns setores tecnológicos norte-americanos, e a redução do crescimento econômico dos Estados Unidos e dos países europeus, ocorridos na década de 1970, alguns estudos foram realizados acerca da importância do desenvolvimento de novas tecnologias e inovações por parte das firmas e outras instituições nacionais, tais como universidades e centros de pesquisa, treinamento e aperfeiçoamento de pessoal envolvido com pesquisa e desenvolvimento (P&D), para o crescimento do produto e a melhoria do bem-estar da população. A discussão ganhou maior importância a partir da inclusão de países como Coreia do Sul e Taiwan nas diretrizes de pesquisa, devido à aceleração de seu crescimento econômico e diminuição do *gap* tecnológico para os países centrais (SBICCA; PELAEZ, 2006).

¹ Freeman e Soete (2008) mencionam que o nome do livro de List (1986), *Sistema Nacional de Economia Política*, poderia ser facilmente alterado para “Sistema Nacional de Inovação”. Segundo os autores, List (1986) antecipou vários assuntos relacionados às recentes teorias sobre SNI.

Para estudar esses eventos econômicos de relevância mundial, três abordagens seminais sobre o conceito de SNI foram formuladas nas décadas de 1980 e 1990. Os estudos iniciais, fundamentais para consolidação da literatura dos sistemas de inovação nacionais, são oriundos das contribuições de Freeman (1987), Nelson (1993; 2006), e Lundvall (1992; 2010). Segundo Archibugi e Michie (1997), Freeman (1987) introduz o conceito de SNI a fim de estudar e interpretar os determinantes do desenvolvimento tecnológico japonês. A maioria dos autores de referência desta pesquisa se baseia nessas três abordagens como referencial teórico de suas contribuições.

Nelson (1993; 2006) considera em sua abordagem aspectos relativos aos incentivos e investimentos em ciência e tecnologia (C&T), os quais incluem educação em vários níveis, pesquisa, treinamento, serviços tecnológicos, informação, propriedades intelectuais e formas de financiamento à inovação. Além disso, estímulos à geração de inovações por meio de gastos em P&D e atuação de universidades e pesquisadores são considerados. Já as abordagens de Freeman (1987) e Lundvall (1992; 2010) adicionam outras perspectivas aos sistemas de inovação, como os fatores relacionados à demanda, à geopolítica nacional e sua relação com outros países, à estrutura macroeconômica, às tradições culturais e sociais, ao sistema financeiro e à representação e regulação do ambiente econômico e empresarial².

Considerando-se as três abordagens de SNI, a abordagem de Nelson (1993; 2006) apresenta-se como a mais restrita ou menos abrangente da teoria dos sistemas de inovação. Ao estudar as relações de produção e desenvolvimento tecnológico por instituições-chaves, como universidades, centros de pesquisa públicos e privados, e laboratórios industriais de P&D, torna sua linha de pesquisa estritamente relacionada aos sistemas de ciência e tecnologia (C&T) dos países, ao nível de desempenho econômico e às condições de financiamento de inovações e novas tecnologias.

Nelson (2006) trata a produção de conhecimento e inovações pelas firmas nacionais como um fator-chave na explicação da existência de uma competitividade forte ou fraca da indústria em geral, pois desde que as firmas possuam aptidões tecnológicas de caráter nacional, é possível, por meio de ações e políticas de apoio

² Outros comentários acerca das três abordagens, assim como as principais características que embasam cada uma delas, encontram-se no capítulo 2 desta pesquisa.

também nacionais, fomentar o incentivo à produção de bens de maior conteúdo tecnológico e, por conseguinte, de maior valor de mercado. A competitividade em questão deve ser considerada tanto dentro como fora das fronteiras nacionais, esta última identificada por meio de superávits na balança comercial (JAYME JR; RESENDE, 2009).

Portanto, para Nelson (1993; 2006), o progresso técnico, econômico e a competitividade não é relativo somente às ações inovadoras da firma, mas ainda à ação de universidades, instituições financeiras, Estado e gestores de políticas públicas e centros de pesquisa. Para Sbicca e Pelaez (2006), em resumo, o SNI, além de contribuir para a redução do hiato tecnológico entre países, no caso daqueles que não alcançaram a fronteira tecnológica mundial³, é composto por instituições que, interagindo entre si, fomentam o desenvolvimento sistêmico da inovação⁴.

Sobre a relação SNI e desenvolvimento produtivo de um país, Andersen (2010) propõe estudar as atividades produtivas e de mercado como uma alternativa ao uso do foco na P&D. Assim, baseando-se na abordagem ampla de SNI proposta por Lundvall (1992; 2010), considera as relações entre o direcionamento dos esforços em inovação e as taxas desta atividade, a produção e os padrões de interação dos países para o estudo dos SNI. O autor ainda revela a existência de uma relação estreita entre inovação, produção e competitividade das firmas. Para De Negri, Salerno e Castro (2005), autores que adotam a abordagem ampla de SNI, a inovação tecnológica é um dos elementos cruciais para o crescimento da competitividade das firmas nacionais e o desenvolvimento industrial. A inovação, fomentada pelas interações institucionais presentes em um SNI, é um modo estratégico de as firmas auferirem maiores retornos ou ganhos sobre o capital produtivo investido.

Archibugi e Michie (1997), ao basear sua contribuição na abordagem de Nelson (1993; 2006), afirmam que países malsucedidos na exploração da P&D e do aparato técnico e científico responsável pela implementação de inovações podem se

³ Archibugi e Michie (1997) reconhecem que apenas poucos países avançados ou economicamente desenvolvidos possuem a P&D industrial como peça fundamental de seus sistemas de inovação.

⁴ É importante ressaltar que a inovação deve ser considerada como um componente social do crescimento do SNI e do produto nacional e um processo não linear, ou seja, não segue padrões previamente especificados como início em atividades de pesquisa básica para posterior inserção no mercado. Entre outros, envolve processos interativos entre áreas das ciências, do aprendizado, da produção e da política industrial e tecnológica.

encontrar no que os autores denominam de *armadilha do subdesenvolvimento*, com redução da produtividade da economia e da competitividade de suas firmas. Além disso, historicamente o SNI desempenha papel crucial na consolidação das vantagens competitivas de uma economia, ao proporcionar um aparato tecnológico relativo maior e melhor do que o de outras economias que não o desenvolveram.

As referências apresentadas permitem concluir que o investimento em aptidões tecnológicas, conhecimento e inovações e o aumento da competitividade das firmas nacionais estão intimamente ligados ao conceito de Sistema Nacional de Inovação. Sobre este ponto, a lista dos autores com estudos no tema é vasta: Albuquerque (1996, 1999), Melo (1996), Archibugi e Michie (1997), Alcorta e Peres (1998)⁵, Sbicca e Pelaez (2006) Castellacci e Archibugi (2008), Fagerberg e Srholec (2008), Jayme Jr. e Resende (2009), dentre outros. Dentre esses trabalhos, destaca-se o de Jayme Jr. e Resende (2009), o qual investiga a relação SNI e desempenho econômico externo dos países-membros da OCDE.

Jayme Jr. e Resende (2009), ao considerar a abordagem de Nelson (1993; 2006) como base teórica para definição de seu problema de pesquisa, afirmam existir uma estreita relação entre SNI, competitividade das firmas nacionais e desempenho da balança comercial. A organização e contínuo desenvolvimento do SNI, ao afetar o padrão tecnológico da produção, credenciam países em desenvolvimento a se aproximar cada vez mais da fronteira tecnológica mundial. Com isso, a competitividade de suas firmas aumenta, proporcionando maior diversificação de sua pauta de exportações, a partir da inclusão de produtos de alto conteúdo tecnológico.

Segundo Jayme Jr. e Resende (2009), o grau de desenvolvimento do SNI afeta o nível de sofisticação tecnológica dos bens e serviços produzidos, apresentando desdobramentos positivos sobre as exportações de um país. A relação entre os agentes do sistema é tão importante, que uma fraca interação sistêmica, assim como investimentos insuficientes em tecnologia e geração e difusão de conhecimentos, não garantem maior competitividade às firmas nacionais,

⁵ Alcorta e Peres (1998) citam várias abordagens de sistemas de inovação, mas utilizam a estrutura de SNI proposta por Freeman (1987).

comprometendo ou prejudicando seu desempenho no mercado interno e, principalmente, sua inserção em mercados já consolidados⁶.

A próxima subseção contém indicações acerca do problema de pesquisa e apresenta algumas contribuições relacionadas ao tema a ser investigado neste estudo, o qual é direcionado a discutir a influência do grau de desenvolvimento do SNI no desempenho das contas externas nacionais.

1.2 O PROBLEMA E SUA IMPORTÂNCIA

A discussão realizada nas considerações iniciais tem por objetivo realçar a importância de se investigar Sistema Nacional de Inovação como arranjo institucional responsável por coordenar e promover o desenvolvimento tecnológico e inovativo do país, na condição de sistema produtor de tecnologia⁷. No entanto, o desenvolvimento tecnológico de um país, por hipótese, influencia saldos positivos em balança comercial ou transações correntes, por exemplo, do setor externo da economia.

Sendo este o grande objetivo e contribuição desta pesquisa, isto é, evidenciar a relação entre grau de desenvolvimento do SNI e desempenho do setor externo, a grande questão que se coloca ao pesquisador é aquela vinculada à mensuração da produção tecnológica e capacidade inovativa das instituições de um país a fim de relacioná-la aos saldos de suas contas externas. Além disso, outra dificuldade, notadamente de cunho metodológico, traduz-se na escolha da quantidade de parâmetros e das variáveis representativas de SNI e de setor externo, conjugado ao método a ser utilizado para correlacioná-las e permitir inferências acerca dos resultados encontrados.

Com relação às referências citadas sobre SNI na página anterior, algumas se propuseram a mensurar sistemas de inovação como meio de classificação de países quanto a níveis de tecnologia, objetivando tecer considerações acerca da

⁶ Não estimula, ainda, em muitas ocasiões, a procura das firmas pela abertura de novos nichos de mercado.

⁷ Nesta pesquisa, desenvolvimento tecnológico e grau do desenvolvimento do SNI serão considerados conceitos correlatos, devido à enorme importância do segundo conceito na determinação do nível do primeiro. No entanto, saliente-se que o impacto desenvolvimento do SNI na produção de tecnologia não é linear, não apresentando, na maioria das vezes, correlações próximas à unidade.

importância de se estudar SNI, difusão do conhecimento e crescimento do produto e renda. Outro, de Jayme Jr. e Resende (2009), investigou, para países da OCDE, a relação entre SNI, diversificação da pauta de exportações e saldos positivos em contas de setor externo, além de elevado patamar de exportação em produtos de alta e média tecnologia. Merecem destaque, dentre os estudos de mensuração, os trabalhos de Castellacci e Archibugi (2008) e Fagerberg e Srholec (2008), os quais enfatizam a mensuração e classificação de SNI, e o de Jayme Jr. e Resende (2009).

Castellacci e Archibugi (2008) realizam para os períodos de 1987-1990 e 1997-2000 uma classificação de 131 países em grupos de conhecimento, a fim de organizá-los de acordo com a maior semelhança de padrão tecnológico e produção de conteúdo inovativo. Para isso, são relacionadas oito variáveis correlacionadas com o conceito restrito de SNI⁸. As variáveis passam pelos métodos multivariados de Análise Fatorial e de Agrupamentos, a fim de proporcionarem a divisão dos países da pesquisa em grupos homogêneos para investigação de indícios da existência ou não de convergência tecnológica entre os mesmos.

Fagerberg e Srholec (2008) pesquisam SNI, capacidades nacionais e desenvolvimento econômico, em uma abordagem bastante ampla do conceito, reunindo o referencial teórico encontrado em Freeman (1987) e Lundvall (1992; 2010). Para tanto, selecionam 25 variáveis consideradas endógenas à investigação dessas capacidades. Algumas são patentes, publicações científicas, telecomunicações, internet, computadores, corrupção, lei e ordem, acesso a crédito bancário, entre outras. Prevendo a ocorrência de viés por variável omitida, relacionam outras 13, consideradas exógenas e responsáveis por refletir as particularidades existentes em cada um dos 115 países selecionados⁹, no período de 1992-1994 e 2002-2004.

O leque de variáveis apresentado demonstra a dificuldade encontrada para se determinar a mensuração de um SNI por meio de uma quantidade fixa ou pré-determinada de dados. Como enfatizam Fagerberg e Srholec (2008), não existe um consenso sobre como os SNI devem ser definidos e estudados empiricamente, tornando sua mensuração um tipo particular de estudo empírico. O uso de apenas variáveis de instrução técnica e gastos em P&D, por exemplo, não é suficiente para

⁸ As variáveis são: patentes; artigos científicos; acesso à internet; acesso a telefonia; consumo de eletricidade; matrículas em disciplinas de ciências e engenharia; média de anos de escolaridade; e taxa de alfabetização. Maiores detalhes sobre o estudo constarão no capítulo 2 desta pesquisa.

⁹ O conjunto das variáveis pode ser consultado em Fagerberg e Srholec (2008, p. 1420-21 e 1425).

concentrar todas as características de um SNI. Contudo, torna-se uma grande dificuldade incorporar outros fatores à análise, como aprendizado e setor financeiro, fazendo com que muitas pesquisas mensurem termos puramente quantitativos (FREEMAN; SOETE, 2008). Por outro lado, um agravante que pode dificultar sobremaneira trabalhos deste tipo é sua extensão a países em desenvolvimento, devido a empecilhos oriundos da disponibilidade de dados.

No entanto, como bem salientou Albuquerque (1996), a construção institucional de um SNI permite abordagens empíricas diferentes¹⁰. Assim, a literatura sobre SNI não determina que a avaliação de seu desempenho seja realizada por meio de um modelo padrão, com variáveis previamente definidas, ou seja, não existe manual de referência teórica a ser consultado para oferecer um roteiro de todas as relações, atividades e instituições presentes em um SNI. Uma explicação para este fato se encontra na diversidade das características dos SNI ao redor do mundo, com número variado de instituições e diferentes interações entre os agentes em cada um deles. Nesse sentido, alguns estudos em SNI procuram definir algumas variáveis ou *proxies* que auxiliem na mensuração de seu desempenho. Uma alternativa metodológica que pode vir a ser utilizada é a criação de índices ou indicadores.

Ao focar a relação SNI e desempenho da balança comercial, Jayme Jr. e Resende (2009) realizam diversas comparações gráficas entre as exportações e importações por categoria de produto para os SNI da OCDE. Suas conclusões apontam um cenário desfavorável ao crescimento sustentado de países em desenvolvimento sem restrições externas, desde que suas exportações sejam pautadas em *commodities* e produtos de baixo conteúdo tecnológico¹¹. As importações, porém, demonstram um cenário contrário¹². Contudo, Jayme Jr. e Resende (2009) não se propõem a desenvolver um meio de mensuração do grau de desenvolvimento do sistema de inovação para países da OCDE.

¹⁰ O autor utiliza uma visão altamente restrita de SNI, ao considerar como variáveis relevantes ao seu estudo gastos com pesquisa e desenvolvimento (P&D), pessoal envolvido em atividades de P&D, produção científica e patentes. Essa dimensão constitui o cerne de SNI para Nelson (1993; 2006).

¹¹ Sobre este fato, Jayme Jr. e Resende (2009) constatam que “[...] o problema é que estes produtos têm baixo dinamismo no mercado internacional, fortes ciclos de preços e recorrentes imposições de barreiras [...], dificultando o rompimento da restrição externa de forma estrutural [...]”.

¹² Apesar do incremento na relevância das importações de produtos de alta e média tecnologia na balança comercial dos países em desenvolvimento, é imperioso lembrar que a teoria neoschumpeteriana condena a importação de tecnologias em substituição ao desenvolvimento de um SNI (JAYME JR.; RESENDE, 2009).

Tomando-se como base os estudos apresentados, é possível concluir que apesar da reconhecida importância teórica da literatura para os estudos em economia, ainda há poucos trabalhos recentes dedicados à mensuração do SNI e à investigação de sua relação com o desempenho das contas externas da economia. Assim, existe uma lacuna relevante nestas pesquisas, perceptível supostamente pela falta de um consenso sobre quais variáveis econômicas nacionais são capazes de representar fielmente as relações e interatividade de um SNI.

Sob este raciocínio, é relevante para as pesquisas em SNI e para aquelas que tratam do desempenho econômico externo de um país o uso de novos e alternativos métodos de medida dos sistemas de inovação, a fim de auxiliar na sua caracterização e ranqueamento, com o intuito de se verificar se um posicionamento de destaque de um SNI corresponde a um bom desempenho nas contas externas. É necessário salientar que a investigação entre SNI e saldos das contas externas se baseia na natureza do sistema, representado como uma reunião de instituições e subsistemas capazes de fomentar a geração e o desenvolvimento de novas tecnologias e inovações (DALUM, 2010). Para Dosi, Pavitt e Soete (1990), diferenças internacionais no desenvolvimento tecnológico dos países são fundamentais para explicar os níveis e tendências nacionais distintos de renda *per capita*, exportações e importações¹³.

No tocante a esse ponto, uma relação econômica relevante é normalmente encontrada entre desempenho externo e competitividade das firmas nacionais, como já ressaltado. Investigar a correlação entre contas externas de um país e seu SNI é de suma importância na medida em que consegue explicar, em determinada magnitude, os efeitos do desdobramento das políticas tecnológicas ligadas ao SNI sobre o setor externo, como incentivos fiscais para constituição de laboratórios de P&D públicos e privados, editais públicos financiados pelo Estado para contratação de mestres e doutores pelas firmas, entre outros. Tomando-se como base os estudos sobre este tema, presentes nas referências desta pesquisa, ainda há poucas contribuições neste campo. Esta afirmação fica clara quando se observa, na revisão de literatura realizada, a existência de apenas duas referências do gênero neste campo de estudo¹⁴. Como pontuam Jayme Jr. e Resende (2009), um SNI

¹³ Os autores consideram o bem tecnologia como um produto privado, caracterizada por ser cumulativa, *path dependent*, local e específica à firma.

¹⁴ As referências são: Resende e Torres (2008); e Jayme Jr e Resende (2009).

desenvolvido, respaldado em investimentos eficientes em tecnologia e políticas macroeconômicas coerentes com o esforço inovativo, torna-se capaz de reduzir a restrição externa em transações correntes e, por conseguinte, do balanço de pagamentos da economia de um país, quando a conta financeira deste agregado não apresenta saldos superavitários recorrentes. A redução da magnitude dos saldos negativos em rubricas do balanço de pagamentos, ou mesmo a obtenção de saldos positivos nestas contas, pode ser condizente com a elevação da competitividade das firmas nacionais, proporcionando maior diversificação da pauta de exportações do país e sua maior inserção no mercado internacional. Neste cenário, haveria uma tendência crescente à inclusão de maiores quantidades de produtos de alto conteúdo tecnológico ou de maior valor agregado na pauta de produtos e serviços enviados ao resto do mundo. Por outro lado, a existência de uma competitividade restrita ou cambaleante das firmas nacionais favorece uma base econômica de produção também restrita, correlacionada a um baixo desenvolvimento do SNI.

Assim, considerando-se o problema de pesquisa de se relacionar SNI ao setor externo da economia de um país, passando por sua mensuração e classificação, este estudo possui como finalidade estabelecer relações empíricas entre 31 SNI de países da OCDE¹⁵ e o desempenho externo da economia de cada um destes 31 países¹⁶, cujas variáveis de desempenho externo se baseiam em três *proxies* utilizadas por Jayme Jr. e Resende (2009): balança comercial, transações correntes e exportação de bens de alto conteúdo tecnológico. As relações serão obtidas para os anos de 1997 e 2007 separadamente, objetivando destacar a evolução comparativa no período. No âmbito desta pesquisa, técnicas de Análise Fatorial e de construção de indicadores serão utilizadas para alcançar o objetivo proposto. Essas técnicas serão essenciais à mensuração dos diferentes graus de desenvolvimento dos SNI da OCDE enquanto conceito abstrato ou um *constructo*, conforme conceito encontrado em Barroso e Artes (2003)¹⁷. Os dois índices a serem

¹⁵ A amostra não conta com os ingressantes Chile, Estônia e Israel, admitidos para a organização após a metade do ano de 2010 e em 2011. O motivo é a falta de dados para as variáveis selecionadas para o problema desta pesquisa.

¹⁶ Neste estudo, as denominações SNI e país são sinônimos. Essa definição permite realçar a existência de um sistema de inovação de caráter nacional em cada um dos 31 países da OCDE e a relevância desse sistema para o desenvolvimento tecnológico e institucional destes países.

¹⁷ No capítulo 3 desta pesquisa, há outras considerações acerca dos constructos e importância de sua mensuração.

construídos neste estudo para mensuração dos sistemas da OCDE, ambos inovadores do ponto de vista da literatura dos SNI, baseiam-se no conceito restrito de sistema atribuído a Nelson (1993; 2006), apresentando variáveis de C&T, infraestrutura tecnológica, educação e desempenho econômico nacional.

Neste sentido, o presente estudo a ser desenvolvido a partir da proposta mencionada acima almeja ser uma contribuição relevante para a literatura dos SNI, não somente para acadêmicos e interessados pelo tema, mas também para gestores públicos e privados de políticas tecnológicas e de comércio exterior.

A seguir se encontram delineados a hipótese central e os objetivos gerais e específicos que norteiam esta pesquisa.

1.2 HIPÓTESE

O grau de desenvolvimento do SNI de um país é crucial na determinação do desempenho de seu setor externo, no sentido de mitigar os fatores que geram a vulnerabilidade externa (elasticidades de exportação e importação, fluxos de moeda e capital, entre outros).

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Analisar a relação entre grau de desenvolvimento dos SNI de 31 países da OCDE e seu desempenho econômico externo para os anos de 1997 e 2007.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar Sistema Nacional de Inovação: fundamentos teóricos e tentativas de mensuração, e relações com o setor externo.

- Apresentar os métodos para tratamento das variáveis desta pesquisa, assim como importância destas para a análise.
- Estimar os índices do grau de desenvolvimento do SNI.
- Analisar, por meio de ranqueamento, gráficos de dispersão, correlação por postos e múltipla, o impacto do grau de desenvolvimento do SNI nas contas externas.

2 SISTEMA NACIONAL DE INOVAÇÃO: ARCABOUÇO TEÓRICO, TENTATIVAS DE MENSURAÇÃO E SETOR EXTERNO

2.1 CONCEITOS E DEFINIÇÕES SOBRE SNI

A importância econômica da atividade inovativa começou a receber maior atenção com os trabalhos de Schumpeter, na primeira metade do século XX. Todavia, a complexidade dessa atividade se tornou tão evidente que a escola evolucionária se dedica a estudar seus fatores determinantes e sua implicação econômica e social, entre outros interesses.

A inovação, considerada em sentido amplo, pode conter várias definições. Para Nelson (2006), a inovação seria o produto ou serviço introduzido pelas firmas no mercado, o qual é novo para as mesmas, mas não para o próprio mercado. No entanto, para Archibugi, Denni e Filippetti (2009), a inovação é entendida como uma longa trajetória a ser seguida e planejada pela firma, na medida em que envolve etapas complementares, como geração de novos conhecimentos, desenvolvimento, comercialização, transmissão e difusão de novas tecnologias. Além disso, o conjunto de empreendimentos em inovação não possui sequência linear, mas são inter-relacionados. Há diferentes aproveitamentos desses processos pelas firmas nacionais. Algumas conseguem produzir novas ideias, enquanto outras são capazes de explorá-las melhor comercialmente. Os geradores de ideias inovadoras geralmente possuem acesso a boas instituições, entre universidades, centros públicos de pesquisa e laboratórios de P&D, propiciando a consolidação de adequado aparato industrial-tecnológico.

Neste contexto de concepção de novas ideias e inovações, é importante salientar que a relevância conferida aos processos de geração de novos conhecimentos e tecnologias para o crescimento econômico foi grandemente amparada na revolução dos computadores iniciada na década de 1970, e na introdução de melhorias organizacionais no âmbito da firma, como a participação

dos funcionários nas decisões de mudança técnica, a constituição dos círculos de qualidade e o investimento em aprendizado contínuo¹⁸ (FREEMAN; SOETE, 2008).

Archibugi e Michie (1997) conferem à inovação tecnológica e à busca pelo conhecimento papéis cruciais no desenvolvimento das atividades econômicas, como as relacionadas à indústria e ao setor financeiro. Esses processos envolvem uma rede complexa de interações e números distintos de instituições e objetivos. Acerca deste ponto, o conhecimento é comumente dividido em codificado, geralmente disponível em forma de manuais, patentes e literatura técnica e científica, e tácito, agregado à força de trabalho, cientistas e pesquisadores. Segundo Archibugi, Denni e Filippetti (2009), a característica tácita do conhecimento é considerada o principal responsável pelos impulsos do processo inovativo¹⁹.

A inovação possui a particularidade de ser realizada na presença de instituições ou organizações que ofereçam o respaldo adequado para suas etapas. Assim, as interações e vicissitudes de uma atividade inovativa precisam ser coordenadas de forma a alcançar os resultados previstos inicialmente no projeto de uma firma. Para tanto, existe o papel fundamental desempenhado pelas instituições presentes nos sistemas econômicos, as quais devem ser cuidadosamente analisadas tanto teórica como historicamente, objetivando elucidar como se dão os desdobramentos da relação entre elas e os agentes que inovam.

A abordagem teórica evolucionária dos sistemas de inovação, iniciada em meados da década de 1980, propôs uma avaliação em nível nacional dessas interações, ao considerar o nível sistêmico da atividade inovativa. Assim, a inovação passa a ter caráter social e não pode ser concebida como sendo empreendida apenas por um agente ou firma, mas basicamente por esses e demais organizações ou instituições que estabeleçam as relações necessárias ao processo. Outrossim, segundo argumentam Freeman e Soete (2008), as instituições nacionais de fomento à produção e envolvidas no desenvolvimento de novos bens e serviços afetam de maneira contundente as taxas de progresso tecnológico dos países e, portanto, a magnitude de seu crescimento econômico.

¹⁸ Essa revolução está ligada ao surgimento do paradigma tecnoeconômico das tecnologias da informação e comunicação.

