

Competitividade e *Gap* Tecnológico –uma análise comparativa entre Brasil e países europeus selecionados

Tatiana Massaroli Melo¹
André Luiz Correa
Enéas Gonçalves de Carvalho
Mario Luiz Possas

Resumo: Este artigo analisa os padrões de comportamento inovativo de diferentes países com o propósito de verificar a existência de um *gap* tecnológico entre o Brasil e os países tecnologicamente mais dinâmicos desta amostra, os quais serão chamados de fronteira tecnológica. A metodologia proposta consiste na análise de correspondência, realizada a partir de um conjunto de indicadores de inovação elaborados com base na Pesquisa de Inovação Tecnológica (PINTEC) do IBGE e do *Community Innovation Survey* (CIS). Com base em quatro indicadores de inovação setoriais construídos para o Brasil e um conjunto de dez países europeus, foram elaboradas as análises de correspondência, considerando as seguintes dimensões: (i) país-indicador; (ii) setor-indicador.

Palavras-chave: capacitações tecnológicas, competitividade, *gap* tecnológico, indicadores de inovação.

Abstract: This paper analyzes the innovative behavior patterns of different countries in order to verify the existence of a technological gap between Brazil and the technologically most dynamic countries in the sample, which will be called technological frontier. The proposed methodology consists of correspondence analysis, performed from a set of innovation indicators based on Technological Innovation Survey (PINTEC) IBGE and the Community Innovation Survey (CIS). Based on four sectoral innovation indicators built for Brazil and a set of ten European countries, correspondence analysis was prepared considering the following dimensions: (i) country-indicator; (ii) industry-indicator.

Keywords: technological capabilities, competitiveness, technological gap, innovation indicators.

Área Temática: Economia

¹ Professores do departamento de Economia da UNESP – FCL – email para correspondência: tmassaroli@fclar.unesp.br

1. Introdução

Este artigo analisa os padrões de comportamento inovativo de diferentes países com o propósito de verificar a existência de um *gap* tecnológico entre o Brasil e os países tecnologicamente mais dinâmicos desta amostra, os quais serão chamados de fronteira tecnológica. A metodologia proposta consiste na análise de correspondência, realizada a partir de um conjunto de indicadores de inovação elaborados com base na Pesquisa de Inovação Tecnológica (PINTEC) do IBGE e do *Community Innovation Survey* (CIS). Com base em quatro indicadores de inovação setoriais construídos para o Brasil e um conjunto de dez países europeus, foram elaboradas as análises de correspondência, considerando as seguintes dimensões: (i) país-indicador; (ii) setor-indicador.

O ponto de partida para o desenvolvimento das análises de correspondência foi a relação entre desempenho tecnológico e competitividade industrial, considerando o desempenho tecnológico como dependente do desenvolvimento de competências produtivas e tecnológicas e a competitividade como o resultado da capacidade das empresas para reduzir o hiato tecnológico frente aos concorrentes no mercado internacional. Dessa forma, somente o desenvolvimento de capacidades produtivas e tecnológicas na atividade industrial permite elevar a capacidade de um país para competir no mercado internacional. Esta afirmação torna-se evidente quando a abordagem lança mão de indicadores de esforço de inovação que traduzem o hiato tecnológico entre Brasil e um conjunto de países europeus selecionados.

O resultado das análises de correspondência evidenciam a existência de um forte *gap* tecnológico entre Brasil e os países tecnologicamente mais dinâmicos da amostra, com baixa presença de empresas inovadoras em produto e processo nos setores de elevado desempenho inovativo, como farmacêutico, equipamentos de informática, produtos químicos e produção de máquinas e equipamentos elétricos.

O artigo está organizado em cinco seções, incluindo esta introdução. Na seção 2 é apresentado um referencial teórico sobre a relação entre competitividade e hiato tecnológico, com ênfase na abordagem evolucionista. A seção 3 desenvolve a noção de competitividade internacional, como sendo o êxito relativo de uma unidade econômica, como uma empresa ou um setor industrial, no ambiente econômico em que ele está inserido, considerando os diferentes padrões de alocação das economias nacionais ou regionais. A seção 4 apresenta os resultados das análises de correspondência mostrando o *gap* tecnológico entre Brasil e os países europeus selecionados. Por fim, são apresentadas as principais conclusões.

2. Competitividade e hiato tecnológico

A relação entre desempenho tecnológico, competitividade e crescimento econômico tem sido amplamente analisada pela literatura econômica (Antimiani e Constantini, 2013; Fagerberg e Srholec, 2008; Fagerberg et al., 2007; Fagerberg 1994; Dosi e Soete, 1988; Nelson e Winter, 1982; Posner, 1961). As análises mais interessantes frequentemente são aquelas encontradas fora da abordagem tradicional (*mainstream*), por sua melhor caracterização tanto do fenômeno do progresso técnico quanto das instituições e agentes envolvidos.