¹⁹ Contudo, o conhecimento tácito é de difícil mensuração. Como sugerem Archibugi e Michie (1997) para algumas ocasiões, esta pesquisa captará este conhecimento por meio das *proxies* de número de pesquisadores e investimentos em educação, numa tentativa de associar o desenvolvimento do conhecimento tácito na força de trabalho através da educação e das atividades de pesquisa.

São interessantes os comentários de Archibugi e Michie (1997) acerca das interações dentro do SNI. Torna-se crucial para o entendimento conceito de SNI a compreensão de como seus diferentes componentes, tais como centros de pesquisa, universidades, firmas e setor financeiro interagem umas com as outras. No entanto, a coordenação das atividades do sistema pelas instituições e sua interação com outros agentes diferem entre os países. Em alguns países, governos interagem com grandes firmas, enquanto em outros, como nos distritos industriais italianos, pequenas firmas compartilham seus conhecimentos e trabalham conjuntamente para concepção de estratégias competitivas de inovação e o desenvolvimento local. Os autores ainda afirmam que estas interações são adequadas ao aumento dos efeitos do processo inovativo em nível nacional e a elevação de sua difusão.

Em relação aos autores que trabalham com SNI, o pioneiro na literatura moderna deste conceito é Freeman (1987), a partir de suas contribuições seminais sobre o sistema de inovação japonês. Ao realizar um estudo sobre a política tecnológica do Japão, desenvolve sua teoria baseado em agentes envolvidos com o processo inovativo e, sobretudo, na interação entre eles. Freeman (1987) baseia sua análise do SNI japonês em duas vertentes: uma diz respeito à organização específica dos subsistemas do país; e a outra à interação entre os mesmos. Os pontos principais de sua abordagem são: nível organizacional da produção e dos gastos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) das firmas japonesas; a concentração de capital e estrutura produtiva da indústria; o desenvolvimento e operacionalização do sistema financeiro; as relações interfirmas e o papel do governo japonês no apoio e fomento às atividades inovativas. O autor combina as novidades trazidas pela teoria evolucionária da inovação e contribuições relevantes originárias das teorias da organização industrial.

Nelson (1988) também lança comentários acerca da abordagem dos Sistemas Nacionais de Inovação, culminando com a publicação de um amplo estudo sobre SNI de países selecionados, desenvolvidos ou em desenvolvimento, conforme especificados em Nelson (1993).

Este autor centra sua análise no caráter público e privado da tecnologia e nas funções desempenhadas na produção de novas tecnologias por firmas privadas, entidades governamentais e universidades. Apesar de sua contribuição ser menos abrangente do que a de Freeman (1987), Nelson (1993; 2006) está preocupado em

investigar a produção de tecnologias e inovações utilizando bases teóricas respaldadas em instituições ligadas à lei e à economia. Seu principal objetivo é descobrir como organizações institucionais distintas resolvem o dilema de agentes públicos e privados em relação à inovação técnica e à aquisição de informações. Freeman (1987), no entanto, visa prioritariamente construir relações entre todo o sistema de produção e o processo de inovação. Além disso, realiza a combinação entre as teorias da organização industrial e da inovação, procurando responder à questão sobre quais formas de organização produtiva são responsáveis por levar ao desenvolvimento e ao uso eficiente de uma nova tecnologia.

Lundvall (1992; 2010) desenvolve um tipo particular de definição de SNI, focada principalmente na consideração das relações estabelecidas entre produtores e usuários no processo de inovação, denominada *rede de inovadores*. Essa rede aglutina os vários tipos de interações, sejam elas codificadas ou tácitas, formais ou informais. Além disso, contempla rede de incentivos e apropriação, relações de trabalho e atividades governamentais de apoio, incluindo o papel das instituições. Segundo o próprio autor, a abordagem encontrada em sua obra pode ser resumida na ênfase conferida ao aprendizado interativo respaldado na estrutura produtiva e nas formas de articulação do sistema de produção.

Outros autores, baseados nas três abordagens seminais, também realizaram contribuições relevantes ao desenvolvimento dos estudos em SNI, visando ampliar a literatura e a compreensão sobre o conceito. Três destas contribuições serão apresentadas a seguir. São elas: Melo (1996); Albuquerque (1996), e Sbicca e Pelaez (2006).

Segundo Melo (1996), o Estado deve intervir estimulando a atividade produtiva e inovativa onde a iniciativa privada não possua interesse em investir ou apresenta-se sem recursos disponíveis. Outro ponto importante é a necessidade do governo manter um cenário macroeconômico estável que garanta segurança institucional às firmas que inovam, por meio da redução da incerteza e aumento da confiança do produtor e dos consumidores.

A despeito dos investimentos estratégicos em P&D, o aumento de sua importância no século XX proporcionou um grande suporte às atividades inovativas das firmas, na medida em que essas atividades tornaram-se cada vez mais complexas e dependentes do conhecimento tácito gerado no processo de

aprendizado. Em relação à educação e ao aparato de treinamento, Melo (1996) destaca seu papel altamente relevante dentro do SNI, ao fornecer pessoal capacitado para as firmas e laboratórios de P&D. Além disso, discute a participação das universidades e institutos de pesquisa na realização de pesquisa científica em geral, capacitando os futuros cientistas que serão alocados nas firmas.

Melo (1996) ainda apresenta alguns quadros sobre a estrutura organizacional da indústria e interações entre firmas, no sentido de mencionar os diferentes padrões pelos quais a inovação é realizada como, por exemplo, envolvendo desde firmas transnacionais até a cooperação entre firmas de uma mesma indústria. O setor financeiro, por sua vez, deve estimular o processo inovativo por meio da concessão de créditos de longo prazo, devido ao caráter gradativo e incerto da pesquisa e desenvolvimento de novos produtos. Sendo assim, os agentes que compõem o sistema financeiro de um SNI devem procurar conhecer as rotinas produtivas das firmas, no intuito de assimilar seus objetivos, filosofia e fontes de competitividade, a fim de garantir o apoio necessário à geração e difusão da inovação.

Segundo Albuquerque (1996), um SNI pode ser entendido como uma estrutura institucional de um país, onde os principais atores envolvidos são firmas, agências governamentais de fomento, universidades, laboratórios de P&D e setor financeiro. Todos eles mantêm vínculos interativos e notadamente sistêmicos, os grandes responsáveis pela geração, aprimoramento e difusão de inovações²⁰. Para efetuar comparações entre os diferentes SNI, Albuquerque (1996) utiliza-se de variáveis bastante difundidas na avaliação do setor de C&T, tais como: gastos com P&D; pessoal envolvido com atividades de P&D; produção científica, representada pela publicação de artigos científicos, constituindo assim uma aproximação da difusão do conhecimento; e patentes, as quais constituem uma aproximação quantificável da eficiência dos investimentos nacionais em P&D.

Na visão de Sbicca e Pelaez (2006), um Sistema Nacional de Inovação se traduz em instituições públicas e privadas, engajadas no objetivo central de promover o processo inovativo e a posterior difusão de inovações. No estudo de

²⁰ Ressalte-se que não existe apenas um modelo de SNI de sucesso na economia mundial. Segundo Nelson (1993), há uma expressiva diversidade de construções institucionais nos sistemas de inovação. Algumas especificidades são úteis para avaliar estas diversidades, como o padrão das firmas inovadoras de um país, o papel do Estado na condução de políticas industriais e tecnológicas e a estrutura do sistema financeiro.

SNI, tais instituições devem ser consideradas em âmbitos micro e macroeconômicos, de modo que o processo de inovação em produtos e processos seja tratado teoricamente de forma completa, isto é, atentando-se à coletividade e não às características locais ou regionais.

A maior contribuição de Sbicca e Pelaez (2006), no entanto, dá-se no sentido de fornecer algumas sugestões de variáveis quantitativas e qualitativas de ciência e tecnologia e mercado para a avaliação empírica do desempenho de um SNI, visando evitar o uso de dados isolados, pois estes apenas proporcionam uma “análise parcial”, como denominado pelos autores. Citando o já conhecido gasto em P&D como percentual do PIB nacional, sugere-se a inclusão de indicadores de desempenho. Um deles seria obtido por meio da bibliometria²¹, responsável por fornecer dados sobre informações de produção científica. Outros indicadores de destaque seriam: a produção de indústrias que desenvolvem ou utilizam alta tecnologia, percentual de novos bens e serviços no mercado, e percentual de produtos e processos de alta tecnologia transacionados no mercado internacional.

Entretanto, os autores advertem que somente estes indicadores não são suficientes, pois deixam de captar informações acerca do crescimento econômico. Por isso, ainda sugerem mensurar o desempenho de um SNI a partir de variáveis que compreendam indicadores socioeconômicos relativos ao sistema, dentre os quais está a capacitação de recursos humanos. Sbicca e Pelaez (2006) resumem o uso desses indicadores em três categorias — indicadores de produto, de fluxo e de insumo —, que servirão para realçar as três características básicas do SNI: tecnológica, organizacional e econômica.

A próxima subseção relaciona alguns estudos recentes sobre mensuração de sistemas nacionais a partir de indicadores de capacidade tecnológica e esforço inovativo, onde os autores referenciados, contando com determinados instrumentais metodológicos, especialmente multivariados, e variáveis supostamente correlacionadas ao conceito de SNI, procuram medir a qualidade ou estágio de desenvolvimento do sistema.

²¹ “[...] o número de autores em publicações científicas, de artigos e de citações, a identificação de redes de relações entre instituições e países, e o mapeamento da formação de novos campos de C&T [...]” (SBICCA; PELAEZ, 2006).

2.2 TENTATIVAS DE MENSURAÇÃO DO SNI: CONTRIBUIÇÕES E LIMITAÇÕES

Ao estudar a distribuição do conhecimento no cenário mundial para 131 países, Castellacci e Archibugi (2008) encontram resultados interessantes sobre a classificação de países por grupo de conhecimento tecnológico, baseando seu referencial na literatura de convergência de grupos e SNI.

Os autores argumentam que o processo de criação e difusão do conhecimento possui complexidades e é importante quando o tema é crescimento econômico. A possibilidade de um país gerar tecnologia a partir de certo patamar de conhecimento depende de alguns fatores, como investimento em capital humano, infraestrutura que garanta e estimule um ambiente adequado à inovação e à produção industrial, e habilidade para administrar diferentes tipos de conhecimento tecnológico.

Baseados nessa teoria, Castellacci e Archibugi (2008) fazem uso do ferramental de Análise Fatorial em oito variáveis de SNI. Segundo os autores, estas estão diretamente relacionadas à criação e difusão de conhecimento em países centrais e periféricos. São elas: patentes; artigos científicos; acesso à internet; acesso a linhas telefônicas fixas e móveis; consumo de energia elétrica; ciência terciária e matrículas em curso de engenharia; média de anos escolares da população acima de 14 anos; taxa de alfabetização²².

Com base na Análise Fatorial, os autores identificaram dois fatores comuns: o primeiro, denominado de infraestruturas tecnológicas e habilidades humanas; e o segundo, criação e difusão de conhecimento codificado. Esses fatores possibilitaram a divisão da amostra de países em três grupos praticamente homogêneos no que se refere à capacidade de gerar, imitar e administrar conhecimento e inovação. Os autores os classificaram, de acordo com a Análise de *Cluster* empregada, em três grupos: “avançados”, “seguidores” e “marginalizados”. O primeiro grupo apresenta grande infraestrutura tecnológica instalada e alta taxa de habilidade do capital humano, favorecendo elevada capacidade de inovação. Estados Unidos, Japão, Reino Unido, Alemanha e Canadá estão nesse grupo. Já o segundo inova pouco, mas possui média e alta infraestrutura. Neste *cluster* estão, dentre outros, Portugal, Espanha, Itália, Brasil e África do Sul. Os “marginalizados”, por sua vez, encontram-

²² Existe breve detalhamento dessas variáveis, com indicação de fontes de dados e sua importância empírica, precisamente nas páginas 1660-61.

se em situação nada confortável, ao deter baixa capacidade para inovar e infraestruturas e habilidade deficientes em relação aos dois outros grupos. Índia, Egito, Paquistão e Marrocos integram esse aglomerado. A partir da Análise de *Cluster*, Castellacci e Archibugi (2008) montam uma tabela com o hiato tecnológico entre os grupos. Observa-se claramente, em comparação com o grupo dos países “avançados”, que o grupo “seguidores” reduziu consideravelmente esse hiato entre os anos de 1990 e 2000 para todas as variáveis da pesquisa, exceto ciência terciária e matrículas em curso de engenharia. Contudo, o mesmo não pode ser afirmado para o grupo “marginalizados”: apesar de a redução da diferença em acesso à internet e acesso a linhas telefônicas ser significativa, o hiato em patentes e artigos científicos em relação ao grupo “seguidores” aumentou, indicando que a distância desses países em relação ao “marginalizados” no que tange ao sistema de C&T também sofreu uma elevação²³.

Como ressaltado no capítulo introdutório desta pesquisa, a mensuração de um SNI e mesmo de atividades inovativas e produtoras de conhecimento não é uma tarefa estilizada entre os autores que trabalham com ela. No entanto, segundo Grupp e Schubert (2010), várias são as tentativas de construção de índices na literatura científica. Esses autores ressaltam que indicadores construídos para avaliar a inovação, por exemplo, podem ser fortes ou fracos metodologicamente, o que contribui significativamente na determinação da comparação e posterior classificação de países quanto à sua capacidade tecnológica orientada à inovação²⁴.

Defendendo claramente a necessidade de mensurar o fenômeno inovação em nível nacional, Grupp e Schubert (2010) destacam brevemente sua relação com o crescimento econômico²⁵. Medir inovação, por sua vez, passa por duas abordagens teóricas: índices ou modelos econométricos, sendo a primeira utilizada por profissionais de várias áreas da ciência; e a segunda largamente por economistas.

Em relação à necessidade de quantificar a inovação, Archibugi, Denni e Filippetti (2009) defendem a coleta de dados para construção de índices e

²³ Compreende-se, por transitividade, que a lacuna tecnológica entre os países do grupo “avançados” e os do grupo “marginalizados” também aumentou no período.

²⁴ Grupp e Schubert (2010) não especificam que abordagem de sistema de inovação está sendo considerada em sua pesquisa. Um dos motivos para essa conclusão é o cunho teórico e quantitativo do conteúdo da mesma.

²⁵ Contudo, segundo afirmam, a inovação não garante por si só o progresso econômico e sua trajetória. Para uma relação profunda entre inovação e crescimento econômico, consultar a obra de Nelson (2006).

enumeram três motivos para justificar o uso de capacidades tecnológicas em nível nacional: possibilidade de empreender análise teórica; disponibilidade de informações úteis aos gestores de políticas públicas; e insumos importantes para as firmas, no sentido de influenciar suas estratégias de produção.

Ao detalhar esses motivos, a importância de indicadores de capacidade inovativa²⁶ se confirma pelo relevante consenso existente em teorias econômicas e sociais sobre a representatividade do investimento em tecnologia e a busca por inovações, considerados grandes propulsores do progresso e desenvolvimento econômico, além de serem tratados como peças-chave da competitividade, da manutenção e crescimento no nível de emprego, da produtividade e, por conseguinte, do crescimento econômico. Para os gestores públicos, indicadores de capacidades ou esforços tecnológicos seriam de extrema relevância na identificação de pontos positivos e negativos em relação ao aparato inovativo da economia, assim como para garantir o aproveitamento de oportunidades e avaliar a adoção de políticas de inovação (ARCHIBUGI; DENNI; FELIPPETTI, 2009).

Porém, qual seria a grande e explícita vantagem do uso de indicadores? Segundo Archibugi, Denni e Filippetti (2009), esses possuem a capacidade de reunir várias características agregadas de desempenho inovativo e tecnológico em um simples número ou relação, oferecendo um panorama claro e acessível sobre a posição de países em relação a outras nações, um dos objetivos desta pesquisa²⁷. Economistas adeptos da metodologia de construção de índices os utilizam principalmente no intuito de demonstrar a relação existente entre assuntos econômicos essenciais, como comércio, crescimento, produtividade e competitividade, e o fenômeno da inovação²⁸.

No entanto, a obtenção de índices que mensurem completamente a inovação deve passar por refinamento metodológico. É importante ressaltar que o uso de indicadores do tipo *scoreboard* e *benchmarking*²⁹ pode ser perigoso à análise,

²⁶ Esses indicadores são oriundos tanto do nível micro como macroeconômico, podendo ser construídos a partir de informações coletadas e questionários aplicados à firma, aos produtores de uma indústria específica e ao governo de um país.

²⁷ Todavia, não auxiliam na identificação das complexas relações e heterogeneidades existentes na produção, aquisição e distribuição do conhecimento.

²⁸ É clara a relação com um dos objetivos da pesquisa, na medida em que se pretende estabelecer uma relação entre sistema de inovações e desempenho econômico externo.

²⁹ *Scoreboard* e *benchmark* são medidas agregadas de vários indicadores de desempenho, geralmente utilizadas por empresas ou gestores de negócios como meio avaliativo para tomada de decisão.

devido ao fato de existir ainda uma considerável insuficiência sobre suas competências metodológicas (PAVITT, 1988). Um forte empecilho à utilização desses indicadores é a falta de modelos teoricamente claros para guiar a seleção de variáveis e seus respectivos pesos na construção dos índices. Além disso, Tijssen (2003) observa que essas duas maneiras de construção de indicadores são um tipo de arte, não sendo, portanto, possível garantir que esses procedimentos sejam os melhores dentre uma classe de indicadores disponíveis.

À luz do parágrafo anterior, Grupp e Schubert (2010) procuram comparar três classes metodológicas para derivação de indicadores: médias sem pesos específicos; métodos de Benefício da Dúvida (BoD) e Análise Envoltória de Dados (AED); e métodos de Análise de Componentes Principais e Análise Fatorial³⁰. A partir de dados do *European Innovation Scoreboard* de 2005, realizam a classificação de 15 países da Europa em relação à sua capacidade inovativa de acordo com as três classes metodológicas mencionadas. A mudança de resultados chega a ser muito sensível para alguns países, cujos destaques são Irlanda e Luxemburgo.

Complementando sua explanação sobre o uso de objetos de mensuração, comentam a experiência da ferramenta preço sombra³¹ na avaliação de seu efeito entre as variáveis econômicas. Por meio dele, os pesos verificados nos índices não são impostos, mas são cuidadosamente calculados. Sua maior utilidade é auferida através da verificação da razoabilidade dos pesos aplicados aos indicadores, ou seja, se esses possuem efetivamente relações econômicas aceitáveis. Contudo, deve-se observar que apesar de funcionais, os preços sombras são sensíveis à existência de *outliers* na amostra.

No intuito de proporcionar um modo alternativo de avaliação de desempenho nacional, Grupp e Schubert (2010) apresentam diagramas interessantes para efeito de comparação entre países, denominados gráficos ou diagramas de aranha. Relacionando Finlândia, Luxemburgo, Reino Unido e Grécia em sua comparação, os autores constroem esses diagramas a partir de médias de indicadores simples³² de

³⁰ Há breves comentários acerca dos três métodos utilizados na página 72. Outros dois métodos não são aqui relacionados: experimento de Monte Carlo e abordagem teórica de conjunto *Fuzzy*.

³¹ O preço sombra se traduz em uma variação marginal ou compensatória. No caso de uma função lucro, por exemplo, indica o valor de uma unidade dos recursos produtivos para cada variação nos custos.

³² Outros indicadores como, por exemplo, a agregação de algumas variáveis pelos métodos arrolados pelos autores, são passíveis de utilização nesta abordagem diagramática.

15 países europeus, como educação, gastos em P&D por universidade financiados pelo setor financeiro, gastos em inovação de firmas nacionais, e indicadores de patentes e marcas comerciais. A discussão é centrada na dinâmica inovativa dos países, seus pontos fortes e fracos e seu envolvimento com o Estado e o setor financeiro, no caso de Reino Unido e Luxemburgo, respectivamente.

Interessados em classificar países por competência tecnológica, utilizando-se de um indicador de capacidades tecnológicas, Archibugi e Coco (2004) propõem uma metodologia para avaliar o desempenho nacional na geração, aquisição e difusão de conhecimento tecnológico e inovações, agregando em sua pesquisa países centrais e em desenvolvimento. Assim, encaixam sua análise no conceito restrito de SNI centrado no aspecto produtivo e inovativo da economia nacional, e em seu aparato do subsistema de C&T.

A problemática dos autores se centra no domínio do conhecimento e sua produção por um reduzido número de nações desenvolvidas. Por outro lado, muitos países, em sua maioria pobres e pouco industrializados, não possuem pré-requisitos à promoção da geração e absorção de conhecimento e, quando estes conseguem absorver alguma espécie de conhecimento técnico, ele geralmente é tido como obsoleto em regiões tecnologicamente desenvolvidas.

Admitindo a carência de indicadores tecnológicos, Archibugi e Coco (2004) procuram construir um índice analítico a partir de variáveis relacionadas ao processo de inovação e ao tratamento recebido pelo conhecimento. Com base na teoria dos Sistemas Nacionais de Inovação, os autores destacam a tese de que os Estados nacionais comportam as principais instituições relacionadas com a formação de capacidades tecnológicas e de infraestrutura capazes de fomentar atividades de geração e desenvolvimento de inovações.

A construção do índice, chamado *ArCo*, é empreendida tomando-se por base o seguinte conjunto de variáveis consideradas *proxies* das instituições do SNI: patentes; artigos científicos; acesso à internet; acesso à telefonia; consumo de energia elétrica; ciência terciária e matrículas em curso de engenharia; média de anos escolares; taxa de alfabetização³³. O indicador nada mais é do que o somatório

³³ Essas oito variáveis são agrupadas em três conjuntos: criação de tecnologia; infraestruturas tecnológicas; e desenvolvimento de habilidades humanas. Para maiores detalhes sobre a significância empírica das variáveis e seu ordenamento, ver Archibugi e Coco (2004).

da média aritmética simples dos conjuntos das variáveis padronizadas³⁴, sendo patentes, acesso à telefonia, consumo de energia elétrica e ciência terciária e matrículas em curso de engenharia ligeiramente modificadas em relação a seus valores iniciais para atender a questões metodológicas e evitar, desse modo, vieses indesejáveis.

Sobre este ponto, é prudente apresentar a ressalva de Archibugi, Denni e Filippetti (2009), sobre o uso de um indicador isolado, indicadores distintos ou indicadores compostos: essa medida geralmente não contempla a maioria dos fenômenos tecnológicos da economia, na medida em que esconde diferentes simplificações, não considerando a importância do quesito heterogeneidade. No caso de um indicador isolado, o problema é ainda mais evidente: ao especificar alguns aspectos isolados do progresso tecnológico ou inovativo, por exemplo, o esforço financeiro em P&D, o número de patentes para invenção e amostras de comercialização de bens de tecnologia de ponta, estes revelam características incompletas sobre as competências tecnológicas nacionais, implicando o uso de diferentes fontes de dados³⁵. Portanto, medir as capacidades tecnológicas a partir de indicadores ou de um índice composto é factível, mas é necessária atenção à diferenciação existente entre regiões, indústrias e firmas de um mesmo país. Assim, a construção de um indicador nacional passa por refinamentos teóricos e metodológicos, mas considera, por exemplo, a capacidade de distribuição de conhecimento e progresso técnico por todo o território nacional.

Amparados nessa ressalva, os autores criam um extenso *ranking* com 162 países, classificados em blocos, denominados: líderes, reunindo 26 países; líderes potenciais, com 25; retardatários, congregando 61 países; e, finalmente, marginalizados, detentor de 50 nações. A classificação obedeceu a critérios triviais, possuindo o primeiro grupo as nações capazes de criar e sustentar a inovação tecnológica. Portanto, os três outros grupos apresentam esse tipo de característica, mas em escala decrescente.

³⁴ A padronização das variáveis seguiu uma razão matemática específica para atender a construção do indicador, visando promover uma comparação temporal entre os países.

³⁵ Nesse caso, segundo os autores, as capacidades nacionais, incluindo Sistema Nacional de Inovação, devem ser considerados em um sentido amplo, abordando desde a concepção de novas tecnologias e inovações até seus desdobramentos na economia real e relação com os problemas sociais.

Alguns exercícios sobre correlação entre as variáveis foram realizados pelos autores. A principal conclusão foi o significativo movimento de convergência entre os países, notadamente no que diz respeito à variável acesso à internet. Assim, concluiu-se que a redução mais veloz das disparidades nacionais foi verificada na infraestrutura instalada, com destaque para a internet³⁶.

Archibugi e Coco (2004) ainda fazem outra inovação metodológica [e teórica] em seu índice ao incluir o elemento importação de tecnologia em sua composição. Esse elemento é composto, como definido pelos autores, pelo investimento direto estrangeiro, importação de bens de capital e pagamentos por licenciamento tecnológico. Os pesos do indicador continuam sendo proporcionais aos agora quatro grupos de variáveis.

Na avaliação geral, os países mudam pouco ou não mudam de posição nos grupos, de acordo com o *ArCo* anterior. As maiores mudanças recaem sobre Cingapura e Irlanda, sob a explicação teórica que relaciona países “pequenos” à maior propensão a receber tecnologias desenvolvidas do exterior, em detrimento de outras economias maiores, como Estados Unidos, Alemanha e Japão. A conclusão dos autores em relação ao *ArCo* se traduz na obtenção de um índice que não sofreu alterações significativas na classificação dos países, mesmo com a adição de um grupo de variáveis relevantes para mensuração da capacidade tecnológica dos países, conforme descrito no parágrafo anterior.

A próxima seção apresenta a revisão de literatura para a relação SNI e setor externo da economia, priorizando apresentar estudos comprobatórios que embasem a importância da proposta desta pesquisa.

2.3 SNI, COMPETITIVIDADE E SETOR EXTERNO DA ECONOMIA

Conforme discutido no capítulo 1 desta pesquisa, são escassos os estudos ou contribuições que mensuraram SNI e correlacionaram seu grau de desenvolvimento às contas do setor externo da economia de um país. Sendo assim, a revisão de literatura desta seção se baseia grandemente na relação tecnologia ou estágio

³⁶ Outro resultado interessante proporcionado pelo uso do índice no ordenamento dos países fora a homogeneidade tecnológica encontrada dentro de cada um dos quatro grupos da pesquisa.

tecnológico dos países e comércio internacional, este último representando o setor externo da economia.

Sob este comentário, De Negri (2005) sugere que a hipótese formulada acerca dos efeitos positivos do desenvolvimento tecnológico sobre os fluxos comerciais entre países e a elevação da competitividade das firmas nacionais não é novidade nas teorias do comércio internacional.

Alguns estudos iniciais, como o de Vernon (1966), pontuam a necessidade de se considerar com menos ênfase as vantagens comparativas dos padrões internacionais de comércio, procurando evidenciar a importância da inovação, incerteza e economias de escala nesses padrões. Os resultados de Vernon (1966) apontam forte relação entre a capacidade de inovar em produtos e processos das firmas dos Estados Unidos e vantagens competitivas deste país no comércio internacional.

Por outro lado, fatores extra-preço são determinantes importantes do desempenho do comércio nacional externo. Portanto, assumindo-se que o SNI de um país reúne as instituições e demais agentes responsáveis pela geração de novas tecnologias e estímulos ao processo inovativo, e que essa geração e esses estímulos proporcionam ganhos de competitividade à economia nacional via atividades das firmas, fica claro que o aumento da participação de um país em mercados internacionais de produtos específicos não depende somente do fator preços, mas da qualidade dos bens e serviços, criação de novos mercados e produtos e melhoria das tecnologias de produção e de processos dominadas pelas firmas de diversos setores da indústria, como o de bens de capital e produtos microeletrônicos. Alguns resultados empíricos de modelos de competitividade internacional³⁷ conferem bastante relevância ao papel dos fatores extra-preço como estimulantes ao desempenho comercial superavitário de um país (FREEMAN; SOETE, 2008).

A abordagem do comércio exterior de tradição evolucionária é focada no papel da tecnologia como elemento explicativo da especialização e da evolução dos padrões comerciais (VESPAGEN; WAKELIN, 1997). Na abordagem evolucionária de Dosi, Pavitt e Soete (1990), a tecnologia não é um bem público ou encontra-se amplamente disponível no mercado. Portanto, benefícios resultantes do investimento

³⁷ Dois deles são de autoria de Greenhalgh (1990) e Magnier e Toujas-Bernatte (1994).

em inovação somente podem ser apropriados parcialmente pelos demais agentes econômicos. Esse fato, aliado à dificuldade de difusão tecnológica e inovativa entre países, favorece diferentes graus de desempenho tecnológico entre nações, que, segundo Vespagen e Wakelin (1997), tendem a ser persistentes³⁸.

Dessa maneira, com o grau de desempenho tecnológico possuindo estreita relação com a capacidade inovativa nacional, este é capaz de proporcionar vantagens tecnológicas específicas a determinado país, influenciando na direção e no volume do comércio entre esse país e seus parceiros comerciais. Essas vantagens são acumuladas ao longo do tempo, favorecendo períodos de prosperidade às contas externas nacionais³⁹. No entanto, Dosi, Pavitt e Soete (1990) afirmam que não somente a tecnologia é o fator preponderante dos aspectos dos padrões de comércio entre países, pois estes estão sujeitos ainda à restrição de divisas, capazes de afetar o crescimento do produto nacional⁴⁰.

Fagerberg (1988), a partir de uma amostra organizada em painel para 15 países da OCDE no período de 1961 a 1983, investiga a relação tecnologia e competitividade entre países. Apresentando variáveis como patentes e gastos com P&D em seu modelo, o autor conclui que fatores tecnológicos são os principais elementos influenciadores dos diferentes níveis internacionais de competitividade entre países.

Em um estudo mais recente, Fagerberg (1996) propõe investigar a relação entre tecnologia, comércio internacional e competitividade⁴¹ no longo prazo, em detrimento de alguns fatores que agem sobre o comércio no curto prazo, como mudanças na política cambial ou de juros. Assim, encontra resultados condizentes com outros trabalhos teóricos que apontam: a importância do investimento em tecnologia e inovações não somente para indústrias especializadas em produtos de alto conteúdo tecnológico, como robótica, aeroespacial e química, mas para muitas

³⁸ Como consequência dessa persistência, Vespagen e Wakelin (1997) afirmam que nenhum país pode depender completamente da imitação de produtos e processos para alcançar a fronteira tecnológica mundial.

³⁹ Contudo, os autores não desconsideram os papéis desempenhados pela imitação e pelas transferências tecnológicas, julgados como fatores fornecedores de oportunidades tecnológicas para que países não situados na fronteira tecnológica internacional tenham meios para se aproximar da mesma ou alcançá-la.

⁴⁰ Conclusão semelhante pode ser encontrada em Jayme Jr. e Resende (2009). Os autores destacam a importância do nível de divisas externas na determinação no crescimento dos países em desenvolvimento.

⁴¹ Segundo Fagerberg (1996), uma definição consensual da competitividade internacional se traduz na habilidade das instituições nacionais em promover um significativo padrão de vida para seus cidadãos em relação aos habitantes de outros países, no momento atual e no futuro.

outras firmas de ramos industriais distintos; a relevância do tamanho mercado nacional para a construção da competitividade de indústrias produtores de bens de alta tecnologia; o investimento em P&D e no processo inovativo como elemento importante no sentido do aumento da competitividade das firmas em países grandes e pequenos. Além disso, Fagerberg (1996) sugere que relação entre crescimento econômico e comércio é causal, na medida em que o crescimento afeta o desempenho comercial de um país, e este afeta o próprio crescimento. Assim, é interessante que se avalie a competitividade internacional a partir de indicadores que reflitam tanto a produtividade e o comércio entre nações.

Amendola, Dosi e Papagni (1993), por sua vez, demonstram que diferenças no esforço inovativo e, por conseguinte, na capacidade de um SNI fomentar o desenvolvimento tecnológico, influenciam grandemente o desempenho comercial de longo prazo. A afirmação dos autores está relacionada ao conceito da acumulação de vantagens tecnológicas ao longo do tempo, revelando que o desempenho externo de um país depende em grande medida, mas não somente, da trajetória de seu SNI e da capacidade deste de constituir e manter interações cooperativas entre as instituições que o integram.

Diante da relação entre desempenho tecnológico e desempenho comercial, é interessante relatar que as firmas assumem grande papel na determinação da diversificação dos produtos exportados por cada país, na medida em que as mesmas investem em processos de aprendizado e inovação. Ao desenvolver atividades intensivas em tecnologia, as firmas ganham em competitividade e poder de mercado, podendo se apropriar de grandes lucros por um determinado período. Além disso, o investimento na produção de novas tecnologias de um determinado ramo industrial proporciona ganhos em aprendizado e produtividade para as firmas nele alocadas, impactando positivamente na demanda por produtos tecnologicamente mais avançados em outros setores industriais⁴². Entretanto, devido a competências tecnológicas previamente adquiridas pelas firmas, é comum que políticas ou eventos macroeconômicos as atinjam diferentemente dentro de um país, favorecendo a emergência de padrões de especialização distintos ao redor do mundo (DE NEGRI, 2005).

⁴² O investimento das firmas nacionais em produtos de alto conteúdo tecnológico pode ainda fomentar o crescimento industrial doméstico. Para algumas razões que justificam o desenvolvimento de inovações e novas tecnologias e seus benefícios para a indústria, ver Lall (2000).

De Negri (2005) afirma que diversos estudos salientam a relevância crescente dos ramos industriais intensivos em tecnologia e promotores de inovações nos fluxos de comércio internacional, sobretudo como produtores de bens e serviços de maior valor de mercado e grande aceitação nos mercados mundiais, em detrimento dos produtos intensivos em recursos naturais e trabalho. Para a autora, o dinamismo e a crescente participação dos produtos e serviços de alta e média intensidade tecnológica no comércio entre países é um dos motivos para que a inserção externa de um país seja alicerçada nesses produtos, favorecendo o desenvolvimento de uma competitividade estrutural para a economia.

Para Jayme Jr. e Resende (2009) quanto maior o grau desenvolvimento de um SNI, mais próximo da fronteira tecnológica mundial estará importante parcela de suas firmas e indústrias, estimulando bons desempenhos em saldo comercial e transações correntes, esta última enfatizada pelos autores como representativa para se avaliar a competitividade da economia. Desse modo, há uma correlação positiva entre o grau de competitividade de uma economia e seu desenvolvimento tecnológico, pois quanto menos fragmentado e operante for o SNI, elevada será a diversificação da base produtiva nacional.

O capítulo seguinte tratará de toda a metodologia utilizada nesta pesquisa. As seções e subseções reúnem a técnica multivariada de Análise Fatorial, a metodologia para obtenção das estimativas dos índices de desenvolvimento do SNI e como serão realizadas as correlações entre as variáveis de desempenho econômico externo e IDS.

3 METODOLOGIA

A metodologia deste estudo se baseia em duas abordagens: a multivariada, representada pela Análise Fatorial; e a direcionada à construção dos índices de desenvolvimento do SNI: Índice Parcial de Desenvolvimento do Sistema, IPDS, utilizado para ranquear os países da amostra, associá-los ao desempenho econômico externo dos SNI e calcular as correlações por postos de Spearman; e Índice de Desenvolvimento do Sistema, IDS, destinado à análise gráfica de dispersão e cálculo de correlações múltiplas da relação entre SNI e variáveis setor externo. Na subseção seguinte, serão discutidos os motivos da escolha das variáveis com base nos anos de 1997 e 2007, e a importância das mesmas para esta pesquisa. Nas duas subseções após a próxima serão discutidos, na primeira, os principais pontos sobre o ferramental metodológico para obtenção dos índices, visando ressaltar sua relevância para os objetivos desta pesquisa e, na segunda, as apresentações das relações entre sistema de inovação e contas externas.

3.1 VARIÁVEIS E FONTE DE DADOS

O conceito de SNI não possui um contorno definido, como foi notado nas abordagens teóricas apresentadas no capítulo anterior. Sendo assim, fica claro que o número de variáveis a ser utilizado para explicar as relações existentes em um sistema de inovação é variado e possui mensurações distintas. Essa afirmativa é corroborada pelo fato de alguns SNI apresentarem determinadas instituições, como ensino e treinamento, setor financeiro, centros de pesquisa e firmas que investem em P&D, representadas por variáveis *proxy* de *inputs* e *outputs*, *mais* desenvolvidas e operantes do que em outros sistemas, indicando a existência de níveis ou graus distintos de desenvolvimento⁴³. Portanto, a coleta de variáveis seguirá padrões especificados na literatura, a fim de captar os papéis ou as contribuições das

⁴³ Sendo a mensuração do grau de desenvolvimento de SNI tratada em termos relativos nesta pesquisa, a comparação entre os SNI, como efetuada no parágrafo acima, será realçada por um termo qualitativo em itálico.

instituições que compõem os SNI segundo a abordagem restrita de Nelson (1993; 2006)⁴⁴.

A revisão de literatura realizada nesta pesquisa proporcionou um leque satisfatório de variáveis que captam características importantes das instituições⁴⁵ de SNI. Archibugi e Coco (2004), Castellacci e Archibugi (2008), Fagerberg e Srholec (2008) e Jayme Jr. e Resende (2009) são as quatro referências consideradas para a escolha dos dados⁴⁶. Os três primeiros trabalhos são responsáveis por fornecer as variáveis de sistema, mas não todas. Por intermédio do último foram selecionadas três variáveis representativas do setor externo da economia. Nesta pesquisa foram consideradas ainda outras três variáveis relacionadas às atividades do SNI, não utilizadas nas estimações das referências consultadas: intensidade em P&D; pesquisadores; e PIB *per capita*. A inclusão destas três variáveis na construção dos índices proporciona inferências ainda não empreendidas na literatura de mensuração consultada, considerando-se o referencial para seleção de variáveis baseado em Nelson (1993; 2006).

No que se refere à definição da amostra de países, a OCDE foi escolhida como base das 31 observações desta pesquisa, representadas por seus países-membros. A escolha dos países da OCDE se deve basicamente à disponibilidade em bancos de dados internacionais de estatísticas e indicadores de infraestrutura, desempenho tecnológico e externo, educação e ambiente macroeconômico. Além disso, outra vantagem da seleção dos países da organização se traduz na possibilidade de se obter comparações significativas entre os SNI, conforme afirmam Archibugi, Denni e Filippetti (2009). As comparações entre SNI relativamente similares, como é o caso dos sistemas de inovação da OCDE⁴⁷, permitem identificar

⁴⁴ Sobre este ponto, merece atenção os comentários de Barroso e Artes (2003) sobre os procedimentos de escolha de variáveis. Segundo os autores, um dos pontos-chave de uma pesquisa científica é a definição das variáveis de interesse do estudo. Assim, fazer uso de bom senso e, sobretudo, de regras de escolha de variáveis se torna essencial à obtenção de resultados plausíveis e coerentes com objetivos científicos. Sem embargo, o cerne da seleção de variáveis é determinado geralmente sob as questões sobre o que medir e como medir.

⁴⁵ Como universidades, firmas, laboratórios de pesquisa, setores financeiro e macroeconômico e infraestrutura em C&T.

⁴⁶ Apesar de Fagerberg e Srholec (2008) trabalharem com a abordagem ampliada de SNI, algumas variáveis foram consideradas por explicitarem relações da visão restrita de SNI, como acesso à internet e a telefone, presentes também nos estudos de Archibugi e Coco (2004) e Castellacci e Archibugi (2008).

⁴⁷ Há vários grupos de SNI ao redor do mundo passíveis de investigação. Alguns grupos são relacionados em Castellacci e Archibugi (2008).

elementos convergentes e divergentes entre as nações, contribuindo para verificação da relevância de cada sistema de inovação em seu conjunto.

Os anos de 1997 e 2007, em separado, embasam o elemento temporal em que se baseou a escolha das variáveis. Os principais motivos para escolha desses anos são: a disponibilidade da grande maioria dos dados em ambas as datas⁴⁸; e o intuito de se investigar as mudanças ocorridas nos SNI dos países da OCDE entre a análise comparativa de dez anos. A partir do comportamento das variáveis de sistema nos referidos anos é possível realizar inferências acerca da evolução dos indicadores de SNI, obtidas por meio da Análise Fatorial e dos dois índices representativos do grau de desenvolvimento do sistema⁴⁹.

O Quadro 1 resume todas as informações das variáveis utilizadas neste estudo, sintetizando conceitos, modos de mensuração dos dados e instituições do sistema de inovação contempladas. Após o quadro, apresenta-se a justificativa do uso das variáveis.

Quadro 1 – Variáveis representativas de SNI

(continua)

Grupo	Variável	Conceito	Instituição representada
Intensidade inovativa	Intensidade de P&D	Corresponde aos esforços criativos sintetizados nos gastos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) para aumento do estoque de conhecimento e novas tecnologias. É medida em gastos totais em P&D como porcentagem do PIB.	Firmas, laboratórios de pesquisa públicos e privados, universidades
	Patentes <i>per capita</i>	Número de “patentes de utilidade” concedidas pelo U.S. Patent and Trademark Office (USPTO). Razão entre número de patentes e a população residente.	Firmas, laboratórios de pesquisa públicos e privados, universidades
Ciência e tecnologia	Pesquisadores	Indivíduos comprometidos com a elaboração e criação de novos processos, produtos e sistemas. Inclui praticamente todo o pessoal envolvido em pesquisa na área da OCDE. É expressa por mil trabalhadores empregados.	Firmas, laboratórios de pesquisa públicos e privados, universidades

⁴⁸ O problema da disponibilidade de dados, mesmo para países da OCDE, é considerável para algumas variáveis. Nesta pesquisa, por exemplo, países como Austrália só possuem estatísticas de intensidade em P&D para anos ímpares. Os gastos com educação e artigos *per capita* apresentam dados de todos os países somente para 1995 e 2005, e para 1997 e 2005, respectivamente.

⁴⁹ Na Análise Fatorial, a redução, manutenção ou aumento do número de fatores comuns de um ano para outro refletirá a evolução das nove variáveis de SNI. No caso dos índices, o aumento ou redução da magnitude de seus valores para os 31 SNI evidenciará o mesmo comportamento que se almeja investigar.

(conclusão)

Infraestrutura tecnológica	Acesso à internet	Indivíduos com acesso à rede mundial de computadores. Mensurada por 100 habitantes.	Firmas, indivíduos e instituições de ciência e tecnologia
	Acesso a telefone	Número de assinantes de telefonia fixa e móvel, medida por 100 habitantes.	Firmas, indivíduos e instituições de ciência e tecnologia
Macroeconômico	PIB <i>per capita</i>	Razão entre o PIB e a população do país, em determinado ano. Medida em dólares americanos de 2000 e paridade do poder de compra.	Ambiente macroeconômico
	Crédito doméstico	Recursos financeiros disponibilizados por bancos ao setor privado da economia, tais como empréstimos. Medida em porcentagem do PIB.	Setor financeiro
Educação	Gastos com educação	Gastos correntes e de capital em educação. Contempla gastos públicos e privados em instituições educacionais e subsídios para entidades educacionais privadas. Medida em porcentagem do PIB corrente. Disponível para 1995 e 2005.	Governo e famílias
	Artigos <i>per capita</i>	Refere-se aos artigos científicos publicados nas áreas de física, biologia, química, matemática, medicina clínica, pesquisa biomédica, engenharia e tecnologia, e ciências da terra e espaço. Equivale à razão do número total de artigos e a população residente. Disponível para 1997 e 2005.	Universidades e institutos de pesquisa, unidades de apoio à ciência e tecnologia

Fontes: OCDE (2010), Banco Mundial (2010), USPTO (2010).

A intensidade de P&D como proporção do PIB representa os investimentos de firmas, centros e laboratórios de pesquisa no desenvolvimento de novas tecnologias. Nelson (2006) a classifica como todos os esforços de invenção realizados por cientistas e engenheiros direcionados aos avanços em tecnologias de produto e de processo. Além disso, a realização de P&D requer interações muito próximas e dinâmicas entre os agentes envolvidos, assim como investimentos e ações complementares. Desse modo, encontra-se intimamente ligada à produção de bens e serviços.

Melo (1996) destaca que uma grande inovação organizacional das grandes firmas fora a implantação dos centros de P&D, em fins do século XIX. O esforço em atividades de pesquisa e desenvolvimento torna-se relevante para que firmas e outras instituições envolvidas em inovação possam trabalhar informações e

conhecimentos existentes em suas próprias rotinas e adquiridos do ambiente externo à firma, visando desenvolver sistemas autônomos de aprendizado tecnológico e organizacional. Archibugi e Michie (1997) afirmam que o papel da P&D se torna muito importante para as firmas enfrentarem níveis elevados de competição nos mercados nacionais.

As patentes são um meio de representar os conhecimentos codificados gerados por firmas e organizações, tornando-se um modo de mensurar as inovações tecnológicas com propósitos comerciais. Segundo Castellacci e Archibugi (2008), patentes podem ser consideradas como uma boa *proxy* das invenções passíveis de ser comercialmente exploradas. A forma de patenteamento considerada nesta pesquisa é aquela registrada como patentes de utilidade, também conhecidas como patentes relacionadas à invenção, conforme especificado no Quadro 1. Esta forma de patentes reflete melhor os objetivos de mensuração dos SNI nesta pesquisa, devido ao fato de possuírem uma maior propensão a se tornar inovações. Segundo USPTO (2010), a origem da patente é definida a partir da residência nacional do primeiro autor que a registrou.

Segundo OCDE (2010a), o pessoal envolvido com pesquisa é engajado na geração de novas tecnologias, produtos, processos, sistemas e métodos, além do manejo de projetos de pesquisa. Os pesquisadores são considerados os elementos centrais do sistema de pesquisa e desenvolvimento (P&D). Nelson (2006) define as atividades de pesquisa como um importante componente do capitalismo, fornecendo meios para a interação do meio acadêmico com o produtivo, principalmente no campo das ciências aplicadas.

Dos indicadores de infraestrutura tecnológica, o acesso à internet é bastante relevante a este estudo devido não somente à sua estreita relação com o mundo dos negócios, mas também à sua importante relação com o acesso ao conhecimento, proporcionando sua difusão e circulação em território nacional e ao redor do mundo. Conforme afirmam Archibugi e Coco (2004), a internet se tornou rapidamente uma das bases das tecnologias da informação e comunicação (TIC). O acesso a linhas telefônicas fixas e móveis, por sua vez, é outra variável de infraestrutura tecnológica fundamental, não apenas às atividades econômicas e à vida social, mas ainda à realização de negócios e investimentos, além de permitir a identificação de populações com capital humano capaz de adquirir informações técnicas. O acesso a

telefone representa, por outro lado, uma forma de tecnologia definitivamente adquirida por grande número de países.

O PIB *per capita* mede o nível de riqueza bruta da população de um país, permitindo inferir acerca da capacidade produtiva de seus habitantes nos setores público e privado. Como o investimento em tecnologias e inovações possui estreita relação com o setor produtivo e na geração de maior valor agregado nos bens e serviços nacionais, a variável PIB *per capita* é capaz de captar, em determinada magnitude, a influência do esforço do desenvolvimento SNI no produto nacional. A mensuração em termos *per capita* permite ponderar o PIB dos países para efeitos de comparabilidade e redução de observações muito discrepantes na amostra.

O setor financeiro de um país, no âmbito desta pesquisa representado pelos bancos, é importante para o desenvolvimento do SNI na medida em que fornece meios e condições para o financiamento da concepção de projetos em P&D, remuneração de cientistas e engenheiros, e existência de fomento ao processo inovativo. Portanto, o crédito doméstico ao setor privado reflete o impacto do setor financeiro no financiamento das atividades de agentes privados envolvidos em geração de tecnologias e conhecimento.

A variável gastos com educação representa os investimentos em educação e treinamento no âmbito dos 31 países da OCDE. Archibugi e Michie (1997) destacam o papel do investimento em educação, considerada elemento vital do processo de desenvolvimento econômico. Para Melo (1996), os sistemas de educação e treinamento dos países são responsáveis pelo fornecimento de pessoal qualificado às firmas, com os conhecimentos e destrezas necessários ao incremento da produtividade. Os distintos níveis médios em educação e instrução verificados entre as populações dos países afetam a capacidade destes para inovar e, portanto, seus patamares de produto e renda.

Archibugi e Coco (2004) defendem que a literatura científica é uma poderosa fonte de conhecimento codificado. Os artigos científicos representam o conhecimento gerado por universidades e outros centros públicos e privados de pesquisa. Nelson (2006) afirma que as universidades são grandes fornecedoras de conhecimentos tecnológicos e científicos de caráter público, os quais são gerados e reproduzidos por meio da interação ensino-pesquisa. A publicação de artigos nas áreas mencionadas no Quadro 1 é de grande interesse das firmas, ao passo que

proporciona o contato dessas com universidades e centros de pesquisa, favorecendo trocas de informações e externalidades positivas entre as instituições. A razão para mensuração em termos *per capita* é similar àquela descrita para o PIB *per capita*.

As variáveis representativas de setor externo nesta pesquisa são balança comercial, transações correntes e exportação de bens de alto conteúdo tecnológico. Os parágrafos seguintes procuram exprimir sua importância à análise a ser empreendida neste estudo e as razões para sua utilização.

Um dos objetivos do desenvolvimento do sistema nacional de inovação é proporcionar melhorias tecnológicas à economia tecnologicamente fragmentada, ou seja, que ainda não alcançou a vanguarda tecnológica mundial. Com o incremento nos esforços de inovação e de desenvolvimento tecnológico, as firmas nacionais ganham em competitividade interna e externa enquanto ocorre a maturação desses esforços, pois incorporam às rotinas os processos que aprendem com tais atividades. Segundo Jayme Jr. e Resende (2009), a balança comercial, representada por exportação líquida de bens físicos, seria uma das formas de avaliar o desempenho externo da economia e se os esforços mencionados estão agindo de forma a influenciar os saldos em exportações líquidas⁵⁰. Nesta pesquisa, essa abordagem será utilizada como investigação em um primeiro momento da relação entre SNI e contas externas⁵¹.

A conta balança comercial a preços correntes está mensurada em percentagem do PIB corrente, sendo calculada pela média de três anos em torno do ano de 1997 e igualmente obtida em relação a 2007. O cálculo dessa média é assim definido para reduzir os impactos pontuais ou conjunturais presentes ano a ano na balança comercial, os quais não permitem avaliar com segurança seu comportamento em apenas doze meses.

No entanto, a competitividade de uma economia não está ligada somente a saldos positivos em exportações líquidas, mas também à geração de superávits em transações correntes. Assim, a exploração da relação saldo em transações

⁵⁰ Nesta pesquisa, saldos em balança comercial e exportações líquidas possuem o mesmo significado.

⁵¹ A variável representativa para mensurar balança comercial neste estudo é o saldo externo em bens e serviços a preços correntes. Esta equivale às exportações líquidas de bens e serviços não fatores. Apesar de ser mensurada a preços correntes, a mesma permitirá a comparabilidade entre os SNI, pois será calculada em relação ao PIB a preços correntes.

correntes e grau de desenvolvimento do SNI é outro meio de se avaliar os impactos do desenvolvimento tecnológico de um país no desempenho externo da economia. Segundo Jayme Jr. e Resende (2009), o grau de desenvolvimento do SNI influencia o saldo em transações correntes, sendo um dos pontos investigados nesta pesquisa.

A conta transações correntes do balanço de pagamentos está ajustada sazonalmente e mensurada em percentual do PIB a preços de 2000 e paridade do poder de compra, ambos em dólares americanos (OCDE, 2010a). Em seu cômputo foi utilizada média simples de três anos: representando o ano de 1997, a estimativa foi obtida a partir de valores de 1996, 1997 e 1998; para 2007, os valores em transações correntes são oriundos da média simples de 2006, 2007 e 2008. O motivo para uso das médias em detrimento do saldo anual para 1997 e 2007 se deve à variabilidade ou volatilidade dos saldos em transações correntes de um ano para outro, não permitindo definir padrões superavitários ou deficitários em apenas um dado ano, o que pode ser reduzido por meio da consideração no cômputo da rubrica por meio de anos vizinhos àquele de interesse.

Jayme Jr. e Resende (2009) afirmam que as decisões de política econômica de um país interferem diretamente sobre o saldo em balança comercial e transações correntes, influenciando, portanto, o comportamento de suas contas externas⁵². Assim, reforçando-se os motivos do parágrafo anterior, nesta pesquisa o modo de se mitigar a influência destas políticas sobre o saldo das duas contas externas se dará por intermédio do cálculo da tendência ou média dos saldos ao longo de três anos consecutivos no resultado efetivamente utilizado da referida conta.

A variável exportação de bens de alto conteúdo tecnológico possui relevância à investigação, pois expressa em percentual a magnitude de todos os bens de tecnologia avançada exportados em relação ao total de bens manufaturados produzidos. Envolve exportação de produtos intensivos em P&D, aeroespaciais, computadores, farmacêuticos, instrumentos científicos e material elétrico (THE WORLD BANK, 2010). É importante salientar que Jayme Jr. e Resende (2009) revelam, a partir de comparações gráficas com os países da OCDE de forma conjunta, que a maior parcela de suas exportações se concentra em bens de alto e médio conteúdo tecnológico. Dessa maneira, correlacionar o grau de

⁵² Alguns exemplos contundentes que dependem dessas políticas são a taxa de crescimento do produto nacional, a taxa de juros básica, o controle da inflação e, em um patamar significativo, a política cambial.

desenvolvimento do sistema de inovação com a variável em questão não apenas contribuirá para testar essa hipótese, mas também permitirá demonstrá-la por meio de ranqueamento, correlações gráficas e por postos e valores de correlação múltipla.

Todos os dados desta pesquisa são oriundos das bases estatísticas das instituições responsáveis por mensurar variáveis relacionadas ao estudo da economia da inovação. Dentre elas, três merecem destaque: OCDE; Banco Mundial ou *The World Bank*, na sigla em inglês; e USPTO.

A OCDE e o Banco Mundial são instituições que reúnem informações e estatísticas sobre a grande maioria dos países utilizados nesta pesquisa. Da primeira, as variáveis coletadas são intensidade em P&D, pesquisadores, PIB *per capita* e transações correntes, sendo realizada apenas uma modificação na mensuração da variável transações correntes, conforme especificado anteriormente. A segunda possui as estatísticas de acesso à internet e telefone, crédito doméstico ao setor privado, gastos com educação, artigos *per capita*, balança comercial e exportação de bens de alto conteúdo tecnológico. As modificações na mensuração dos dados atingiram as seguintes variáveis: acesso a telefone, adequada de número total para número por cem habitantes; artigos *per capita*, com a divisão do número total de artigos pela população residente do mesmo ano, ou seja, 1997 e 2005; balança comercial e transações correntes, em quais foram calculadas razões entre seus valores nominais e o respectivo PIB.

O USPTO, escritório de patentes e marcas dos Estados Unidos, possui estatísticas relativas a várias formas de patenteamento de todos os países. Os números de patentes para invenção dos SNI da OCDE foram extraídos dessa base. A variável utilizada, no entanto, foi trabalhada e adequada a termos *per capita*, objetivando retirar o grande peso de patenteamento que países tecnologicamente avançados como Estados Unidos, Japão e Alemanha possuem na amostra.

A próxima seção apresentará a metodologia para estimação dos dois índices responsáveis por mensurar os diferentes graus de desenvolvimento dos 31 SNI da OCDE.

3.2 CONSTRUÇÃO DOS ÍNDICES DE DESENVOLVIMENTO

O SNI representa um conceito bastante abstrato em sua composição ou estrutura, devido à abrangência de seu caráter teórico, reunindo uma gama extensa de instituições, meios de interação e cooperação entre diferentes agentes do sistema. A um conceito abstrato Barroso e Artes (2003) denominam *constructo*, salientando que na maioria das vezes uma variável não é suficiente para mensurar suas características⁵³. Sendo assim, concluem que um dos meios para se identificar e mensurar um *constructo* está relacionado ao uso da Análise Fatorial. Sobre este ponto, Fávero e outros (2009) afirmam ser importante a mensuração dos *constructos*, denominados *escores* na Análise Fatorial, pois contribui para representar de forma parcimoniosa as informações e particularidades presentes nas variáveis originais que, por determinadas razões, talvez não fossem identificáveis⁵⁴.

Neste estudo, a Análise Fatorial será o ponto de partida para a construção dos elementos efetivamente responsáveis por mensurar e garantir a comparabilidade entre os SNI da OCDE: o Índice Parcial de Desenvolvimento do Sistema (IPDS); e o Índice de Desenvolvimento do Sistema, inéditos na literatura dos Sistemas Nacionais de Inovação. Portanto, a maior contribuição da metodologia utilizada para mensuração dos SNI será proporcionar índices que captem o estágio ou grau de desenvolvimento do SNI baseado nas variáveis sistêmicas desta pesquisa, além de permitir sua associação ao desempenho externo dos países da OCDE.

Entretanto, é importante salientar que a Análise Fatorial será condicionante para a utilização da metodologia de construção dos indicadores. Assim, critérios de adequabilidade da Análise Fatorial aos dados serão definidos para avaliar se os fatores obtidos e, por conseguinte, os escores fatoriais, são apropriados à obtenção dos IPDS e IDS.

As próximas três subseções reúnem os métodos utilizados para a construção dos índices de mensuração de SNI, IPDS e IDS. A estimação dos indicadores é

⁵³ Sbicca e Pelaez (2006) compartilham desta mesma opinião ao comentar o uso exaustivo de estatísticas isoladas em análises de SNI, como patentes, e razão P&D e vendas.

⁵⁴ É interessante ressaltar a observação feita por Fávero e outros (2009) sobre a presença de *outliers* na amostra e dados com viés. Segundo esses autores, esses elementos são capazes, em certas ocasiões, de distorcer os resultados encontrados, prejudicando a correta distribuição das variáveis em fatores. O principal motivo remete ao cálculo das matrizes de variâncias e covariâncias e correlações, que podem apresentar medidas equivocadas.

realizada necessariamente por meio de escores fatoriais ortogonais, obtidos na Análise Fatorial.

3.2.1 Análise Fatorial

A Análise Fatorial é um instrumental que permite descrever a variância de um conjunto de variáveis de uma amostra a partir de um número menor de elementos, chamados *fatores comuns*, não correlacionados entre si, mas correlacionados com as variáveis originais (MINGOTI, 2005).

A Análise Fatorial possui raízes teóricas nos campos científicos das ciências sociais, iniciando-se a partir do estudo pioneiro de Spearman (1904). Em seus primórdios, a Análise Fatorial apresentava caráter notadamente empírico, havendo grande carência no sentido de existir uma técnica dentro do referido método que pudesse ser utilizada eficientemente em outros ramos da ciência. Todavia, Lawley, na década de 1940, ao sugerir um rigor matemático para a aplicação desta, possibilitara sua maior aplicabilidade em outras áreas da psicologia (BARROSO; ARTES, 2003).

O modelo de Análise Fatorial ortogonal procura definir fatores não correlacionados entre si dois a dois, resumindo as principais informações das variáveis originais. Os coeficientes dos fatores, indicativos da correlação entre as variáveis amostrais e os próprios fatores, são denominados *cargas fatoriais*, e suas estimativas, *escores fatoriais*. Para sua validade teórica como modelo ortogonal, a Análise Fatorial deve atender a cinco pressuposições elementares (MINGOTI, 2005):

- (i) $E[F_{rx1}] = 0$, equivalente a $E[F_j] = 0, j = 1, 2, \dots, n$, ou seja, os fatores comuns possuem médias iguais a zero;
- (ii) $Var[F_{rx1}] = I_{n \times n}$. Os fatores F_j não são correlacionados entre si, com variâncias iguais a 1 e covariâncias iguais a zero;
- (iii) $E[\varepsilon_{px1}] = 0$, implicando $E[\varepsilon_j] = 0, j = 1, 2, \dots, p$. Assim, os erros possuem médias nulas;
- (iv) $Var[\varepsilon_j] = \psi_j$ e $Cov(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0, \forall i \neq j$. Portanto, os erros não possuem necessariamente única variância e são não correlacionados entre si;

- (v) $Cov(\varepsilon_{px1}, F_{rx1}) = 0$, isto é, não há dependência entre os vetores de erros aleatórios e os fatores comuns.

No âmbito desta pesquisa, as cargas fatoriais obtidas estão baseadas no método de Componentes Principais (ACP), rotacionadas pelo método ortogonal *varimax* com normalização de Kaiser, este último visando melhorar a interpretação dos fatores comuns obtidos e facilitar sua nomeação. A estimação dos escores fatoriais será realizada a partir do método de regressão dos mínimos quadrados ponderados, adequado para a Análise Fatorial estimada a partir de Componentes Principais. Este método possui, como vantagem ao método de regressão por mínimos quadrados ordinários, a premissa de considerar que a variância do erro aleatório do modelo de Análise Fatorial ortogonal nem sempre é homocedástica, proporcionando sua ponderação e, assim, estimativas não viesadas⁵⁵ (MINGOTI, 2005).

Para ilustrar um modelo de Análise Fatorial, apresenta-se no exemplo abaixo r fatores comuns comportando-se de forma linear, determinando p variáveis. No âmbito desta pesquisa, as p são exatamente as nove variáveis sistêmicas dos SNI da OCDE. Assim,

$$\begin{cases} X_1 = a_{11}F_1 + a_{12}F_2 + \dots + a_{1r}F_r + \varepsilon_1 \\ X_2 = a_{21}F_1 + a_{22}F_2 + \dots + a_{2r}F_r + \varepsilon_2 \\ \dots \\ X_p = a_{p1}F_1 + a_{p2}F_2 + \dots + a_{pr}F_r + \varepsilon_p \end{cases} \quad (1)$$

onde os a_{ij} são as cargas fatoriais, F_r são os fatores comuns, ε_p são os erros aleatórios e X_p são as nove variáveis sistêmicas para todos os SNI da OCDE, nos anos de 1997 e 2007. A estimação das cargas e escores fatoriais pode ser realizada por meio da matriz de variâncias e covariâncias ou da matriz de correlações.

A escolha do número de fatores pode ser respaldada pela regra geral mencionada por Barroso e Artes (2003): conciliar a quantidade de fatores obtidos com sua capacidade interpretativa. No entanto, alguns critérios básicos são válidos

⁵⁵ As estimativas por meio dos mínimos quadrados ordinários pode ser viesado, pois desconsidera a possibilidade de heterocedastia da variância dos erros (MINGOTI, 2005).

como suporte a essa tarefa. Os critérios de escolha do número de fatores comuns neste estudo serão respaldados pelo percentual da variância amostral explicada pelos fatores, sendo o percentual desejável acima de 70%, e pelo critério de Kaiser, o qual recomenda extrair fatores comuns que possuam raízes características superiores à unidade.

Sobre este ponto, é importante salientar que o número de fatores estimados é desconhecido *a priori*, haja vista o número de variáveis e a variabilidade dos dados. Portanto, os critérios utilizados para determinar a quantidade de fatores são na verdade um norte, pois há carência de testes estatísticos que comprovem a omissão ou redundância de algum fator na análise.

A extração de fatores, no entanto, deve ser acompanhada de inferências sobre sua viabilidade, ou seja, sobre sua aplicabilidade aos dados. Assim, as principais medidas de avaliação da qualidade da Análise Fatorial utilizadas serão: teste de esfericidade de Bartlett, o qual proporciona a realização de inferência estatística acerca da matriz de correlações das variáveis, verificando se pode ser classificada como identidade⁵⁶; critério estatístico de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), baseado em correlações parciais entre as variáveis submetidas à Análise Fatorial, objetivando medir a adequabilidade do método aos dados; e MSA ou Medida Amostral de Adequabilidade, traduzindo-se em uma medida KMO para cada variável, devendo ser interpretada similarmente ao critério anterior⁵⁷.

A subseção seguinte apresenta a metodologia empreendida na obtenção do Índice Parcial de Desenvolvimento do Sistema e do Índice de Desenvolvimento do Sistema para os anos de 1997 e 2007.

3.2.2 Metodologia dos índices de desenvolvimento

O Índice de Desenvolvimento do Sistema (IPDS) foi especialmente construído com a finalidade de ranquear os países ou SNI e associá-los às três contas externas definidas nesta pesquisa. A grande vantagem deste índice é permitir a

⁵⁶ O teste utiliza a estatística qui-quadrado para o teste. A rejeição da hipótese nula implica que a matriz de correlações entre as variáveis não é identidade. Assim, há correlações entre as variáveis amostrais e a Análise Fatorial é válida (MINGOTI, 2005).

⁵⁷ Para maiores detalhes, ver Barroso e Artes (2003, p. 95-8); Fávero e outros (2009, p. 240-2); e Mingoti (2005, p. 137-8).

comparabilidade entre os SNI da OCDE em um ano e entre ambos os anos. Considerando-se as referências pesquisadas, não há índice com estimação semelhante ao IPDS, mesmo que alguns autores proponham o ranqueamento dos SNI⁵⁸. A construção deste índice requer necessariamente a ortogonalidade dos escores fatoriais. Para verificação desse requisito será realizado um teste baseado na matriz de variâncias e covariâncias dos escores para a comprovação da ortogonalidade. A matriz deverá ser identidade para que os escores sejam considerados ortogonais.

A metodologia para estimação do índice, conforme apresentado por Fernandes, Cunha e Silva (2005), é a seguinte:

$$IPDS_i = \left(\sum_{j=1}^n F_{ij}^2 \right)^{\frac{1}{2}}, \text{ sendo } j=1, 2, \dots, p, \quad (2)$$

onde $IPDS_i$ é o índice parcial associado ao *i-ésimo* país da OCDE, e F_{ij} são os escores fatoriais ortogonais. Segundo recomendação dos autores, os escores fatoriais devem ser normalizados de acordo com o seguinte método:

$$F_{ij} = \frac{(F - F_{mín})}{(F_{máx} - F_{mín})}, \quad (3)$$

sendo $F_{mín}$ o valor mínimo observado para os escores de todos os países da OCDE em um ano, e $F_{máx}$ o maior valor. A normalização dos escores fatoriais remete ao fato de alguns serem negativos, podendo elevar a magnitude em módulo do grau de desenvolvimento do SNI quando estes fossem elevados. Esse fato prejudicaria a análise, enviesando o ranqueamento, pois países com *menor* desempenho tecnológico poderiam se sobressair em relação àqueles com *melhor* grau de desenvolvimento.

⁵⁸ Dois desses autores são Archibugi e Coco (2004). Promovem o ranqueamento dos SNI da amostra por meio do índice *ArCo*, estimado com base em média simples entre as variáveis. No entanto, não chegam a associá-lo a alguma rubrica de desempenho externo no referido *ranking*.

O Índice de Desenvolvimento do Sistema (IDS), por sua vez, pode ser considerado como a versão ampliada do índice parcial, pois também será estimado para os anos de 1997 e 2007. Por meio da interação IDS e variáveis do setor externo serão realizadas a associação gráfica de dispersão e a estimação das correlações múltiplas para evidenciação da relação entre o grau de desenvolvimento do SNI e desempenho econômico externo. A principal vantagem do IDS é sua estimação partir dos pesos de cada variável que compõe o IPDS, obtidos por regressão múltipla⁵⁹. Assim, consegue-se realizar maior número de inferências do que as possíveis com o índice parcial, como análise de correlações e regressões.

A metodologia para estimação do IDS, conforme definida em Fernandes, Cunha e Silva (2005), segue o seguinte formato:

$$IDS_i = \left(\sum_{i=1}^n P_j X_i \right),$$

com

(4)

$$\sum_{j=1}^p P_j = 1$$

onde P_j são os pesos ou coeficientes, estimados por meio de regressão múltipla, IDS_i é a variável dependente e representa o índice associado ao *i-ésimo* país da OCDE, e X_i são os regressores ou variáveis explicativas relativas à estimação do IDS, representadas pelas variáveis utilizadas na Análise Fatorial. O somatório dos pesos foi restringido à unidade para que o efeito das variáveis sobre o IPDS permitisse comparações entre os anos de 1997 e 2007, visando melhorar a representatividade do IDS em relação à mensuração dos SNI. Em outras palavras, o IDS é obtido a partir do somatório do produto entre cada um dos nove coeficientes da regressão e sua respectiva variável homônima, sendo aqueles coeficientes estimados por meio da regressão múltipla do IPDS contra as variáveis em seus

⁵⁹ O termo constante não é incluído na regressão múltipla para obtenção dos pesos do IDS. O motivo é a não participação da constante na determinação do índice parcial que dá origem ao IDS.

valores originais. Do mesmo modo que o IPDS, o IDS também é um índice inédito na literatura de SNI, baseando-se nas referências consultadas⁶⁰.

A próxima subseção trata dos procedimentos que serão empreendidos no sentido obter e avaliar as associações existentes entre os 31 SNI da OCDE e as três variáveis de setor externo.

3.3 DESEMPENHO ECONÔMICO EXTERNO E SNI

A associação entre o grau de desenvolvimento do SNI e as três variáveis de setor externo será empreendida de duas formas: ranqueamento dos países de acordo com o IPDS; e associação gráfica de dispersão, com o IDS sendo utilizado para esta tarefa.

A primeira forma de associação contará com identificação tabular, a partir de *ranking* construído com o IPDS. O *ranking* demonstrará como se comportaram os 31 sistemas de inovação da OCDE em 1997 e 2007 em relação a ganhos e perdas de posições, e se a situação de suas contas externas nos referidos anos acompanha o posicionamento dos SNI, ou seja, espera-se que um SNI *mais* desenvolvido e dinâmico esteja associado a saldos positivos em balança comercial e transações correntes e a elevados patamares de exportação de bens de alta tecnologia⁶¹. Para corroborar a análise empreendida, será calculada a correlação por postos do índice parcial com cada uma das variáveis de setor externo, visando conferir maior significância e clareza aos resultados encontrados.

O método não paramétrico de Spearman para obtenção do indicador de correlação por postos, identificado como r_s , utiliza-se apenas da ordenação decrescente dos valores das variáveis de interesse no *ranking*. A fórmula para cálculo da correlação, conforme definida em Barbetta (2001), é a seguinte:

⁶⁰ Fagerberg e Srholec (2008) realizam regressões simples, com representação de linha de tendência entre a *proxy* de desenvolvimento econômico, definido como PIB *per capita*, e o escore fatorial intitulado *sistema de inovação*. Não há construção de índice para mensurar características deste fator comum.

⁶¹ Sobre este ponto, Jayme Jr. e Resende (2009) advertem que essa associação esperada entre SNI desenvolvido e saldos positivos em balança comercial e transações correntes não é válida para o centro do sistema financeiro mundial. Nos Estados Unidos e Reino Unido, saldos superavitários da conta financeira do balanço de pagamentos tendem a ser persistentes e significativos, possibilitando a ocorrência de saldos negativos nas duas contas.

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n D_i^2}{n(n^2 - 1)}, \quad (5)$$

onde r_s é a correlação por postos de Spearman, D_i a diferença ou subtração dos postos entre duas variáveis⁶², calculado para cada elemento, $\sum_{i=1}^n D_i^2$ a soma dos quadrados da diferença entre os postos de duas variáveis para cada observação, e n o número de elementos observados na amostra de países desta pesquisa. A correlação por postos pode variar entre -1 e +1, sendo sua interpretação idêntica à da correlação paramétrica simples entre duas variáveis.

O segundo meio de associação será realizado a partir de gráficos de dispersão. Ambos os anos serão considerados, sendo o IDS a variável explicativa das *proxies* de desempenho externo. Representações de linha de tendência e suas respectivas características serão adicionadas aos gráficos para permitir sua melhor compreensão. Além disso, a regressão que dá origem à linha de tendência, e seu coeficiente ou grau de ajustamento aos dados, o R^2 , também serão incluídos nas ilustrações. Deste indicador serão calculadas as correlações múltiplas da associação das variáveis para cada ano, totalizando seis indicadores de correlação⁶³.

O próximo capítulo desta pesquisa reúne todos os resultados encontrados para a relação entre SNI e desempenho econômico externo nos anos de 1997 e 2007, procurando apresentar as principais evidências encontradas para o problema de pesquisa proposto. O capítulo se inicia com uma breve análise dos dados disponíveis para os 31 países selecionados. Após este subitem, passa-se à discussão dos demais resultados encontrados para a Análise Fatorial estimada, o ranqueamento dos SNI e das contas de setor externo de acordo com o critério IPDS e, por fim, procede-se à análise gráfica de dispersão.

⁶² Para cálculo da diferença, os postos ou posições de cada variável estão organizados de acordo com seus maiores valores no *ranking*. Assim, para realização da correlação por postos entre IPDS e balança comercial, por exemplo, os 31 países da OCDE foram organizados em postos de acordo com a ordem decrescente de seus valores.

⁶³ Ao contrário da correlação por postos, os valores de correlação múltipla apresentam estritamente coeficientes positivos, devido ao fator de serem obtidos por meio da extração da raiz quadrada do R^2 .

4 SISTEMAS NACIONAIS DE INOVAÇÃO DA OCDE E DESEMPENHO DO SETOR EXTERNO

4.1 ANÁLISE DESCRITIVA DAS VARIÁVEIS DO IPDS E IDS

Os países da OCDE, apesar de em conjunto formarem uma das organizações político-econômicas mais influentes do mundo, não apresentam desenvolvimento uniforme. Determinados países, como Portugal, Espanha, México, Turquia e Grécia, não possuem estrutura macroeconômica similar a de países considerados líderes na economia capitalista, como Estados Unidos, Reino Unido, França e Alemanha⁶⁴.

Portanto, é importante que se realize, antes de qualquer análise propriamente dita de resultados, uma discussão acerca dos dados disponíveis e utilizados na amostra. Essa discussão será pautada em dados e estatísticas agregados, objetivando oferecer maior nitidez acerca da relevância da organização como base para os interesses em estudos de SNI.

A Tabela 1 apresenta resumo global da amostra dos 31 países para o ano de 1997.

Tabela 1 – Estatísticas descritivas das variáveis de SNI, ano 1997

Variáveis	Média	Coef. de variação	Valor máximo	Valor mínimo
Patentes <i>per capita</i>	4,73E-05	118,39	2,26E-04	7,89E-08
Intensidade em P&D	1,59	50,24	3,48	0,31
Pesquisadores	5,15	47,15	10,56	0,58
Acesso à internet	9,22	83,20	27,57	0,47
Acesso a telefone	63,27	37,06	106,48	11,71
PIB <i>per capita</i>	21972,03	36,34	44409,97	8996,31
Gastos com educação ('95)	4,99	26,62	7,91	2,25
Artigos <i>per capita</i>	4,92E-04	63,50	1,11E-03	2,45E-05
Crédito doméstico	79,75	55,21	217,93	20,83

Fonte: Elaborado pelo autor com base em OCDE (2010a), Banco Mundial (2010) e USPTO (2010).

Para o ano de 1997, o comportamento da variável patentes *per capita* é bastante irregular, com coeficiente de variação próximo a 118%, significando que nem todos os países da OCDE possuem altos patamares de patenteamento no

⁶⁴ Contudo, os países da OCDE podem ser considerados desenvolvidos, salvo algumas exceções.

USPTO. Os destaques na obtenção de registros de patentes ficam por conta de Estados Unidos, país detentor do valor máximo da amostra e Japão. A Turquia ostenta a última posição no ranqueamento da variável, com valor mínimo praticamente irrelevante.

A variável intensidade em P&D, representativa dos investimentos empreendidos por centros de pesquisa, universidades e firmas para a produção de pesquisa e desenvolvimento, possui média em torno de 1,59%. Seu coeficiente de variação representa menos da metade do de patentes *per capita*. Portanto, considerável parcela das nações procuram apoiar ou desenvolver projetos de investimento em pesquisa e desenvolvimento. A comprovação aparece via valor máximo e mínimo: apesar da distância proporcional entre os valores, estes não são irrelevantes a ponto de suscitar investimentos pouco importantes, como acontece em muitos países periféricos. O valor máximo corresponde à Suécia e, o mínimo, ao México.

A variação dos pesquisadores nos países da OCDE aproxima-se da intensidade em P&D. Portanto, esse pode ser um indício que a presença da atividade de pesquisa é inerente aos gastos com pesquisa e desenvolvimento. A Finlândia possui 10,56% pesquisadores por mil trabalhadores, maior percentual da OCDE para 1997, enquanto o México, que também apresenta a menor taxa em P&D, possui também a menor taxa em número de profissionais.

O acesso a elementos de infraestrutura tecnológica, internet e telefone, apresentam variações notáveis ao longo dos países. As linhas telefônicas e de celulares se encontram relativamente disseminadas, com baixo coeficiente de variação e o valor máximo de 106 linhas por 100 habitantes: trata-se da Suécia. O valor mínimo para esta variável é encontrado no México. Ao contrário do alcance residencial e móvel das linhas telefônicas, o acesso à internet ainda era mal distribuído e concentrado nos países mais ricos em 1997: alto coeficiente de variação, baixa média e valor máximo pouco representativo, como podem ser observados na Tabela 1. Os destaques da cobertura de internet são: Islândia, com valor máximo; e Turquia, com o mínimo.

O PIB *per capita*, variável representativa para a mensuração da riqueza média de um país, mostra-se em um patamar elevado, com média superior a US\$ 21900. O coeficiente variação, da ordem de 36,34%, e a média para toda a OCDE, indicam

que a maioria dos países é de média e alta renda, apesar de distância entre seus valores máximo e mínimo ser representativa. Um minúsculo país, Luxemburgo, apresenta o maior PIB *per capita* dentre os membros; a Turquia, o menor.

As variáveis gastos com educação e artigos *per capita* não apresentam conexão direta, como no caso de pesquisadores e investimento em inovação. Apesar de o investimento médio em educação representar aproximadamente 5% do PIB da OCDE, esse não está sendo adequadamente aproveitado no setor acadêmico para desenvolvimento de pesquisas publicáveis, haja vista o coeficiente de variação da variável de artigos *per capita*, de 63,50%, e sua grandeza em relação aos gastos com educação, mais uniformemente distribuídos. O destaque em educação é Noruega, ao passo que na Turquia ocorre o menor investimento percentual.

Por fim, o crédito doméstico às firmas é elevado, mas não disponibilizado em considerável uniformidade: a variação dentro da organização chega a aproximadamente 55%. Esse fato é refletido pelas grandezas dos valores máximo e mínimo da variável. O Japão é o país com maior volume de crédito concedido; na Polônia, as firmas recorrem predominantemente a outras fontes de recursos financeiros, sejam próprios ou estrangeiros: sua taxa de crédito doméstico é a menor da OCDE no ano de 1997.

A Tabela 2 seguirá o objetivo da anterior, procurando demonstrar a partir de estatísticas simples para o ano de 2007 o comportamento das variáveis de SNI.

Tabela 2 – Estatísticas descritivas das variáveis de SNI, ano 2007

Variáveis	Média	Coef. de variação	Valor máximo	Valor mínimo
Patentes <i>per capita</i>	6,31E-05	111,89	2,64E-04	2,60E-07
Intensidade em P&D	1,84	50,53	3,61	0,38
Pesquisadores	6,99	42,09	14,47	0,86
Acesso à internet	62,40	28,26	88,89	21,25
Acesso a telefone	151,07	15,77	194,32	81,98
PIB <i>per capita</i>	28176,65	36,93	65392,59	11119,71
Gastos com educação ('05)	5,31	22,05	8,28	3,12
Artigos <i>per capita</i> ('05)	5,47E-04	54,11	1,18E-03	3,79E-05
Crédito doméstico	124,04	52,78	319,56	19,57

Fonte: Elaborado pelo autor com base em OCDE (2010a), Banco Mundial (2010) e USPTO (2010).

Comparando-se as estatísticas descritivas de 2007 com as de 1997, aquelas apresentam sensíveis diferenças em algumas variáveis, sendo a grande parte representada por uma elevação agregada e por país. Contrariando essa tendência, a variável patentes *per capita* não apresenta mudança significativa no intervalo de dez anos: os valores de média e coeficiente de variação pouco se alteram, ou seja, a distribuição da atividade de patenteamento continua significativamente desigual entre as nações da OCDE. Os países com maior e menor valor neste quesito não se alteram, apesar da melhora no esforço da Turquia.

As variáveis intensidade em P&D e pesquisadores seguem a tendência de 1997: variam em conjunto, com uma leve redução da variação desta última, não proporcionando ainda diminuição do coeficiente da primeira, que se encontra estabilizada. No entanto, ambas as médias aumentaram, assim como os valores máximo e mínimo. Suécia e México mantêm suas posições nestas características.

No entanto, as mudanças mais significativas verificadas na Tabela 2 remetem às variáveis relacionadas ao acesso à internet e telefone. Observa-se, além do crescimento de suas médias, uma redução sensível em seus coeficientes de variação, indicando maior abrangência e disponibilidade destes serviços na comunidade de países. O grande destaque é visível no patamar do coeficiente de variação para acesso a telefone, o menor dentre todos. Novamente a Islândia apresenta o maior acesso à internet, sendo o último colocado o México. No tocante às linhas telefônicas e celulares, Luxemburgo está na dianteira, com o México possuindo o menor desempenho.

O PIB *per capita*, apesar de ter se elevado entre os países-membros, ainda apresenta variação praticamente idêntica à de 1997, com Luxemburgo relacionado ao valor máximo, bastante elevado, e o México ao menor.

As variáveis de educação, gastos com educação e artigos *per capita*, apresentam diminuição de seus coeficientes de variação, mas a diferença entre eles continua perceptível. Atentando-se ao fato do aumento de suas médias, a Dinamarca passa à liderança dos gastos com educação, permanecendo a Turquia como menor expoente neste quesito. A publicação de artigos ganha destaque com a Suíça. O México apresenta a menor taxa dentre as nações.

O crédito doméstico ao setor privado recebeu maior aporte de recursos disponibilizados por instituições financeiras de cada SNI, comprovadamente

observado se considerado os valores médio, máximo e mínimo dos dados. O maior valor corresponde à Islândia, e o menor, ao México. Entretanto, o coeficiente de variação pouco se altera em dez anos, permitindo interpretar que a distribuição dos recursos financeiros entre os membros da OCDE não se encontra perto da uniformidade. De fato, a diferença entre os valores máximo e mínimo mostra-se de grande magnitude.

A análise no intervalo de dez anos permite concluir que as melhores estatísticas dos países-membros pertencem aos territórios mais desenvolvidos e ricos, enquanto os países menos desenvolvidos ou periféricos apresentam os menores valores, notadamente México e Turquia.

No âmbito desta pesquisa, para obtenção das estatísticas descritivas apresentadas e resultados da Análise Fatorial, o *software* utilizado foi o Stata 10.1 SE. No que se refere ao cálculo dos índices IPDS E IDS, à organização dos *rankings*, à obtenção das correlações por postos, gráficos de dispersão e correlação múltipla, o *software* utilizado foi o Microsoft Excel.

A próxima seção contém os principais resultados e discussão relativos à estimação do modelo de Análise Fatorial com as nove variáveis na condição de *proxies* das atividades de SNI.

4.2 ESTIMAÇÃO DOS FATORES COMUNS

O fato de o SNI ser um *constructo*, ou seja, não definido *a priori* ou padronizado em relação a variáveis e dados utilizados em sua mensuração, não permite realizar, na maioria das vezes, uma análise econométrica e multivariada confirmatória, apenas exploratória⁶⁵.

Sendo assim, a Análise Fatorial exploratória a que foi submetida a amostra de nove variáveis *proxies* de sistema de inovação permitiu a obtenção de dois fatores comuns para o ano de 1997, e três para o segundo ano. Ressalte-se que para a retenção do número de fatores comuns, critérios descritos em Barroso e Artes (2003) foram adotados: magnitude de raízes características superior à unidade,

⁶⁵ Um modelo multivariado ou econométrico confirmatório seria aquele previamente definido, por hipótese, utilizado para testar a validade de amostras distintas. A análise a partir de modelos não especificados é caracterizada como exploratória, ou seja, o modelo é construído sem grandes detalhes acerca de sua verdadeira estrutura (MINGOTI, 2005).

segundo critério de Kaiser; e variância acumulada das variáveis acima de 70% da amostra⁶⁶. Reter os fatores com maior parcela de variância possível auxilia na análise do modelo na medida em que permite realizar inferências mais confiáveis, além de reduzir a importância relativa da parcela não explicada dos dados.

Os critérios para retenção de dois fatores comuns para o ano de 1997 estão relacionados na Tabela 3. Nesta, observa-se pelo critério de Kaiser a existência de apenas dois autovalores com magnitude acima da unidade. A variância acumulada para os dois fatores é da ordem de 79,50%, adequada para representar as nove variáveis de sistema.

Tabela 3 – Fatores obtidos pelo método de Componentes Principais, ano 1997

Fator	Raiz característica	Variância explicada pelo fator (%)	Variância acumulada (%)
1	5,791	64,34	64,34
2	1,365	15,16	79,50

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Tabela 4 contém as variáveis, cargas fatoriais, unicidade e MSA de cada variável, e o percentual de variância total de cada fator para o ano de 1997. A maior carga fatorial de uma variável, ou correlação desta variável com o fator, destacada em negrito, determina sua classificação em determinado fator comum.

⁶⁶ Entretanto, Hair e outros (1995) consideram retenção da variância amostral a partir de 50% como patamar adequado à aplicação da Análise Fatorial.

Tabela 4 – Resultados da Análise Fatorial, ano 1997

Variáveis	Fator 1: Requisitos à inovação e ambiente macroeconômico	Fator 2: Capital humano, criação e difusão de conhecimentos	Unicidade	MSA
Patentes <i>per capita</i>	0,8858	0,1961	0,1768	0,8592
Intensidade em P&D	0,7674	0,4856	0,1752	0,8297
Pesquisadores	0,6446	0,6341	0,1824	0,8277
Acesso à internet	0,4126	0,7953	0,1973	0,8488
Acesso a telefone	0,5951	0,7159	0,1333	0,8696
PIB <i>per capita</i>	0,6764	0,4103	0,3742	0,8511
Gastos com educação ('95)	-0,0798	0,8967	0,1895	0,8266
Artigos <i>per capita</i>	0,3531	0,8012	0,2334	0,8178
Crédito doméstico	0,9041	0,0113	0,1825	0,8306
Variância explicada (%)	41,33	38,17		
KMO	0,8412			
Teste esfer. de Bartlett (χ^2)	240,93			

Fonte: Elaborado pelo autor.

A estatística KMO retornou valor de 0,8412, revelando ótima adequabilidade dos dados à Análise Fatorial empreendida, assim como o KMO individual de cada variável, o MSA. O teste de esfericidade de Bartlett foi significativo a 1%⁶⁷. Portanto, a matriz de correlações das variáveis não é uma matriz identidade.

O primeiro fator contém cinco das nove variáveis, sendo as três primeiras altamente relacionadas com o processo inovativo, contemplando ainda aquelas relacionadas ao ambiente macroeconômico e financeiro, suportes necessários ao fomento da inovação. As variáveis patentes *per capita*, intensidade em P&D e pesquisadores descrevem os requisitos para o surgimento de inovações, por meio da pesquisa realizada com capital humano especializado, com os investimentos necessários e a consolidação da invenção em patentes⁶⁸.

O PIB *per capita* seria a variável representativa da riqueza do país. Permite inferir sobre a qualidade de vida de sua população, disponibilidade de trabalho, nível educacional e de saúde. Portanto, a população com melhor nível de instrução e poder aquisitivo demanda produtos e serviços cada vez mais dinâmicos e diferenciados. Assim, as firmas destes países devem prezar pela inovatividade em seus projetos e investimentos. Desse modo, as taxas de inovação e investimentos em novas tecnologias nas indústrias dos países com maior PIB *per capita* devem

⁶⁷ Estatisticamente significativo ao valor crítico de 63,69 (40 graus de liberdade).

⁶⁸ O fator encontrado encontra respaldo em Fagerberg e Srholec (2008). Nesse estudo, porém, a Análise Fatorial realizada agrupa as variáveis mencionadas acima e crédito doméstico no Fator 1.

ser, em tese, superiores à dos outros países. O crédito doméstico ao setor privado deve ser encarado como um estímulo oriundo do sistema financeiro nacional para auxílio ao desenvolvimento da atividade inovativa. Empréstimos mais longos, como aqueles atrelados ao passivo a longo prazo das firmas, cumprem o papel de atrair recursos financeiros aos departamentos de pesquisa e desenvolvimento, proporcionando determinada margem de manobra às atividades rotineiras das firmas.

O segundo fator, representado pelas variáveis relacionadas à infraestrutura tecnológica e pela produção de conhecimento codificado, apresenta as quatro variáveis restantes como responsáveis por explicar aproximadamente 38% da variância do modelo de Análise Fatorial adotado. O acesso a telefone e internet são fatores que permitem a agilidade da transmissão do conhecimento, sobretudo codificado. Isso se deve à utilização em larga escala dos serviços proporcionados por ambos, como envio de mensagens, fax e acesso a endereços eletrônicos diversos. O investimento em educação se torna uma ferramenta de suma importância à formação de capital humano, como, por exemplo, de novos pesquisadores. A prioridade no incentivo à educação de qualidade durante o desenvolvimento acadêmico e profissional do indivíduo gera externalidades positivas à produção e publicação de artigos técnico-científicos, muitas vezes de enorme valia na concepção de inventos, destacando-se o campo das ciências exatas e biológicas, como física, química e biologia.

As unicidades ou parcelas não explicadas dos dados pela Análise Fatorial podem ser consideradas baixas para ambos os fatores, abaixo de 24%. Excetuando-se a variável PIB *per capita*, com 37,42%, esse resultado corrobora a adequabilidade das variáveis à Análise Fatorial, a exemplo dos critérios de avaliação já mencionados, indicando maior poder explicativo dos fatores comuns.

Baseando-se nos critérios para retenção de fatores, considerou três fatores comuns para o ano de 2007. Houve três raízes características maiores do que a unidade, e o percentual da variância acumulada foi de 81,68%, indicando ótima representatividade das nove variáveis de sistema pelo número de fatores retidos. O resultado da escolha dos fatores é demonstrado na Tabela 5.

Tabela 5 – Fatores obtidos pelo método de Componentes Principais, ano 2007

Fator	Raiz característica	Variância explicada pelo fator (%)	Variância acumulada (%)
1	5,029	55,88	55,88
2	1,319	14,66	70,53
3	1,003	11,14	81,68

Fonte: Elaborado pelo autor.

Complementando a análise das Análises Fatoriais estimadas, a Tabela 6 apresenta as características dos fatores comuns do ano de 2007. A estatística qui-quadrado do teste de esfericidade Bartlett foi significativa a 1%⁶⁹. Em geral, as unicidades das variáveis são baixas, abaixo de 25%, indicando reduzida participação do erro aleatório na capacidade explicativa dos três fatores comuns. A exceção remete à variável crédito doméstico ao setor privado, com unicidade de 38,93%. A estatística KMO retornou valor 0,7706, considerado ótimo para aplicação da Análise Fatorial aos dados. O critério de adequabilidade MSA possui a maioria de seus valores acima de 70%, exceto para patentes *per capita* e acesso a telefone. Esse percentual condiz com boa adequabilidade individual das variáveis. No entanto, a variável acesso a telefone poderia ser excluída da Análise Fatorial estimada para o ano de 2007, devido a seu MSA de 51,47%⁷⁰. Todavia, razões para sua manutenção na análise estarão dispostas nas considerações sobre o segundo fator.

⁶⁹ Estatisticamente significativo ao valor crítico de 63,69 (40 graus de liberdade).

⁷⁰ O MSA da variável patentes *per capita* indica razoável adequação ao modelo de Análise Fatorial desta pesquisa.

Tabela 6 – Resultados da Análise Fatorial, ano 2007

Variáveis	Fator 1: Requisitos à inovação e difusão codificada do conhecimento	Fator 2: Ambiente macroeconômico e infraestrutura tecnológica	Fator 3: Capital humano e geração de conhecimento	Unicidade	MSA
Patentes <i>per capita</i>	0,9508	0,1015	-0,0516	0,0830	0,6330
Intensidade em P&D	0,8645	0,1841	0,3136	0,1203	0,7455
Pesquisadores	0,7128	0,1923	0,5382	0,1652	0,8648
Acesso à internet	0,6605	0,4088	0,4995	0,1472	0,8765
Acesso a telefone	-0,0687	0,8988	0,1351	0,1691	0,5147
PIB <i>per capita</i>	0,3731	0,7771	0,1368	0,2382	0,7301
Gastos com educação (05)	0,0317	0,1684	0,9383	0,0902	0,7313
Artigos <i>per capita</i> ('05)	0,4429	0,2478	0,7042	0,2466	0,8733
Crédito doméstico	0,3491	0,6394	0,2828	0,3893	0,8457
Variância explicada (%)	33,99	23,98	23,71		
KMO	0,7706				
Teste esfer. de Bartlett (χ^2)	190,87				

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os fatores comuns encontrados para ano de 2007 diferenciam-se apenas quanto à posição das variáveis em fatores distintos, mas se conservam as relações existentes entre elas. Em outras palavras, a grande mudança verificada neste modelo foi a separação entre as variáveis acesso a internet e telefone: a primeira alocada no primeiro fator; e a segunda no segundo fator, juntamente com variáveis de ambiente macroeconômico.⁷¹

Comparando-se a 1997, o Fator 1 deixa de conter o PIB *per capita* e o volume de crédito doméstico. Todavia, agrupa as variáveis diretamente relacionadas ao processo inovativo, conseguindo captar ainda a inclusão de uma variável muito importante na difusão de conhecimento e novas descobertas: o acesso à internet, conforme descrito anteriormente para o segundo fator do ano de 1997. A variância explicada para o fator é de aproximadamente 34%. A variável patentes *per capita*, no entanto, apresenta o menor MSA dentre as quatro, podendo-se concluir que, apesar de esta estatística indicar razoável adequabilidade ao modelo, o mesmo não pode ser retirado da análise devido à sua relevância teórica. Como afirmam Castellacci e Archibugi (2008), patentes representam uma forma codificada de conhecimento e aprendizado, passível de ser explorada comercialmente sob a forma de inovações tecnológicas.

⁷¹ Resultado semelhante para os anos 1990 e 2000 é encontrado em Castellacci e Archibugi (2008), onde ocorre a separação entre telefone e internet, sendo aquela classificada no primeiro fator e esta, no segundo. Contudo, para Fagerberg e Srholec (2008), ambas as variáveis pertencem ao fator “sistema de inovação”.

O segundo fator, reunindo ambiente macroeconômico e financeiro e de infraestrutura tecnológica, demonstra que o financiamento concedido às firmas, aliado ao elevado poder aquisitivo da população, representado pelo PIB *per capita*, influencia na adoção e expansão de suporte tecnológico à exploração de tecnologias básicas de infraestrutura visando à inovação, na medida em que faz crescer a demanda por agilidade na difusão de novos conhecimentos entre os envolvidos em atividades relacionadas à busca de novos produtos, serviços e processos. Desse modo, pode incentivar ainda a cooperação do capital humano das firmas que realizam P&D, por meio da troca de informações e conteúdos de teor codificado, mas também tácito. A unicidade das variáveis deste fator pode ser considerada moderada, em média, graças à elevada parcela não explicada do crédito doméstico ao setor privado.

Porém, no que se refere ao ajuste dos indicadores ao modelo, a variável acesso a telefone merece comentários. Com MSA de aproximadamente 51,50%, considerado ruim, segundo avaliação contida em Barroso e Artes (2003), esse componente do SNI poderia ser retirado da Análise Fatorial construída para 2007, objetivando prover de maior clareza os resultados encontrados. Entretanto, segundo Archibugi e Coco (2004), o componente telefone, seja fixo ou móvel, permite distinguir populações aptas a receber conhecimentos tecnológicos específicos e que são dotadas de considerável nível de capital humano. Além de representar uma forma tecnológica presente em vários países, está diretamente relacionado a negócios tecnológicos e financeiros, pois constitui infraestrutura fundamental para o compartilhamento de informações. Ademais, a variância captada pelo segundo fator é de aproximadamente 24%.

O terceiro fator, reunindo capital humano e geração de conhecimento, pode ser considerado um dos pilares dos Sistemas Nacionais de Inovação. Os investimentos em educação são pré-requisito para a formação de indivíduos aptos a trabalhar com as mais diversas áreas do conhecimento, as quais são dotadas de frequentes pesquisas que podem ser transmitidas por meio de artigos científicos e técnicos. Esses, além de ser fonte de conhecimento codificado, são oriundos principalmente de universidades e institutos públicos de pesquisa, apesar de pesquisadores lotados em algumas instituições privadas se destacarem nessa área (ARCHIBUGI; COCO, 2004). Sugerindo a relevância do uso de artigos científicos e

técnicos para os estudos dos SNI, Sbicca e Pelaez (2006) afirmam que a bibliometria é grande aliado nesse sentido, pois se baseia na reunião de informações sistêmicas sobre número de publicações de trabalhos acadêmicos, número de autores envolvidos, informações acerca da existência de redes entre instituições de países distintos, entre outras.

Em relação ao grau de ajuste do terceiro fator, a variância explicada pelos dois indicadores possui magnitude apreciável, sendo um pouco diminuta em relação à do segundo fator, da ordem de 23,71%.

Tomando-se como base a estatística KMO da Análise Fatorial para os anos de 1997 e 2007, a organização das variáveis em dois e três fatores comuns, respectivamente, é considerada excelente, de acordo com a recomendação de Barroso e Artes (2003).

Por outro lado, a fim de se testar a robustez dos modelos de Análise Fatorial estimados, outros resultados foram obtidos por meio de um modelo *pooled*, agrupando os anos de 1997 e 2007 em um painel com 62 observações. As tabelas com os principais resultados se encontram no apêndice B. Apesar de os resultados do modelo *pooled* também apresentarem bom ajustamento, como elevação do MSA médio das variáveis em relação ao ano de 2007 e teste de esfericidade de Bartlett significativo a 1%, os três fatores obtidos representam uma junção ou resumo daqueles obtidos para 1997 e 2007, não permitindo se identificar uma relação maior com aquele ou este ano⁷². Assim, ao resumir as informações de desenvolvimento tecnológico e econômico contidas nas nove variáveis, o modelo *pooled* não considera a evolução estrutural que os 31 SNI da OCDE apresentaram entre os anos 1997 e 2007. O aumento no número de fatores de dois para três capta essa mudança estrutural, o que não se verifica na estimação dos fatores comuns pelo agrupamento dos dados para ambos os anos⁷³.

Isto posto, o próximo passo será ranquear os SNI da OCDE com base no IPDS para ambos os anos desta pesquisa, associando-os aos seus respectivos saldos em balança comercial e transações correntes e ao patamar de suas exportações de bens de alto conteúdo tecnológico. A ortogonalidade dos fatores

⁷² As estatísticas KMO e MSA do modelo *pooled* se comportam como uma média simples aproximada das observadas para ambos os anos desta pesquisa.

⁷³ Reforçando a afirmação, Castellacci e Archibugi (2008) e Fagerberg e Srholec (2008) estimam fatores comuns a partir da separação de dois períodos temporais, similarmente ao realizado nesta pesquisa.

comuns foi testada para ambos os anos⁷⁴, indicando que os escores fatoriais são de fato ortogonais, permitindo a obtenção do IPDS a partir da Análise Fatorial realizada. A próxima subseção tratará deste assunto, separando a associação em anos, no intuito de facilitar seu entendimento.

4.3 RANQUEAMENTO E ASSOCIAÇÃO DOS SNI AO DESEMPENHO EXTERNO DA ECONOMIA

O Índice Parcial de Desenvolvimento do Sistema trabalha os escores fatoriais ortogonais de forma a permitir o ranqueamento dos SNI da OCDE para associação entre o grau de desenvolvimento tecnológico e inovativo do país e o desempenho externo da economia. A classificação dos países no *ranking* é organizada de acordo com valores decrescentes do IPDS. A Tabela 7 promove, para o ano de 1997, a associação entre os indicadores de desempenho externo e o índice para os 31 países da OCDE selecionados para esta pesquisa.

⁷⁴ O resultado dos testes retornou matrizes identidade de variâncias e covariâncias para 1997 e 2007. Os testes de ortogonalidade se encontram no apêndice A.

Tabela 7 – Associação entre grau de desenvolvimento dos SNI da OCDE e desempenho externo, ano 1997

Países	Posição	IPDS	Balança comercial	Transações correntes	Exportação de bens de alto conteúdo tecnológico
Suécia	1	1,099	6,93	4,51	19,12
Finlândia	2	1,037	7,50	5,53	19,16
Noruega	3	1,029	6,33	4,78	14,90
Japão	4	1,004	1,16	2,94	25,95
Estados Unidos	5	0,959	-1,44	-1,83	31,83
Dinamarca	6	0,954	3,56	0,46	17,72
Suíça	7	0,875	4,99	11,18	14,96
Islândia	8	0,832	-1,10	-3,77	19,93
Canadá	9	0,789	2,66	-0,53	15,48
Austrália	10	0,721	-0,23	-3,00	11,54
Países Baixos	11	0,673	5,21	4,82	26,64
Nova Zelândia	12	0,658	0,43	-4,56	9,11
Reino Unido	13	0,638	-0,05	-0,41	27,36
Luxemburgo	14	0,631	18,00	10,77	14,55
França	15	0,626	2,32	2,32	20,77
Alemanha	16	0,623	1,17	-0,68	13,85
Áustria	17	0,601	-0,50	-2,58	10,63
Eslovênia	18	0,598	-1,11	-0,04	4,06
Bélgica	19	0,528	3,57	5,30	8,79
Irlanda	20	0,475	12,11	1,93	46,21
Coreia do Sul	21	0,475	2,93	0,47	26,37
Itália	22	0,421	3,87	2,30	7,44
Espanha	23	0,374	0,39	-0,39	6,76
Hungria	24	0,356	0,14	-2,18	18,01
Portugal	25	0,349	-8,21	-4,18	4,17
Rep. Tcheca	26	0,331	-4,04	-2,01	7,29
Eslováquia	27	0,296	-10,38	-3,43	3,77
Polônia	28	0,268	-3,40	-1,49	2,55
Grécia	29	0,261	-10,16	-2,74	5,44
México	30	0,182	-0,06	-1,00	17,46
Turquia	31	0,131	-3,64	-0,20	2,24
¹ Correlações por posto	-	-	0,5625*	0,4036**	0,5871*

¹ Correlações de Spearman entre IPDS e as variáveis de desempenho externo.

*significativo a 1%; **significativo a 5%.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Tabela 7 revela que algumas potências industriais e tecnológicas não ocupam as melhores posições no *ranking*, como observado para países como

Canadá, França, Reino Unido e, sobretudo, Alemanha. É interessante observar que países “pequenos”⁷⁵, e com economias baseadas em atividades industriais exploradoras de recursos naturais e de alto PIB *per capita* são mais bem ranqueados do que aquelas representadas por Alemanha, França, Japão, Estados Unidos e Reino Unido, por exemplo. Países como Dinamarca, Islândia, Finlândia, Luxemburgo, Noruega, Suécia e Suíça ocupam as primeiras posições no *ranking* para o ano de 1997⁷⁶. Fagerberg e Srhloc (2008) afirmam que estes países desenvolveram meios eficientes para exploração do conhecimento, a partir do investimento em educação e treinamento e expansão de sua infraestrutura de suporte ao desenvolvimento tecnológico. Outra explicação para este fato é encontrada em Nelson (2006). Segundo o autor, o formato de um SNI é influenciado pela existência ou não de recursos naturais ou áreas amplamente cultiváveis, beneficiando países “pequenos” de alta renda, como os mencionados neste parágrafo. Nos países grandes de renda elevada, os Estados Unidos se destacam nesse quesito.

Segundo Nelson (2006), países como Japão, Alemanha e Coreia do Sul possuem indústrias e, por conseguinte, SNI orientados à exportação de produtos em sua maioria de maior valor agregado e conteúdo tecnológico para sustentar a importação de recursos naturais e agrícolas, além de apresentarem elevado custo unitário por trabalhador. Outros países, como Suécia, Noruega, Dinamarca, Austrália e Canadá, ocupantes das primeiras posições do *ranking*, desenvolvem P&D⁷⁷ com suporte governamental e outros programas de apoio ao SNI baseado na constituição e manutenção de firmas direcionadas ao processamento de produtos agrícolas e outros oriundos dos recursos naturais abundantes, que garantam a importação de produtos manufaturados de alto e médio conteúdo tecnológico. Este fato proporciona as bases para sustentação de elevados padrões de vida de sua população. Dentre aqueles, somente o Japão e a Coreia do Sul apresentam percentuais positivos em transações correntes, ao contrário da Alemanha⁷⁸. Suécia, Noruega, Dinamarca,

⁷⁵ O termo “pequenos” se refere à dimensão populacional dos países, e não ao tamanho de seu território.

⁷⁶ O destaque são as posições ocupadas pelos países denominados escandinavos: Suécia (1ª); Finlândia (2ª); Noruega (3ª); Dinamarca (6ª); e Islândia (8ª).

⁷⁷ Nelson (2006) pondera que esta P&D é de baixa intensidade se comparada à das indústrias de tecnologia avançada.

⁷⁸ O saldo alemão em transações correntes é inferior a -0,70. Os saldos em balança comercial para os três países, no entanto, são positivos.

Austrália e Canadá, países “pequenos” e de alta renda, no entanto, apresentam saldos positivos em transações correntes, à exceção de Canadá e Austrália. Os países relacionados neste parágrafo, detentores de recursos naturais abundantes ou não, possuem grande representatividade na variável exportação de bens de alto conteúdo tecnológico, com percentual mínimo de 11,54%, correspondente ao SNI australiano.

Por outro lado, os SNI de México e Turquia ocupam as últimas posições dentre os 31 países, com considerável intervalo para a Grécia, o 29º SNI, apresentando assim os *menores* graus de desenvolvimento do SNI de toda amostra de países desta pesquisa sob o critério IPDS.

No tocante à relação SNI e saldos em balança comercial e transações correntes, verifica-se que 13 países apresentam saldos positivos nas duas contas, com os outros variando entre saldos positivos na primeira e negativos em transações correntes, como Alemanha, Espanha e Hungria e Nova Zelândia. Porém, em relação às duas rubricas, não se identifica um padrão de comportamento que abranja irrestritamente todas as economias, seguindo a hipótese que relaciona os SNI *mais* desenvolvidos com saldos estritamente positivos em balança comercial e transações correntes. Existe, no entanto, uma tendência para essa associação: os países ranqueados entre a primeira e a vigésima segunda posição, ou seja, da Suécia à Itália, concentram os SNI com os 13 melhores saldos em exportações líquidas e transações correntes, destacando-se, nesta última, Suíça (11,18%), Luxemburgo (10,77%), Finlândia (5,53%) e Bélgica (5,30%). Como esperado, países como Alemanha, Estados Unidos e Reino Unido possuem saldos negativos em transações correntes e em balança comercial, exceto a Alemanha para esta última. A principal razão é sua localização no centro do sistema financeiro internacional, como destacam Jayme Jr. e Resende (2009). Saldos negativos recorrentes em transações correntes são possíveis para esses países devido ao fato que receberem grande influxo de divisas externas na conta capital e financeira do balanço de pagamentos, viabilizando políticas econômicas associadas à manutenção de déficits crônicos em transações correntes, mesmo a economia sendo tecnologicamente desenvolvida e competitiva.

Em relação às correlações por posto calculadas para entre o IPDS e as variáveis balança comercial e transações correntes, verifica-se uma associação

positiva e estatisticamente significativa a 1% e 5%, respectivamente, entre os SNI desta pesquisa e as duas rubricas de desempenho externo. Esse resultado, conforme discutido no parágrafo anterior, não corrobora a relação maior grau de desenvolvimento do SNI e melhores indicadores de desempenho externo em sua totalidade, pois os valores absolutos encontrados estão abaixo de 80%, sendo a correlação IPDS e transações correntes a menor das três variáveis.

Observa-se um padrão estritamente negativo em transações correntes a partir da 23ª posição do *ranking*, ocupada pela Espanha, até a 31ª. Para a balança comercial, no entanto, o padrão se inicia na 25ª, com Portugal⁷⁹. Há persistência de saldos negativos crônicos em transações correntes⁸⁰, com destaque para Portugal (-4,18%), Eslováquia (-3,43%), Grécia (-2,74%) e Hungria (-2,18%). Trata-se de países com SNI fragmentado e de *menor* desenvolvimento do que aqueles que ocupam as primeiras posições no ranqueamento, cujo patamar da conta transações correntes depende em grande magnitude de suas exportações líquidas em bens e serviços. A manutenção ou persistência desses saldos podem acarretar situações de vulnerabilidade externa a estas economias, caso não ocorram mudanças na condução da política externa. A média simples do IPDS para esses países é de 0,283, enquanto que para os demais países, posições 1 a 22, é da ordem de 0,738, comparativamente elevado. Desse modo, maiores valores do IPDS apresentam, em média, uma tendência positiva em relação à existência de saldos positivos em transações correntes, a despeito de alguns percentuais negativos.

A representatividade da conta exportação de bens de alto conteúdo tecnológico, por sua vez, é evidenciada nos patamares significativos para as posições do *ranking* compreendidas entre a 1ª a 17ª, apresentando percentuais acima de 10%, exceto para a Nova Zelândia. Na maioria dos casos, altas taxas de exportação desses bens condizem com saldos positivos em balança comercial, como se pode observar na Tabela 7. No entanto, Estados Unidos, Islândia, Reino Unido não corroboram essa afirmativa. Esse fato, aliado à relação com o SNI desses países, indica que há uma correlação ou tendência positiva para os 31 SNI entre o IPDS e a variável exportação de bens de tecnologia avançada, isto é, um *maior* desenvolvimento do SNI, influencia na produção e exportação destes bens. A

⁷⁹ Contudo, observa-se que o saldo positivo em balança comercial para Espanha e Hungria é baixo se comparado a outros SNI, da ordem de 0,39% e 0,14%, respectivamente.

⁸⁰ Ressalte-se que os valores de transações correntes e balança comercial são oriundos da média de três anos: os anos-base, 1997 e 2007, e um ano anterior e posterior a ambos.

correlação por postos para essa variável, da ordem de 58,71%, significativa a 1%, e maior do que as outras duas outras contas, respalda esta afirmativa. Todos os países a partir da 18ª posição, à exceção de Irlanda (46,21%), Coreia do Sul (26,37%), Hungria (18,01%) e México (17,46%), apresentam baixas taxas de exportação, corroborando a afirmativa da existência da correlação mencionada. A explicação para as taxas significativas de exportação para Hungria e México seriam os investimentos em capacitação de recursos humanos e melhorias no sistema educacional para aquela, e nas leis trabalhistas e infraestrutura básica, como portos, estradas e sistemas de comunicação para este (OCDE, 2010b; 2010c). No caso do México, ainda se pode computar o papel das indústrias *maquiladoras*⁸¹ na exportação de produtos de alta e média intensidade tecnológica.

Para os casos de Irlanda e Coreia do Sul, Archibugi e Coco (2004) argumentam que países “pequenos” são grandes importadores de tecnologias ou são mais propensos a recebê-las do estrangeiro. Assim, tais tecnologias são utilizadas para desenvolvimentos de novos produtos e processos dentro das fronteiras nacionais, favorecendo a elevação do percentual de bens de alta intensidade tecnológica exportados.

A Tabela 8 relaciona variáveis, países e suas respectivas posições no *ranking*, procurando evidenciar a situação da associação SNI e contas externas para o ano de 2007.

⁸¹ Firms dos Estados Unidos instaladas próximo à fronteira dos dois países. Visam importar componentes de produtos microeletrônicos e automotivos de suas matrizes para montagem de produtos em território mexicano e posterior revenda a países onde os mesmos sejam competitivos.

Tabela 8 – Associação entre grau de desenvolvimento dos SNI da OCDE e desempenho externo, ano 2007

Países	Posição	IPDS	Balança comercial	Transações correntes	Exportação de bens de alto conteúdo tecnológico
Dinamarca	1	1,158	2,88	4,21	16,61
Islândia	2	1,128	-10,43	-35,64	57,12
Japão	3	1,052	1,02	5,01	18,96
Suécia	4	1,048	7,47	13,10	15,70
Finlândia	5	1,040	4,62	5,66	21,48
Luxemburgo	6	1,036	31,89	13,75	8,85
Noruega	7	0,963	17,43	33,80	18,05
Estados Unidos	8	0,959	-5,26	-6,30	28,54
Suíça	9	0,907	9,97	14,09	21,67
Nova Zelândia	10	0,850	-1,21	-10,25	9,74
Reino Unido	11	0,836	-2,94	-3,66	19,51
Países Baixos	12	0,831	8,05	9,61	25,71
Irlanda	13	0,766	9,22	-8,00	27,93
Coreia do Sul	14	0,764	0,57	0,18	33,45
Alemanha	15	0,752	6,42	9,85	14,22
Bélgica	16	0,752	2,84	0,58	7,48
Áustria	17	0,743	5,56	5,18	11,32
Canadá	18	0,742	2,00	1,18	14,33
Austrália	19	0,729	-1,48	-7,15	11,16
França	20	0,694	-1,81	-1,78	18,86
Itália	21	0,669	-0,55	-3,56	6,63
Eslovênia	22	0,652	-1,76	-4,73	5,34
Portugal	23	0,639	-8,95	-13,11	8,54
Espanha	24	0,610	-6,29	-12,66	5,16
Grécia	25	0,550	-11,76	-15,67	8,02
Hungria	26	0,537	0,71	-6,24	25,20
Polónia	27	0,490	-2,89	-3,41	3,76
Rep. Tcheca	28	0,483	4,32	-1,67	14,13
Eslováquia	29	0,388	-2,42	-5,40	5,35
México	30	0,302	-1,70	-0,85	17,09
Turquia	31	0,219	-4,83	-4,60	2,04
¹ Correlações por posto	-	-	0,4403**	0,4032**	0,5722*

¹ Correlações de Spearman entre IPDS e as variáveis de desempenho externo.

*significativo a 1%; **significativo a 5%.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Tabela 8 mostra que, em relação ao ano de 1997, houve um aumento considerável em termos de IPDS para os 31 SNI da OCDE. A explicação para tal

fato advém da elevação do desempenho em todas as variáveis de sistema para o de 2007, destacando-se aumento no número de linhas telefônicas fixas e móveis e a difusão acesso à internet como meio de divulgação de novas ideias, notícias e conhecimentos. Novamente as economias escandinavas de alta renda e ricas em recursos naturais ocupam posições dentre as dez primeiras: a Dinamarca ocupa a primeira posição, seguida da Islândia e proximamente por Suécia, Finlândia e Noruega, necessariamente nesta ordem. Alguns países com características econômicas semelhantes, como Austrália e Canadá, perdem posições significativas no *ranking* para 2007, seguidas em menor escala pela França e Estados Unidos. No entanto, outros países “pequenos”, como Luxemburgo, Coreia do Sul, Irlanda e Bélgica avançam posições importantes no *ranking* como desdobramento da elevação do grau de desenvolvimento de seus SNI durante o período.

A associação entre IPDS e balança comercial torna-se menos discrepante para os SNI mais bem ranqueados, ou seja, há apenas quatro países possuidores de saldos negativos na referida conta até a 18ª posição: Islândia (-10,43%); Estados Unidos (-5,26%); Nova Zelândia (-1,21%); e Reino Unido (-2,94%). A partir da 19ª posição, observa-se na Tabela 8 a persistência de SNI com saldos negativos em balança comercial, destacando-se Grécia (-11,76%), Portugal (-8,95%) e Espanha (-6,29%)⁸². A correlação entre IPDS e balança comercial se reduz de 1997 para 2007, cujo valor absoluto é 44,03%, indicando uma correlação moderada entre os dois indicadores. No entanto, não chega a validar a hipótese de que SNI com *melhor* desenvolvimento tecnológico necessariamente possuem saldos positivos em contas externas.

A conta transações correntes se torna relativamente mais homogênea em relação a 1997, no que se refere à definição de padrões de comportamento entre os 31 SNI da OCDE para 2007. Todos os países até a 18ª que possuem saldos positivos na balança comercial apresentam saldos também não negativos em transações correntes, exceto Irlanda⁸³. Apenas Islândia, com elevado saldo negativo em relação a seu PIB (-35,64%), Estados Unidos (-6,30%), Nova Zelândia (-

⁸² As exceções são Hungria (0,71%) e República Tcheca (4,32%). Contudo, apresentam saldos negativos em transações correntes.

⁸³ Segundo Banco Mundial (2010), o saldo da balança de rendas deste país é deficitário para os anos de 2006, 2007 e 2008, anos selecionados para a construção da conta transações correntes. Além disso, outras razões de caráter conjuntural podem ter afetado o saldo nesta conta, incluindo políticas macroeconômicas.

10,25%), Reino Unido (-3,66%) e Irlanda (-8,00%) possuem saldos não positivos em transações correntes, consideradas as posições 1 a 18. Alemanha e Canadá, países ricos e economicamente dinâmicos, melhoraram seu desempenho em transações correntes, apresentando saldos positivos, apesar da perda de nove posições pelo SNI canadense⁸⁴, passando de 9º SNI *mais* desenvolvido em 1997 para o 18º, dez anos depois. As posições 1 a 18 apresentam aproximadamente 72,22% das transações correntes com saldos positivos, revelando algum impacto positivo do desenvolvimento do SNI para a situação desta conta para o ano de 2007. Ademais, a correlação entre IPDS e transações correntes é da ordem de 40,32%, indicando relação não determinística ou crucial entre o grau de desenvolvimento do SNI e a variável de setor externo em questão. Observa-se que a correlação não apresenta modificação sensível de 1997 para 2007, sustentando a afirmativa levantada. Novamente, os saldos negativos em transações correntes e balança comercial verificados para Estados Unidos e Reino Unido são explicados pelo papel de destaque dessas economias no cenário financeiro internacional, situando-se entre as principais praças financeiras (JAYME JR.; RESENDE, 2009). Os saldos para Islândia, Nova Zelândia e Irlanda são explicados pela forte propensão destes países a importar tecnologias externas⁸⁵ (ARCHIBUGI; COCO, 2004). Os maiores saldos em transações correntes são da Noruega (33,80%), Suíça (14,09%), Luxemburgo (13,75%) e Suécia (13,10%), economias tecnologicamente dinâmicas⁸⁶.

Como ocorreu para o ano de 1997, há um padrão de recorrentes saldos negativos em transações correntes para os países de SNI *menos* desenvolvido no ano de 2007. Neste ano, esse padrão se inicia a partir da 19ª posição, com o SNI australiano. Alguns países se mantiveram nas mesmas posições do *ranking* anterior ou neste mesmo grupo de países, ocupantes das últimas colocações. Outros, no entanto, apresentaram uma melhoria inferior em seus SNI do que os demais países mais bem colocados. Este parece ser o caso de Austrália, França e Itália, sendo que os dois primeiros perderam posições significativas no período: nove e cinco, respectivamente. Em suma, os SNI com *menor* grau de desenvolvimento ou que

⁸⁴ O SNI alemão ganhou uma posição entre 1997 e 2007, passando da 16ª para a 15ª posição.

⁸⁵ Os saldos da Islândia e Nova Zelândia, via de regra, também se relacionam com suas exportações, em grande medida baseadas em produtos primários e intensivos em trabalho.

⁸⁶ Luxemburgo é o país com *menor* dinamismo dos quatro. A economia luxemburguesa se baseia em prestação de serviços financeiros internacionais e na indústria produtora de aço, químicos e borracha, baseadas em tecnologias intensivas em recursos naturais e trabalho. Sua balança de serviços é superavitária para o período.

evoluíram proporcionalmente *menos* de 1997 para 2007 se concentram entre as posições 19 a 31, demonstrando uma elevação do número de países nestas colocações do ano de 1997 para o de 2007. Os grandes destaques neste grupo são os saldos em transações correntes da Grécia (-15,67%), Portugal (-13,11%) e Espanha (-12,66%). As demais nações apresentam saldos negativos menores ou iguais a -7,15%, sendo este o caso australiano. O saldo de menor destaque em relação à sua magnitude é o do México (-0,85%).

A média do IPDS para as posições 1 a 18, que apresentam poucas relações negativas no saldo em transações correntes, é da ordem de 0,907. Para os países que apresentam somente resultados negativos na mesma rubrica, ou seja, ocupantes das posições 19 a 31, o valor médio do IPDS se reduz para 0,536, demonstrando a tendência positiva média entre a medida de desenvolvimento do SNI e o saldo em transações correntes de uma economia. Conclusão semelhante fora encontrada para o ano de 1997.

Para a variável exportação bens de alto conteúdo tecnológico, os SNI mais bem ranqueados em 2007 agrupam as melhores estatísticas de produtos de alta intensidade tecnológica no total de produtos manufaturados exportados⁸⁷. A correlação por postos revela que a correlação mais elevada com o desenvolvimento tecnológico de um país, no âmbito desta pesquisa, entre as três variáveis de desempenho externo, é atribuída à exportação de bens de alto conteúdo tecnológico. O valor absoluto dessa correlação é de 57,22%, minimamente inferior ao resultado para 1997. O grande destaque na conta é a Islândia, com 57,12% do percentual de todos seus bens manufaturados exportados sendo classificados como de tecnologia avançada. Segundo OCDE (2010d), esse fato pode ser explicado pelo pequeno tamanho do mercado doméstico, o que encorajou firmas islandesas a procurar oportunidades no mercado externo, utilizando a cooperação para desenvolvimento de parcerias para a concepção de novos bens e serviços. Os demais percentuais de destaque são: Coreia do Sul (33,45%); Estados Unidos (28,54%); Irlanda (27,93%); e Países Baixos (25,71%). Apesar de possuir 25,20% de seus bens manufaturados exportados computados como de alta tecnologia, a Hungria não apresenta saldo positivo em transações correntes, indicando que a

⁸⁷ As exceções são Luxemburgo (8,85%), Nova Zelândia (9,74%) e Bélgica (7,48%). Todos os demais países, classificados antes da Bélgica e salvo as exceções levantadas nesta nota de rodapé, apresentam estimativas iguais superiores a 14,22%.

exportação de bens de alta tecnologia não é definitiva para este país no sentido de proporcionar saldos positivos em transações correntes, ao passo que representa parte importante da composição de suas exportações líquidas⁸⁸. Exemplos próximos, mas com menor patamar de produtos de alta tecnologia em suas exportações, seriam México (17,09%) e República Tcheca (14,13%). Pela associação entre grau de desenvolvimento do SNI, balança comercial, transações correntes e exportação de bens de alto conteúdo tecnológico, percebe-se a existência de uma tendência positiva e moderada para o ano de 2007 entre desenvolvimento tecnológico e desempenho das contas externas, pouco superior à encontrada para 1997. Ressalte-se que as correlações por postos auxiliam no entendimento estatístico desta tendência. Neste caso, merece consideração a redução da correlação para a variável balança comercial entre os anos de 1997 e 2007, não corroborando a assertiva da existência de uma relação estritamente positiva entre SNI *mais* desenvolvido e saldos positivos nas duas primeiras contas das tabelas 7 e 8, além de patamares elevados de exportação de bens de alta tecnologia.

A próxima subseção reunirá considerações sobre associação entre SNI, representado pelo IDS, e variáveis de setor externo. A relação proposta será analisada por meio de tendências lineares em gráficos de dispersão para os anos de 1997 e 2007.

4.4 ANÁLISE DE DISPERSÃO ENTRE SNI E DESEMPENHO DO SETOR EXTERNO

Seguindo a proposta de análise entre associação SNI e contas externas, o Gráfico 1 representa a correlação em dispersão entre o IDS, Índice de Desenvolvimento do Sistema, e a conta balança comercial para o ano de 1997. Seguindo a proposta do Gráfico 1, todos os gráficos a seguir representam duas variáveis: a explicativa ou IDS, e a explicada ou contas de desempenho externo. Assim, procura-se avaliar a influência direta do IDS na determinação dos saldos em contas externas.

⁸⁸ Como no exemplo da Irlanda, a Hungria também apresenta saldos negativos na balança de rendas para o triênio 2006-2008.

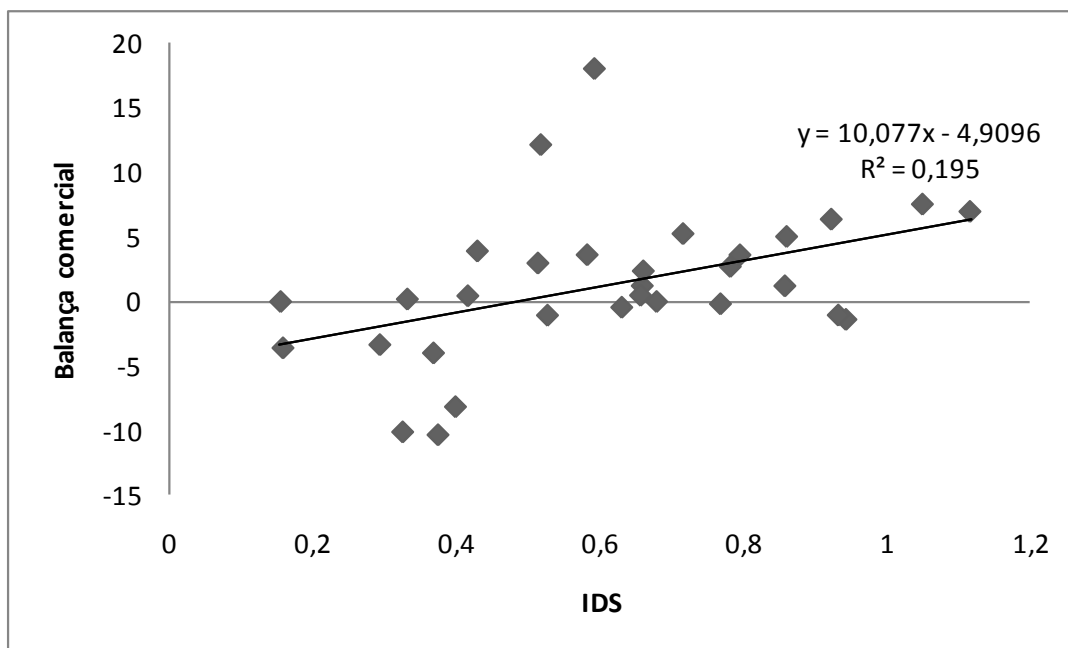


Gráfico 1 – Associação entre IDS e balança comercial, ano 1997

Fonte: Elaborado pelo autor.

O Gráfico 1 apresenta uma linha de tendência positiva entre IDS e balança comercial, sendo o ajustamento ou R^2 entre ambas as variáveis da ordem de 19,50%⁸⁹. Todavia, como observado no gráfico de dispersão acima, os melhores saldos em balança comercial não estão associados necessariamente aos SNI com *melhor* desempenho da OCDE. A correlação múltipla é da ordem de 44,16%, condizente com a magnitude da correlação por posto encontrada no ranqueamento para 1997⁹⁰.

O gráfico a seguir expressa a mesma relação do Gráfico 1, apresentando a variável transações correntes como variável explicada.

⁸⁹ O teste t para a variável IDS mostrou-se significativo a 5%. As regressões que originam o teste, assim como os demais elementos pertinentes a elas, estão relacionados no apêndice D desta pesquisa.

⁹⁰ Esses valores não são diretamente comparáveis, devido a seus métodos distintos de cálculo. No entanto, oferecem uma noção de tendência ou associação entre as duas variáveis.

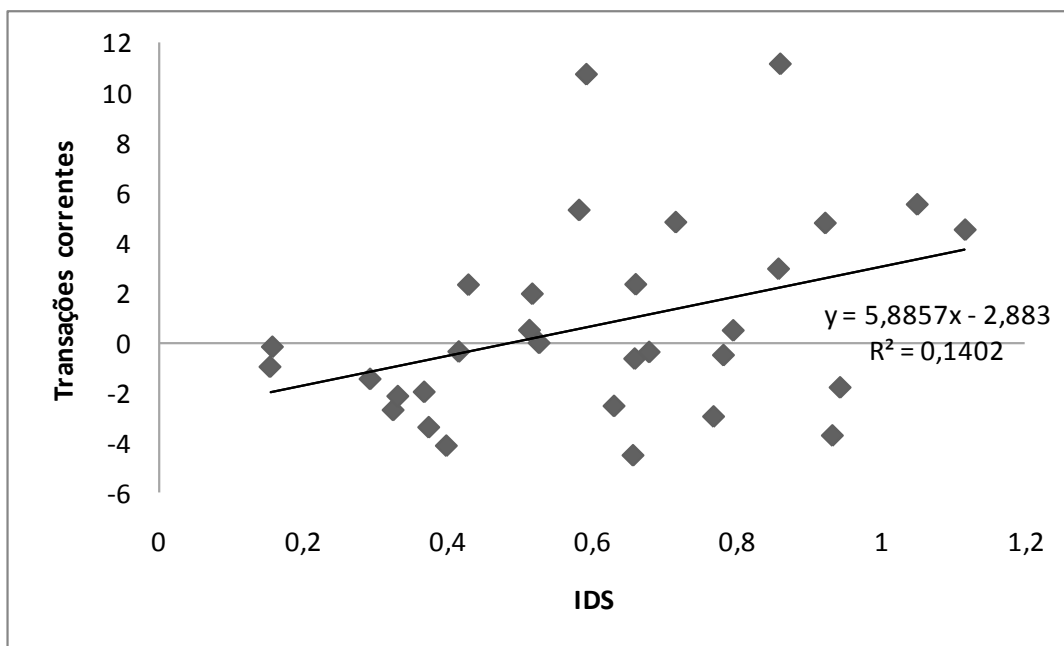


Gráfico 2 – Associação entre IDS e transações correntes, ano 1997

Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme demonstra o Gráfico 2, a correlação entre as duas variáveis é positiva, porém não muito elevada⁹¹. A linha de tendência, apesar de apresentar inclinação maior do que zero, possui coeficiente de ajustamento ou R^2 baixo, refletindo uma correlação múltipla de aproximadamente 37,44%.

A disposição das observações no gráfico acima, corroborando as considerações sobre a correlação por posto entre IPDS e transações correntes no *ranking* de 1997, revela que melhores saldos nesta rubrica não estão estritamente relacionados a um *melhor* desempenho de um sistema de inovação. Há países, por exemplo, com saldos em transações correntes próximos a 12% do PIB, mas com IDS inferior àqueles com saldos negativos e possuidores de um IDS acima de 0,9. Em geral, os SNI ou países acompanham a linha de tendência ao longo do IDS. Todavia, o índice não se apresenta como fortemente correlacionado com as transações correntes.

O Gráfico 3, a seguir, relaciona IDS e exportação de bens de alto conteúdo tecnológico.

⁹¹ O teste t correspondente à variável IDS é estaticamente significativo a 5% de significância.

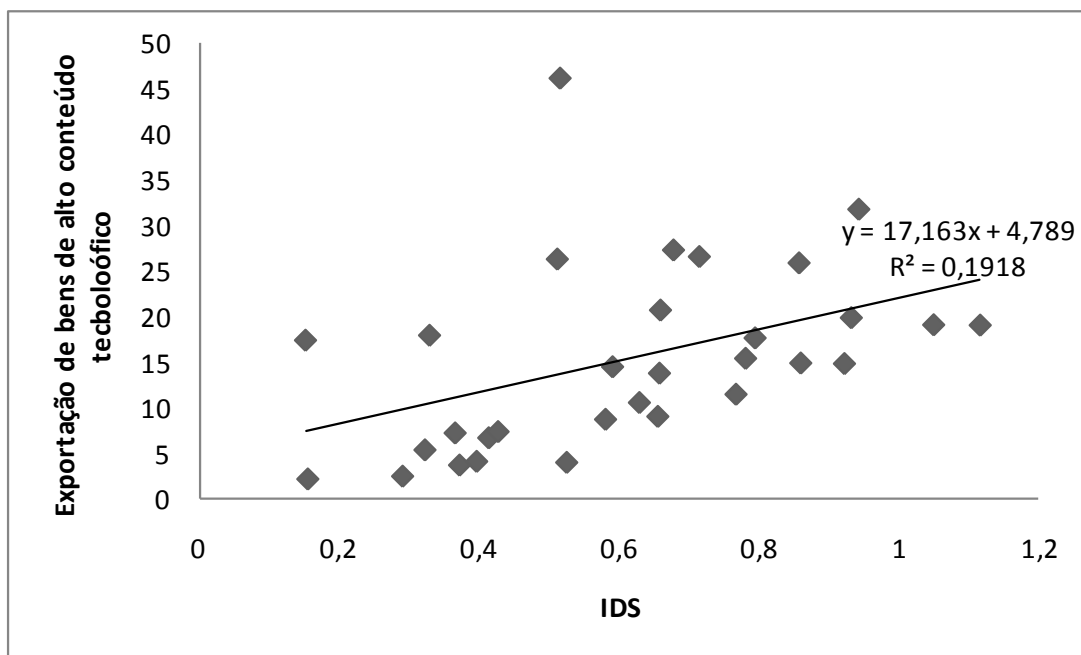


Gráfico 3 – Associação entre IDS e exportação de bens de alto conteúdo tecnológico, ano 1997

Fonte: Elaborado pelo autor.

O Gráfico 3 apresenta correlação múltipla superior à do gráfico anterior: 43,80%, calculado a partir do R^2 de 19,18%, obtido a partir do modelo que especifica a linha de tendência⁹². Tomando-se por base os resultados das relações IDS e balança comercial e IDS e transações correntes, o comportamento dos SNI tende a correlacionar *maior* capacidade de gerar e aprimorar tecnologias dos países da OCDE com patamares significativos de exportação de produtos tecnologicamente avançados⁹³. Isso é explicado pela inclinação positiva da linha de tendência do gráfico, ou seja, um SNI *mais* desenvolvido condiz com uma pauta de exportação de bens manufaturados composta significativamente por produtos de alta e média intensidade tecnológica. Contudo, não se observa de forma estrita no Gráfico 3 a confirmação desta relação: alguns países ou observações com *menor* desenvolvimento tecnológico do SNI, captado pelo IDS, apresentam desempenho bom ou satisfatório na exportação de bens manufaturados de alta intensidade tecnológica, justificando a baixa correlação entre ambos expressa pelo R^2 .

⁹² O teste *t* da variável IDS é estatisticamente significativo a 5% de significância.

⁹³ Essa tendência é confirmada pela correlação por posto da Tabela 8.

O próximo gráfico repete a interação empreendida no Gráfico 1, agora para o ano de 2007. Seu resultado, no entanto, em relação a grau de ajustamento e correlação, apresenta correlação inferior à encontrada no Gráfico 1.

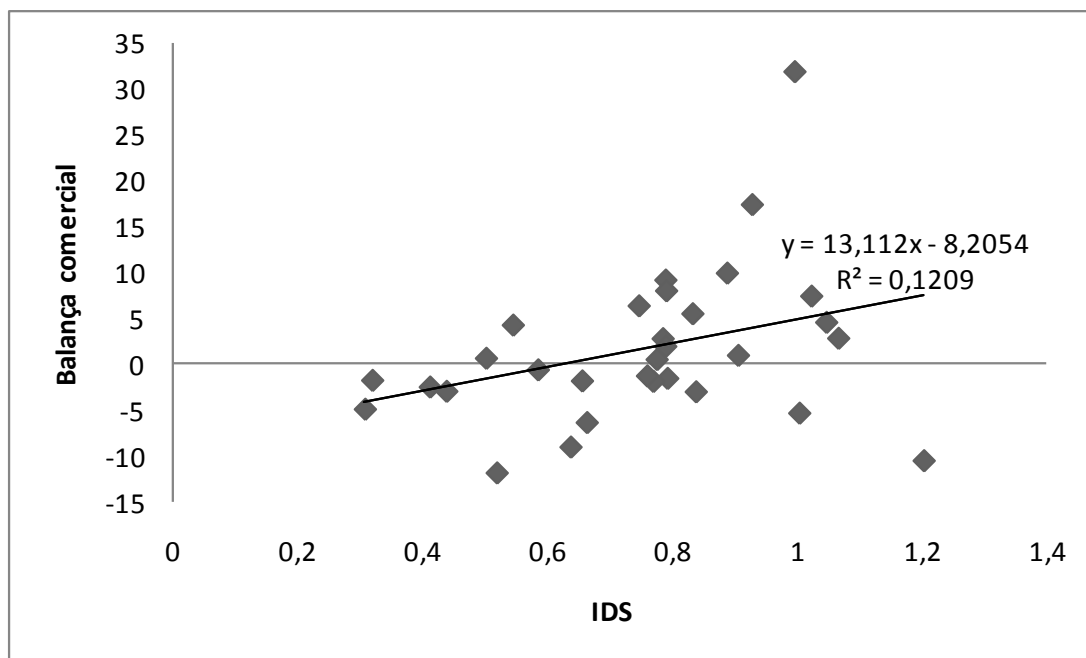


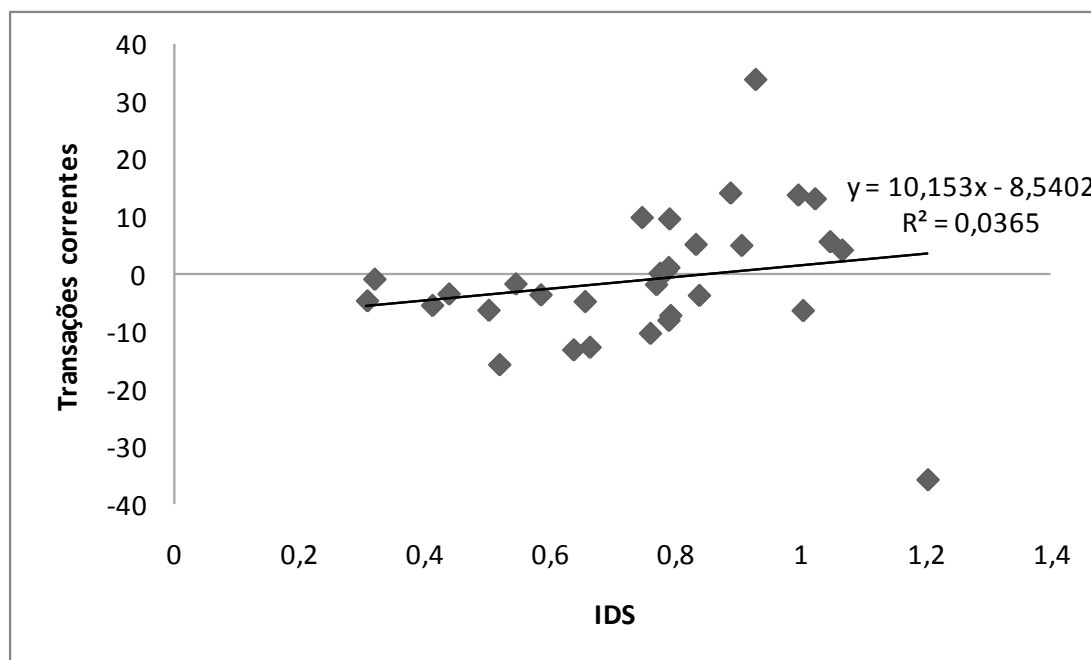
Gráfico 4 – Associação entre IDS e balança comercial, ano 2007

Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com o Gráfico 4, a relação IDS e balança comercial apresenta uma redução de sua correlação para o ano de 2007. Isso pode ser observado pelo ajustamento do modelo, representado pelo R^2 , da ordem de 12,09%. Além disso, a correlação múltipla entre as duas variáveis é de 34,77%, inferior ao encontrado para 1997. Assim, a relação em dispersão do grau de desenvolvimento do SNI e da balança comercial continua a apresentar tendência positiva, mas não da forma como argumentam Jayme Jr. e Resende (2009)⁹⁴. Interpretando os autores, para que sua hipótese fosse validade, o gráfico acima deveria apresentar uma correlação múltipla de no mínimo 80%, obtida a partir de um R^2 também mínimo de 64%. No entanto, essa situação não pode ser extraída do Gráfico 4.

⁹⁴ A referida argumentação versa sobre a mesma conclusão do parágrafo, mas determina que *melhores* SNI impactem sempre positivamente nas transações correntes da economia. Os autores ainda relacionam um SNI desenvolvido a um aumento da elasticidade-renda da demanda por exportações, do coeficiente de exportação da economia e dos valores dos bens e serviços exportados.

O próximo gráfico apresenta a dispersão entre variáveis nos moldes de Gráfico 2, agora para o ano de 2007.



A correlação entre SNI e transações correntes para todos os 31 países da OCDE no ano de 2007 se apresenta consideravelmente menor do que no ano anterior⁹⁵. A linha de tendência evidencia que a relação entre desenvolvimento tecnológico, representado pelo SNI, e setor externo, representado pelas transações correntes, é pouco relevante, com R^2 de 3,65% e correlação múltipla da ordem de 19%. Apesar deste resultado, o coeficiente de inclinação da tendência é positivo, revelando que, mesmo em presença de uma correlação muito fraca, a relação SNI *mais* desenvolvido e melhores saldos em transações correntes se mantém, mas novamente, tomando-se como exemplo o Gráfico 4, sem o vigor da hipótese levantada por Jayme Jr. e Resende (2009). O Gráfico 6 procura evidenciar a relação entre SNI e exportação de bens de alta intensidade tecnológica.

⁹⁵ O valor do teste t não se mostrou estatisticamente significativo ao nível de 5% de significância.

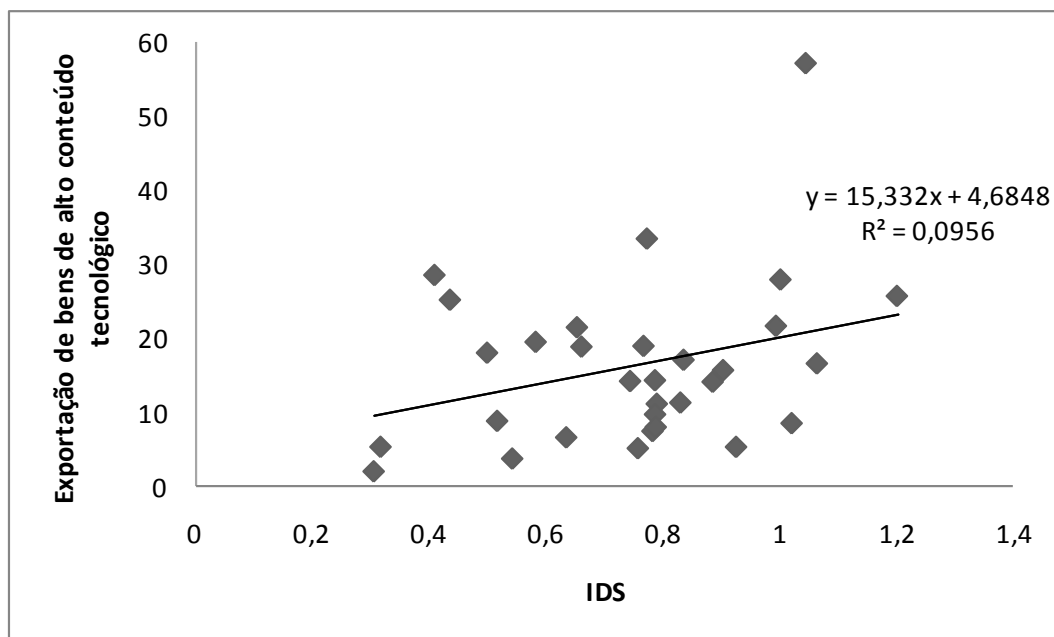


Gráfico 6 – Associação entre IDS e exportação de bens de alto conteúdo tecnológico, ano 2007

Fonte: Elaborado pelo autor.

A correlação existente entre SNI, seu grau de desenvolvimento e exportação de bens de alto conteúdo tecnológico se mantém para o ano de 2007, apesar de o ajustamento entre as duas variáveis ser menor do que o verificado dez anos antes: a linha de tendência revela que uma elevação no IDS proporciona aumento do percentual de bens de alta intensidade exportados pelos países da OCDE, mas não de forma estritamente correlata, devido aos valores do R^2 , 9,56%, e da correlação múltipla associada, cuja magnitude alcança 30,92%⁹⁶. Além disso, a exemplo dos outros cinco gráficos, alguns países com maiores níveis no IDS possuem desempenho abaixo do esperado na exportação dos referidos bens em relação a outras nações com magnitudes inferiores no índice. Em resumo, a associação entre desempenho econômico com o resto do mundo e desenvolvimento do SNI decresceu entre os anos considerados nesta pesquisa, sendo esta conclusão possível sem a consideração dos impactos de eventuais políticas nacionais de incentivo à inovação e que eventualmente trabalham a questão do desempenho externo.

O resultado encontrado para os seis gráficos de dispersão não depende do tamanho do país, ou se o mesmo é controlado ou não, para se estudar uma amostra

⁹⁶ O teste t é estatisticamente não significativo a 5% de significância.

de países em relação ao seu desempenho tecnológico via sistemas de inovação. Baseando-se na argumentação de Fagerberg e Srholec (2008), a relação entre grau de desenvolvimento do SNI e desempenho das contas externas seria mais bem trabalhada considerando-se não somente os fluxos internacionais monetários e comerciais ao longo das fronteiras nacionais, mas também a transição de pessoas e ideias⁹⁷. Entretanto, como afirmam os autores, não há informações relevantes amplamente disponíveis em instituições internacionais em relação a esse tipo de variável ou dado, não permitindo que outras conclusões mais elucidativas sejam realizadas.

À luz da pequena e média magnitudes dos indicadores de correlação múltipla e por postos apresentados nos gráficos e *rankings* anteriores, incorre-se no questionamento estruturado por Nelson (2006) acerca da validade do conceito de Sistema Nacional de Inovação como promotor e elemento central do incentivo ao desenvolvimento tecnológico e de inovações a nível nacional, devido ao crescente volume de negócios, produção e exploração da tecnologia serem notadamente cada vez mais transnacionais. Diante dos resultados das correlações múltiplas e, sobretudo, das análises gráficas empreendidas, não se evidencia uma influência representativa, determinante ou absoluta do SNI no setor externo da economia.

Apesar da existência de outras discussões contrárias ao argumento de Nelson (2006), Porter (1990) defende que as bases concorrenciais das firmas são criadas e mantidas por meio de rotinas industriais localizadas, e diferenças institucionais, econômicas, culturais, e a trajetória do conjunto tecnológico nacional contribuem para reforçar a competitividade das firmas nacionais e as próprias ações do país de origem, haja vista a redução no número de empecilhos à comercialização além das fronteiras nacionais e o acesso aos mercados financeiros estrangeiros. Assim, pelo menos sob a argumentação de Porter (1990), a importância do SNI e de todo seu aparato institucional ainda são elementos cruciais para explicar o desempenho inovativo dos países.

⁹⁷ Os autores chegam a utilizar o acesso à internet como variável *proxy* à transmissão de ideias, no intuito de averiguar sua correlação com o desempenho externo da economia. No entanto, a correlação encontrada pelos autores foi extremamente baixa, indicando que mesmo a difusão de conhecimentos não avança necessariamente no mesmo sentido do desempenho externo de uma economia com um grau de desenvolvimento apreciável. O mesmo tipo de correlação múltipla foi realizado para fins de comparação ao resultado levantado por Fagerberg e Srholec (2008), sendo o nível encontrado bastante baixo, 18,30%, equiparando-se aos demais resultados encontrados na análise gráfica para o ano de 2007.

Reforçando a discussão, Freeman e Soete (2008) afirmam que para vários bens e serviços existe uma demanda global significativa, cujas especificidades locais de cada mercado consumidor distinto daquele onde a mercadoria é produzida não afetam sensivelmente seu uso. Todavia, inúmeros outros produtos ou mercadorias não podem ser consumidos nestes mercados por falta de incompatibilidade de gastos, regulação econômica, ou clima⁹⁸. Esse fato auxilia no entendimento da importância do mercado interno dos países produtores de bens de alta tecnologia, na medida em que é capaz de absorver grandes parcelas dos produtos que não serão exportados para países que possuam aspectos restritivos ao seu consumo ou uso⁹⁹. Fagerberg (2010) destaca a relevância do mercado interno de um país para o surgimento de vantagens tecnológicas comparativas. Entretanto, Nelson (2006) associa competição em mercados estrangeiros por firmas nacionais a um modo “verdadeiro” de competição, pois se estas não competem externamente, então nunca saberão o que é competir fortemente.

Assim, ao se refletir sobre a relação SNI, representado pela abordagem restrita de Nelson (1993; 2006), e desempenho externo dos países da OCDE, via Índice de Desenvolvimento do Sistema, análise de dispersão e correlação múltipla, conclui-se que existe uma influência ou tendência positiva do desenvolvimento do sistema de inovação nas transações correntes e exportação de bens de alto conteúdo tecnológico para os 31 países da OCDE, mas não a relação causal baseada na afirmativa de que um SNI *mais* desenvolvido implica necessariamente um grau de competitividade da economia capaz de gerar superávits recorrentes em balança comercial e transações correntes, e estimular a maior composição da pauta de produtos manufaturados por bens de alta e média intensidade tecnológica, conforme encontrado em Jayme Jr. e Resende (2009). Sob estes argumentos, saldos negativos em transações correntes não são os únicos determinantes para a capacidade de competir das firmas nacionais em mercados estrangeiros, indicando que suas firmas não estão aptas à inserção internacional de seus produtos.

⁹⁸ Há ainda a questão de o produto ser inovador. As inovações podem ser classificadas em radicais ou incrementais. Segundo Perez (1983), muitas vezes não há estruturas institucionais e sociais capazes de absorver uma tecnologia extremamente nova, pois envolvem processos de destruição criadora. Inovações incrementais, no entanto, podem ser facilmente absorvidas. Para maiores detalhes sobre a circulação de bens e serviços entre os SNI, ver Freeman e Soete (2008), especialmente o capítulo 12.

⁹⁹ Os autores ainda mencionam aspectos restritivos relevantes, como preferências distintas por alimentação, vestuário e serviços pessoais. Além disso, tradições histórico-culturais contribuem amplamente para as decisões de gastos em bens e serviços estrangeiros.

Segundo os autores, algumas economias como Itália, Suécia e Canadá apresentaram apreciação de suas taxas de câmbio ao longo da década de 1990, mas ainda assim permaneceram competitivas. Contudo, Itália e Canadá apresentaram saldos negativos em transações correntes considerando-se os anos de 2007 e 1997, respectivamente¹⁰⁰. Portanto, há outros determinantes ou *fatores conjunturais* que afetam o desempenho econômico externo dos países da OCDE selecionados para esta pesquisa.

Alguns delineamentos acerca desta questão e demais resultados encontrados para esta pesquisa serão discutidos na próxima seção, que reúne as principais conclusões.

¹⁰⁰ Outros casos são citados pelos autores, como os relativos à Alemanha, Japão e Suíça, que não possuem recursos naturais abundantes ou força de trabalho com baixo custo unitário e, mesmo assim, são consideradas economias competitivas e tecnologicamente avançadas.

5 CONCLUSÃO

O Sistema Nacional de Inovação, além de conceito abrangente, e diretamente relacionado ao crescimento da competitividade das firmas nacionais tanto no mercado doméstico quanto no campo econômico externo, possui grande destaque nos estudos evolucionários devido à sua capacidade sistêmica de aliar conceitos importantes como inovação, tecnologia, instituições de apoio e fomento a atividades tecnológicas, Estado e setor financeiro.

É importante ressaltar que, na medida em que se desenvolvem as aptidões e capacidades tecnológicas e inovativa da fronteira tecnológica mundial, são cada vez mais seletivos e criteriosos os meios a partir dos quais um país pode alcançá-la. Os investimentos em ações produtivas pautadas em *commodities* e bens de baixo conteúdo tecnológico e intensivos em trabalho e recursos naturais, segundo afirmam Jayme Jr. e Resende (2009), não se configuram como bases duradouras de desenvolvimento do comércio exterior de um país e de melhoria do nível tecnológico de seus produtos e serviços.

No intuito de contornar o pensamento de crescimento não duradouro do setor externo real em curto prazo, ou seja, aquele relativo à comercialização de bens e serviços, a literatura dos SNI oferece relevante contribuição no sentido de impulsionar o caráter sistêmico e persistente da atividade inovativa, por meio da cooperação entre agentes institucionais presentes no território nacional, notadamente firmas, universidades, centros e laboratórios de pesquisas e o setor financeiro. Aliados ao papel do Estado, como agente de fomento ou apoio institucional, essas instituições devem gerar, desenvolver e, além disso, difundir ideias e conhecimentos do processo inovativo a fim de melhorar o desempenho técnico de suas atividades e o bem-estar da sociedade, com bens e serviços portadores de tecnologia superior aos anteriores, mesmo em setores historicamente marcados por baixos investimentos em pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias.

Contudo, apesar de relevante, como demonstrado nesta pesquisa, a mensuração dos SNI é algo subjetivo e escasso, o primeiro devido às diferentes abordagens com significativo respaldo teórico permitidas para o conceito, e o segundo ao pequeno número de referências encontradas efetivamente engajadas em mensuração de sistemas. Para mensurar o *constructo* SNI, o esquema restrito

de Nelson (1993) mostrou-se adequado, encontrando respaldo em outros autores, como Archibugi e Coco (2004) e Castellacci e Archibugi (2008). O modelo de Análise Fatorial estimado foi bastante satisfatório, reunindo variáveis correlatas em fatores comuns bem determinados e excluindo a necessidade de se proceder a uma análise de *cluster* para verificação da associação com as três variáveis de desempenho externo. As variáveis selecionadas oferecem um norte sobre quão extenso é o conceito de SNI. Fagerberg e Srholec (2008) chegam a relacionar 36 variáveis para construção de fatores comuns.

A organização do ranqueamento pelo IPDS produziu ordenamento dos países da OCDE em consonância com a situação tecnológica descrita em pesquisas recentes. Nelson (2006), Castellacci e Archibugi (2008) e outros autores destacam o avanço tecnológico de alguns países em gastos com P&D e esforço de pesquisa, através do ensino técnico e formação de pesquisadores, para as décadas de 1990 e 2000. Alguns exemplos são Suécia, Finlândia e Suíça e Dinamarca. De longe o país mais economicamente representativo, Estados Unidos se encontra bem colocado nos *rankings*, mas não os lidera. Além disso, Austrália, Canadá e França perderam posições significativas de 1997 a 2007. Por isso, avaliar os pesos de cada uma das nove variáveis de sistema sintetizados no índice parcial se torna relevante: seu conjunto determina a posição de cada país. Portanto, não apenas investimentos em P&D e patentes são determinantes para avaliar o grau de desenvolvimento de um SNI, conforme ressaltam Sbicca e Pelaez (2006), mas também o esforço em educação e instrução, recursos financeiros disponibilizados aos inovadores e a riqueza *per capita*, representada pelo PIB *per capita* no âmbito desta pesquisa. A análise descritiva das variáveis, antes mesmo da apresentação dos resultados por estimação, permite abordar algumas relações importantes acerca do comportamento das mesmas. Apesar de concentrar as nações mais ricas, a OCDE possui significativa heterogeneidade em seus países-membros, mesmo entre aqueles que aparentemente sejam economicamente similares. Na amostra para os anos de 1997 e 2007 não se encontrou país que concentrasse os melhores indicadores de desempenho de SNI, ao contrário dos países que concentravam os menores valores destes indicadores, representados na maioria das vezes por México e Turquia.

A associação realizada em ambos os *rankings* entre SNI e rubricas de desempenho externo evidenciou que os países da OCDE não possuem um padrão

linear que define que o SNI *mais* desenvolvido necessariamente apresentará saldos positivos e recorrentes em transações correntes e na balança comercial. No entanto, a maioria dos países com os menores índices parciais apresentam fraco desempenho nestas duas contas e ainda baixo percentual de exportação de bens de alto conteúdo tecnológico para ambos os anos. São países com firmas nacionais *menos* competitivas do que as encontradas em países mais bem ranqueados, avaliando-se a grande maioria de seus setores industriais. Para este conjunto de nações, a proporção entre desenvolvimento do SNI e desempenho das contas externas parece apresentar um comportamento correlato e bastante significativo.

A correlação por postos calculada para os anos de 1997 e 2007 evidenciou que, apesar do padrão similar de comportamento dos SNI nas últimas posições do ranqueamento, a relação entre IPDS e as três variáveis de desempenho externo não possui altas correlações, sendo o maior valor destas atribuído à correlação entre o índice parcial e exportação de bens de alto conteúdo tecnológico, variável esta capaz de refletir com considerável propriedade a influência dos sistemas de inovação no fomento da produção de produtos e serviços de alta e média tecnologia. Portanto, pelo resultado encontrado nos *rankings*, não há impacto absoluto ou determinístico do SNI ou do sistema gerador de novas tecnologias e inovações na situação das contas externas.

A correlação gráfica por intermédio de observações em dispersão apontou uma conclusão semelhante à encontrada para a ferramenta de ranqueamento. Apesar de as linhas de tendência nos seis gráficos indicarem correlação ou tendência positiva entre o desempenho das contas externas e o grau de desenvolvimento do SNI, este não é crucial para a determinação daquele. Afinal, o grau de ajustamento ou R^2 entre as duas variáveis presentes em cada gráfico, IDS e balança comercial, IDS e transações correntes, e IDS e exportação de produtos de alto conteúdo tecnológico não se revelou elevado, assumindo valores abaixo de 20% para ambos os anos. Esse fato refletiu nos índices de correlação múltipla entre as variáveis, sempre abaixo de 45%. Uma análise mais minuciosa dos gráficos e dos *rankings* permite identificar, por exemplo, que países com SNI desenvolvido pelo critério IDS e com economias competitivas, como Alemanha, Austrália e Canadá, apresentaram saldos negativos em transações correntes, para o ano de 1997. Para

2007, exemplos desse caso, porém com economias relativamente *menos* competitivas, são Islândia e Irlanda¹⁰¹.

Desse modo, determinado patamar da tendência enunciada por Jayme Jr. e Resende (2009) é confirmado, ou seja, o grau de desenvolvimento tecnológico de um país, representado nesta pesquisa pelo SNI, está positivamente relacionado ao desempenho da balança comercial, da conta de transações correntes, e da variável exportação de bens de alta tecnologia, elementos que representam o nível de competitividade de uma economia no âmbito deste estudo. Os resultados deste, entretanto, não corroboram estritamente essa tendência ou correlação para a amostra de países relacionada, haja vista que a hipótese levantada de impacto crucial ou determinante do grau de desenvolvimento do SNI nas contas externas não foi confirmada. Ressalte-se que as *proxies* de setor externo desta pesquisa foram baseadas no estudo de Jayme Jr. e Resende (2009).

Os resultados desta pesquisa contrariam ainda os apontamentos de Dosi, Pavitt e Soete (1990) sobre a forte relação existente desempenho tecnológico, padrões comerciais, crescimento econômico e geração de riqueza nacional. Seus resultados e esforços são embasados ou concentrados em sua maior parte nos efeitos da tecnologia em si como fator responsável pelos padrões de competitividade nas transações externas de uma economia. Porém, segundo Dalum (2010), o conjunto das variáveis sistêmicas nacionais para avaliação do desenvolvimento de um SNI constitui, na verdade, um dos fatores determinantes da tecnologia, ensejando sua concepção, produção e desenvolvimento. Assim, sendo a abordagem de SNI desta pesquisa centrada sob os aspectos e as instituições que o compõem, os efeitos econômicos influenciadores de diferenças qualitativas entre os vários graus de desenvolvimento de sistemas de inovação nacionais podem contribuir para demonstrar a importância das políticas nacionais em ciência e tecnologia. A abordagem adotada nesta pesquisa é condizente com o argumento de Dalum (2010), na medida em que procurou mensurar 31 SNI da OCDE e definir seus estágios de desenvolvimento via IPDS e IDS, o que por si só não se apresenta como uma tarefa fácil, para somente a partir deste passo associá-los ao desempenho externo de cada país.

¹⁰¹ É interessante observar que mesmo melhorando o desempenho de seus SNI, alguns países não foram capazes de reverter essa capacitação tecnológica em saldos positivos em transações correntes, como é o caso de Islândia, Irlanda e Nova Zelândia.

Complementando a discussão do parágrafo anterior, neste estudo o conceito de competitividade acompanhou o conceito de SNI e o de contas externas que melhor captassem seus efeitos. Dalum (2010) relaciona o incentivo à inovação pelas firmas ao aumento de competição nos mercados doméstico e internacional. No entanto, segundo Jayme Jr. e Resende (2009), a mensuração da competitividade não é algo trivial. Há alguns fatores conjunturais, como, por exemplo, aqueles dependentes da política interna de cada país, que afetam os saldos em transações correntes e das exportações líquidas, e a pré-disposição das firmas a exportar produtos e serviços de alta intensidade tecnológica. Alguns exemplos desses fatores são: a taxa de crescimento do PIB; a política industrial, comercial e de subsídios; e a taxa de câmbio real. No entanto, há ainda outros que não são determinados nacionalmente, tais como a taxa de crescimento do produto mundial e a política comercial externa dos parceiros comerciais de um determinado país. A relação de dependência entre fatores conjunturais e política econômica pode acarretar déficits recorrentes em transações correntes para economias de alta competitividade e superávits em outras de baixa competitividade (JAYME JR.; RESENDE, 2009).

No entanto, tais fatores conjunturais não foram em sua maior parte considerados no modelo de Análise Fatorial desta pesquisa, assim como na metodologia dos indicadores de desenvolvimento do sistema de inovação¹⁰². Procurou-se avaliar e analisar a influência “pura” dos Sistemas Nacionais de Inovação nas contas externas, considerando-se a visão restrita de Nelson (1993, 2006) sobre o desempenho tecnológico e inovativo dos 31 países da OCDE. Esta visão reúne temas como produção e difusão de tecnologia, investimentos em P&D por laboratórios e institutos de pesquisa públicos e privados, importância das universidades para geração do conhecimento e como principais fornecedoras de pessoal capacitado às firmas e à pesquisa, entre cientistas e engenheiros, sistema de financiamento à inovação e atividades de C&T. Portanto, é importante salientar que este estudo foi pioneiro em utilizar a visão restrita ou menos ampla de SNI para

¹⁰² Jayme Jr. e Resende (2009) afirmam que através de um modelo capaz de eliminar os fatores conjunturais, pode-se chegar ao conceito de competitividade estrutural. A partir deste conceito, consegue-se associar nitidamente uma economia muito competitiva com sucessivos superávits em balança comercial e transações correntes ao grau de desenvolvimento de um SNI, sendo o oposto também verdadeiro. No entanto, os autores não especificam ou detalham qual a natureza deste modelo ou suas especificidades.

investigar relação direta de sistema de inovação e variáveis de desempenho externo.

Uma das grandes razões para a utilização da amostra de 31 países da OCDE, dos anos de 1997 e 2007, e, sobretudo, da visão restrita de sistema de inovação, é aquela relacionada à disponibilidade de variáveis de SNI e de desempenho externo para os demais países, as quais geralmente não apresentam dados para outros anos não considerados neste estudo. Além disso, verificar o desempenho dos SNI dos países da OCDE corresponde a investigar características bastante heterogêneas de sistemas de inovação: os 31 países apresentam graus de desenvolvimento muito distintos, captados pelas diferenças entre seus IPDS e IDS. Como ressaltam Edqvist e Lundvall (1993), por exemplo, apesar de possuírem semelhanças em vários aspectos, como alto PIB *per capita* e recursos naturais abundantes, Dinamarca e Suécia possuem significativas diferenças em seus SNI e na condução de suas políticas tecnológicas.

O aparato metodológico se mostrou adequado às propostas deste estudo. No entanto, trata-se de um conceito bastante amplo para afirmar que estes são, sem maiores considerações, os melhores resultados capazes de explicar a dinâmica dos sistemas de inovação. Sem dúvida, outras metodologias, como correlação canônica e análise de *cluster*, são igualmente usuais para desenvolver o problema de pesquisa proposto.

Assim, outras pesquisas utilizando criação de indicadores devem ser incentivadas, devido à possibilidade dos mesmos em reunir outras séries de características do conceito de SNI. O objetivo da investigação por meio de índices seria criar uma cultura de confecção e divulgação de estatísticas confiáveis sobre inovatividade e desenvolvimento tecnológico, a fim de auxiliar gestores públicos no tocante à promoção de políticas e desburocratização de investimentos em ciência e tecnologia, visando elevar a competitividade das firmas privadas e públicas dos países. Essa afirmação não é reservada apenas aos países em desenvolvimento, carentes de estímulos adequados à geração de conhecimento, tecnologia e inovações, mas ainda aos desenvolvidos, para que as taxas de crescimento de seus produtos não sejam formadas de picos e vales, alternando, desse modo, seu desempenho em emprego e renda.

Além disso, outras variáveis ainda podem ser utilizadas, expandindo a visão restrita de Nelson (1993; 2006), aproximando-se da abordagem de Freeman (1987) e Lundvall (1992, 2010). Dados de investimento em setores sociais, leis e normas técnicas, gastos em tecnologias da informação de comunicação, taxa de juros, atividades tecnológicas de multinacionais, certificações internacionais, computadores por 100 habitantes, dentre outros, são potencialmente indicados para constituir o banco de variáveis que terá a função de representar o *constructo* SNI, reunindo algumas características relevantes não abordadas neste e em outros estudos.

Em suma, a teoria dos Sistemas Nacionais de Inovação se revela como importante para os estudos em economia, no sentido de ser uma alternativa às teorias de crescimento convencionais, abordando a tecnologia e o esforço inovativo como meios economicamente essenciais à promoção do aumento do produto nacional. A relação entre SNI e variáveis de setor externo, mesmo não sendo altamente correlata neste estudo, apresenta-se como promissora a novas pesquisas, de modo a se investigar profundamente a influência da produção de novas tecnologias e inovações para o aumento da competitividade das firmas de um país.

6 REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, E. M. Sistema nacional de inovação no Brasil: uma análise introdutória a partir de dados disponíveis sobre a ciência e tecnologia. **Revista de Economia Política**, vol. 16, n. 3, 1996, p. 56-72. Disponível em: <<http://www.rep.org.br/pdf/63-4.pdf>>. Acesso em: 4 out. 2009.

_____. National systems of innovation and non-OECD countries: notes about a rudimentary and tentative “typology”. **Brazilian Journal of Political Economy**, vol. 19, n. 4, 1999, p. 35-52. Disponível em: <<http://www.rep.org.br/pdf/76-3.pdf>>. Acesso em: 24 abr. 2010.

ALCORTA, L.; PERES, W. Innovation systems and technological specialization in Latin America and the Caribbean. **Research Policy**, vol. 26, 1998, p. 857-881. <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 19 abr. 2010.

ANDERSEN, E. S. Approaching national systems of innovation from the production and linkage structure. In: LUNDVALL, B. A. (Ed.). **National systems of innovation: toward a theory of innovation and interactive learning**. London: Anthem Press, 2010, p. 71-96.

AMENDOLA, G.; DOSI, G.; PAPAGNI, E. The dynamics of international competitiveness. **Weltwirtschaftliches Archiv**, v. 129, 1993, p. 451-471.

ARCHIBUGI, D.; COCO, A. A new indicator of technological capabilities for develop and developing countries (*ArCo*). **World Development**, vol. 32, n. 4, 2004, p. 629-654. Disponível em: <http://www.danielearchibugi.org/downloads/papers/Theory_Measurement_Techn_Change/ArCo.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2010.

ARCHIBUGI, D.; DENNI, M.; FILIPPETTI, A. The technological capabilities of nations: the state of the art of synthetic indicators. **Technological Forecasting & Social Change**, n. 76, 2009, p. 917-931. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 16 abr. 2010.

ARCHIBUGI, D.; MICHIE, J. Technological globalization or national system of innovation. **Futures**, v. 29, n. 2, 1997, p. 121-137. Disponível em: <http://www.danielearchibugi.org/downloads/papers/Globalisation_of_techn_and_sci_ence/Technological_Globalisation.pdf>. Acesso em: 4 out. 2009.

BARBETTA, P. A. **Estatística aplicada às ciências sociais**. Florianópolis: UFSC, 2001.

BARROSO, L. P.; ARTES, R. **Análise multivariada**. Lavras: UFLA, 2003, mimeo.

CASTELLACCI, F. ARCHIBUGI, D. The technology clubs: the distribution of knowledge across nations. **Research Policy**, vol. 37, 2008, p. 1659-1673. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 25 jan. 2010.

DALUM, B. Export specialisation, structural competitiveness and national systems of innovation. In: LUNDVALL, B. A. (Ed.). **National systems of innovation: toward a theory of innovation and interactive learning**. London: Anthem Press, 2010, p. 195-217.

DE NEGRI, F. Padrões tecnológicos e de comércio exterior das firmas brasileiras. In: DE NEGRI, J. A.; SALERNO, M. S. **Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras**. Brasília: IPEA, 2005, p. 75-118.

DE NEGRI, J. A.; SALERNO, M. S.; CASTRO, A. B. _____. In: DE NEGRI, J. A.; SALERNO, M. S. **Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras**. Brasília: IPEA, 2005, p. 5-46.

DOSI, G.; PAVITT, K.; SOETE, L. **The economics of technical change and international trade**. Brighton: Wheatsheaf, 1990.

EDQVIST, C.; LUNDVALL, B. A. Chapter on Denmark and Sweden. In: NELSON, R. R. (Ed.). **National innovation systems**. Oxford: Oxford University Press, 1993, p. 265-299.

FAGERBERG, J. International competitiveness. **The Economic Journal**, v. 98, n. 391, 1988, p. 355-374. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/2233372>>. Acesso em: 4 abr. 2011.

_____. The home market hypothesis re-examinad: the impact of domestic-user-producer interation in exports. In: LUNDVALL, B. A. (Ed.). **National systems of innovation**. London: Pinter, 2010.

_____. Technology and competitiveness. **Oxford Review of Economic Policy**, v. 12, n. 3, 1996, p. 39-51. Disponível em: <<http://oxrep.oxfordjournals.org/content/12/3/39.full.pdf>>. Acesso em: 2 abr. 2011.

FAGERBERG, J.; SRHOLEC, M. National innovation systems, capabilities and economic development. **Research Policy**, vol. 37, 2008, p. 1417-1435. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 19 abr. 2010.

FÁVERO, L. P. et al. **Análise de dados**: modelagem multivariada para tomada de decisões. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

FERNANDES, E. A.; CUNHA, N. R. S.; SILVA, R. G. Degradação ambiental no estado de Minas Gerais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, vol. 43, n. 1, 2005, p. 179-198. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/resr/v43n1/25842.pdf>>. Acesso em: 23 jun. 2010.

FREEMAN, C. **Technology policy and economic performance**: lessons from Japan. London: Pinter Publishers, 1987.

FREEMAN, C.; SOETE, L. **A economia da inovação industrial**. Campinas: Unicamp, 2008.

GREENHALGH, C. Innovation and trade performance in the United Kingdom. **The Economic Journal**, v. 100, n. 400, 1990, p. 105-118. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/2234188>>. Acesso em: 18 abr. 2011.

GRUPP, H.; SCHUBERT, T. Review and new evidence on composite innovation indicators for evaluating national performance. **Research Policy**, vol. 39, 2010, p. 67-78. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 25 jan. 2010.

HAIR, J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. **Multivariate data analysis**: with readings. New Jersey: Prentice Hall, 1995.

JAYME JR., F. G.; RESENDE, M. F. C. Crescimento econômico e restrição externa: teoria e a experiência brasileira. In: MICHEL, R.; CARVALHO, L. **Crescimento econômico**: setor externo e inflação. Rio de Janeiro: IPEA, 2009, p. 9-36.

LALL, S. Export performance, technological upgrading and foreign direct investment strategies in the Asian newly industrializing economies. **Desarrollo Productivo**, n. 88. Disponível em: <<http://www.eclac.org/publicaciones/xml/4/5634/lcl1421i.pdf>>. Acesso em: 4 abr. 2011.

LIST, G. F. **Sistema nacional de economia política**. São Paulo: Nova Cultural, 1986.

LUNDVALL, B. A. **National systems of innovation**. London: Pinter Publishers, 1992.

_____. Introduction. In: _____. **National systems of innovation: toward a theory of innovation and interactive learning**. London: Anthem Press, 2010, p. 1-19.

MAGNIER, A.; TOUJAS-BERNATTE, J. Technology and trade: empirical evidence for the five major industrialized countries. **Working Paper INSEE-DEEE G**, n. 9207, 1994.

MELO, L. M. Sistema nacional de inovação (SNI): uma proposta de abordagem teórica. **Textos para discussão**, n. 357, abr. 1996.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada**: uma abordagem aplicada. Belo Horizonte: UFMG, 2005.

NELSON, R. R. Institutions supporting technical change in the United States. In: DOSI, G. et al. (Org.). **Technical change and economic theory**. London: Pinter Publishers, 1988.

_____. **National systems of innovation: a comparative analysis**. Oxford: Oxford University Press, 1993.

_____. **As fontes do crescimento econômico**. Campinas: Unicamp, 2006.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **OECD statistics**, 2010a. Disponível em: <<http://stats.oecd.org/index.aspx?r=406960>>. Acesso em: 25 jun. 2010.

_____. **OECD science, technology and industry outlook 2010 country note: Hungary**, 2010c. Disponível em: <<http://www.oecd.org/dataoecd/42/5/46664390.pdf>>. Acesso em: 2 mar. 2011.

_____. **OECD science, technology and industry outlook 2010 country note: Iceland**, 2010d. Disponível em: <<http://www.oecd.org/dataoecd/41/28/46664484.pdf>>. Acesso em: 2 mar. 2011.

_____. **OECD science, technology and industry outlook 2010 country note: Mexico**, 2010b. Disponível em: <<http://www.oecd.org/dataoecd/40/59/46665427.pdf>>. Acesso em: 2 mar. 2011.

PAVITT, K. Uses and abuses of patent statistics. In: VAN RAAN, A. F. J. (Org.). **Handbook of quantitative studies of science and technology**. Amsterdam: North-Holland, 1988, p. 509-536.

PORTER, M. **The competitive advantage of nations**. New York: Free Press, 1990.

PEREZ, C. Structural change and the assimilation of new technologies in the economic and social system. **Futures**, n. 5, v. 15, 1983, p. 357-375. Disponível em: <<http://www.carlotaperez.org/papers/scass%20v04.pdf>>. Acesso em: 5 dez. 2010.

RESENDE, M. F. C.; TORRES, D. A. R. National innovation system, competitiveness and economic growth. **Texto para discussão**, n. 325. Belo Horizonte: Cedeplar/UFMG, 2008. Disponível em: <<http://www.cedeplar.ufmg.br/pesquisas/td/TD%20325.pdf>>. Acesso em: 24 abr. 2010.

SBICCA, A.; PELAEZ, V. Sistemas de inovação. In: PELAEZ, V.; SZMRECSÁNYI, T. (Org.). **Economia da inovação tecnológica**. São Paulo: Hucitec, 2006, p. 415-448.

SPEARMAN, C. General intelligence, objectively determined and measured. **American Journal of Psychology**, v. 15, n. 2, 1904, p. 201-292.

TIJSSSEN, R. J. W. Scoreboards of research excellence. **Research Evaluation**, vol. 12, n. 2, 2003, p. 91-103. Disponível em: <<http://www.ingentaconnect.com/content/bee/rev/2003/00000012/00000002/art00003>>. Acesso em: 10 maio 2010.

THE WORLD BANK. **Data by country**. Disponível em: <<http://data.worldbank.org>>. Acesso em: 30 jun. 2010.

UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE. **General patent statistics reports available for viewing**. Disponível em: <http://www.uspto.gov/web/offices/ac/ido/oeip/taf/reports.htm#by_geog>. Acesso em: 24 jun. 2010.

VERNON, R. International investment and international trade in the product cycle. **The Quarterly Journal of Economics**, n. 2, v. 80, 1966, p. 190-207. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/1880689>>. Acesso em: 2 abr. 2011.

VESPAGEN, B.; WAKELIN, K. Trade and technology from a schumpeterian perspective. **International Review of Applied Economics**, n. 2, v. 11, 1997, p. 181-195. Disponível em: <<http://arno.unimaas.nl/show.cgi?fid=14467>>. Acesso em: 2 abr. 2011.

APÊNDICE A - Testes de ortogonalidade dos fatores comuns

Tabela A1 – Matriz de variâncias e covariâncias dos escores fatoriais, ano 1997

	Fator 1	Fator 2
Fator 1	1	8,70E-10
Fator 2	8,70E-10	1

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela A2 – Matriz de variâncias e covariâncias dos escores fatoriais, ano 2007

	Fator 1	Fator 2	Fator 3
Fator 1	1	-3,50E-09	-4,30E-09
Fator 2	-3,50E-09	1	-6,30E-09
Fator 3	-4,30E-09	-6,30E-09	1

Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE B – Resultados para Análise Fatorial estimada a partir de um modelo *pooled*, anos 1997 e 2007

Tabela B1 – Fatores obtidos pelo método de Componentes Principais

Fator	Raiz característica	Variância explicada pelo fator (%)	Variância acumulada (%)
1	5,042	56,02	56,02
2	1,266	14,06	70,08
3	1,066	11,84	81,92

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela B2 – Resultados da Análise Fatorial para o modelo *pooled*

Variáveis	Fator 1: Requisitos à inovação	Fator 2: infraestrutura tecnológica e ambiente macroeconômico	Fator 3: Capital humano e geração de conhecimento	Unicidade	MSA
Patentes <i>per capita</i>	0,9309	0,1448	0,0273	0,1118	0,7642
Intensidade em P&D	0,8525	0,2033	0,3444	0,1133	0,7646
Pesquisadores	0,6456	0,4333	0,4476	0,1951	0,8295
Acesso à internet	0,1936	0,8952	0,1924	0,1241	0,7242
Acesso a telefone	0,0799	0,9409	0,1544	0,0848	0,6901
PIB <i>per capita</i>	0,4637	0,6204	0,1782	0,3684	0,9062
Gastos com educação ('95)	0,0310	0,1912	0,9310	0,0957	0,7143
Artigos <i>per capita</i>	0,4723	0,1518	0,7594	0,1772	0,8228
Crédito doméstico	0,5443	0,5834	0,0818	0,3567	0,9310
Variância explicada (%)	30,99	30,24	20,69		
KMO	0,7911				
Teste esfer. de Bartlett (χ^2)	410,81				

Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE C – Regressões múltiplas entre IPDS e as variáveis de SNI, método de mínimos quadrados ordinários (MQO)

Tabela C1 – Regressão múltipla entre IPDS e as variáveis de SNI, ano 1997

Variáveis	Coefficientes	Erro-padrão	Teste z
Patentes <i>per capita</i>	-118,9743 ***	65,8945	-1,81
Intensidade em P&D	0,0501	0,0313	1,60
Pesquisadores	0,0325*	0,0119	2,74
Acesso à internet	0,0075*	0,0028	2,72
Acesso a telefone	0,0020	0,0013	1,56
PIB <i>per capita</i>	-1,25E-07	2,38E-06	-0,05
Gastos com educação ('95)	0,0163**	0,0080	2,05
Artigos <i>per capita</i>	119,8654***	65,9072	1,82
Crédito doméstico	0,0005	0,0003	1,37

obs.: 31. Teste F da restrição $\sum_{j=1}^n P_j = 1$: $F(1, 22) = 9,72^*$.

*significativo a 1%

**significativo a 5%

***significativo a 10%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela C2 – Regressão múltipla entre IPDS e as variáveis de SNI, ano 2007

Variáveis	Coefficientes	Erro-padrão	Teste z
Patentes <i>per capita</i>	-5,9265	58,1217	-0,10
Intensidade em P&D	0,0619*	0,0233	2,65
Pesquisadores	0,023*	0,0086	2,68
Acesso à internet	-0,0005	0,0015	-0,31
Acesso a telefone	7,78E-06	0,0004	0,02
PIB <i>per capita</i>	0,0000074*	1,70E-06	4,35
Gastos com educação ('05)	0,0374*	0,0129	2,91
Artigos <i>per capita</i> ('05)	6,8040	58,1307	0,12
Crédito doméstico	0,0008*	0,0002	3,42

obs.: 31. Teste F da restrição $\sum_{j=1}^n P_j = 1$: $F(1, 22) = 2,98^{***}$.

*significativo a 1%

**significativo a 5%

***significativo a 10%

Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE D – Regressões simples entre IDS e as variáveis de setor externo, método dos mínimos quadrados ordinários (MQO)

Tabela D1 – Regressão simples entre balança comercial e IDS, ano 1997

Variável	Coefficiente	Erro-padrão	Teste t
IDS	10.0775**	3,8021	2,65
constante	-4,9096 ***	2,5130	-1,95

obs.: 31; $R^2 = 0,1950$; $F(1,29) = 7,03^{**}$.

*significativo a 1%

**significativo a 5%

***significativo a 10%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela D2 – Regressão simples entre transações correntes e IDS, ano 1997

Variável	Coefficiente	Erro-padrão	Teste t
IDS	5,8857**	2,7060	2,18
constante	-2,8830	1,7885	-1,61

obs.: 31; $R^2 = 0,1402$; $F(1,29) = 4,73^{**}$.

*significativo a 1%

**significativo a 5%

***significativo a 10%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela D3 – Regressão simples entre exportação de bens de alto conteúdo tecnológico e IDS, ano 1997

Variável	Coefficiente	Erro-padrão	Teste t
IDS	17,1631**	6,5429	2,62
constante	4,7889	4,3244	1,11

obs.: 31; $R^2 = 0,1918$; $F(1,29) = 6,88^{**}$.

*significativo a 1%

**significativo a 5%

***significativo a 10%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela D4 – Regressão simples entre balança comercial e IDS, ano 2007

Variável	Coefficiente	Erro-padrão	Teste t
IDS	13,1121***	6,5658	2,00
constante	-8,2054	5,1350	-1,60

obs.: 31; $R^2 = 0,1209$; $F(1,29) = 3,99^{***}$.

*significativo a 1%

**significativo a 5%

***significativo a 10%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela D5 – Regressão simples entre transações correntes e IDS, ano 2007

Variável	Coefficiente	Erro-padrão	Teste t
IDS	10,1534	9,6858	1,05
constante	-8,5402	7,5751	-1,13

obs.: 31; $R^2 = 0,0365$; $F(1,29) = 1,10$.

*significativo a 1%

**significativo a 5%

***significativo a 10%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela D6 – Regressão simples entre exportação de bens de alto conteúdo tecnológico e IDS, ano 2007

Variável	Coefficiente	Erro-padrão	Teste t
IDS	15,3321***	8,7555	1,75
constante	4,6848	6,8475	0,68

obs.: 31; $R^2 = 0,0956$; $F(1,29) = 3,07$.

*significativo a 1%

**significativo a 5%

***significativo a 10%

Fonte: Elaborado pelo autor.