De acordo com Castellacci (2008, pp. 990 - 991), a hipótese de *gap* tecnológico é sustentada pelo argumento de que a inovação é o maior determinante do desempenho de uma indústria ou país nos mercados internacionais, com foco nos impactos da atividade inovativa sobre a dinâmica da produtividade do trabalho no nível macroeconômico. Estudos empíricos, Belderbos, Duvivier, Wynen (2009), Damijan et al. (2008), corroboram a ideia do autor de que fatores não-preço, tais como o desenvolvimento de

atividades inovativas por parte das firmas e as especificidades setoriais que influenciam a criação e difusão do conhecimento, têm sido significativamente mais relevantes que as variáveis relacionadas a preço. Belderbos, Duvivier e Wynen (2009) encontraram evidências de que firmas mais inovativas são mais intensivas em exportações que firmas não inovativas. Damijan (2008) mostra que as atividades inovativas da firma reforçam sua probabilidade de se tornar exportadora e, uma vez que tenha alcançado o mercado internacional, manter ou ampliar o *marketshare* exportado requer maior esforço inovativo e ganhos de produtividade. As evidências encontradas pelo autor vão em duas direções, indicando que existe tanto a causalidade do esforço inovativo para desempenho exportador, quanto o contrário, do desempenho exportador levando ao maior esforço inovativo. Independente da direção da causalidade, há evidências de que a capacidade inovativa da firma, seja adotando estratégias de inovação ou imitação, é um importante fator para a manutenção e ampliação de seu *marketshare* exportado, sendo elemento fundamental para seu desempenho competitivo.

Em Castellacci (2008), a estratégia imitativa das firmas, fruto do desenvolvimento de habilidades para explorar a difusão internacional de tecnologias, constitui importante elemento para o desempenho competitivo de setores e países. O processo de imitação requer consideráveis esforços para construir uma estrutura industrial tecnologicamente avançada, necessária para a consolidação de capacidade de absorção e da habilidade para imitar tecnologias estrangeiras mais avançadas. Com base neste processo, as firmas de um determinado setor são capazes de desenvolver domesticamente não apenas as tecnologias estrangeiras, mas também dinamizar elos na cadeia de produção, tais como entre fornecedores, produtores e usuários, alcançando, em estágios iniciais, diferenciais competitivos no mercado interno, em termos de aumento de *marketshare*, para posteriormente competir no mercado internacional.

Posner (1961) argumenta que o progresso técnico é capaz de romper, abruptamente, com posições de mercado estabelecidas, possibilitando o surgimento de novos atores liderando a competição por mercados internacionais. Neste sentido, muitos autores têm argumentado que a tecnologia é um dos elementos cruciais para compreender a origem dos diferenciais competitivos entre os países. Em Dosi *et al* (2014), economias capazes de produzir inovações de produto e processo estão mais aptas para ganhar ou manter posições competitivas no comércio internacional. Para os autores, estas duas formas de inovação afetam a competitividade da firma de diferentes formas. Enquanto as inovações de processo estão frequentemente associadas a significativos ganhos de produtividade, as inovações de produto, associadas à diferenciação de produto ou melhoria de qualidade, auxiliam a firma a conquistar ou, até mesmo, criar novos mercados. Dessa forma, o esforço de um país para aumentar sua competitividade deve passar, necessariamente, pela redução de seu hiato tecnológico em relação aos países que apresentam melhor desempenho no comércio internacional. Os trabalhos sobre hiato tecnológico mais frequentes na literatura analisam a relação entre taxas diferenciais de crescimento do PIB per capita, nos vários países, e suas taxas de progresso técnico. A tecnologia é entendida como fator incorporado à estrutura das organizações, sendo a transferência entre elas difícil e custosa. A mudança tecnológica, portanto, é vista como o resultado conjunto de inovação e atividades de aprendizado dentro das organizações, especialmente das firmas. Fatores específicos a cada país dão às tecnologias, e ao processo de mudança tecnológica, um caráter nacional (“tecnologia nacional”). Neste sentido, a firma assume o papel de principal indutor do progresso técnico, uma vez que as capacitações produtivas e tecnológicas se localizam em seu âmbito (Fagerberg, 1994).

Para Fagerberg e Verspagen (2013), embora os países em desenvolvimento apresentem maiores possibilidades de crescimento, como é o caso de China e Índia, em relação às economias desenvolvidas, a transformação deste crescimento potencial em crescimento real passa pelo importante desafio de construir capacitações para explorar as

oportunidades para o *catchingup* econômico e tecnológico, traduzido em ganhos de competitividade. A relação entre competitividade e hiato tecnológico pode ser esboçada do seguinte modo. Se a inovação está relacionada à modificação nos padrões de produção existentes (de acordo com Schumpeter, 1942), que determina vantagens diferenciais para o inovador, a manutenção ou expansão da competitividade (a capacidade de competir) depende não apenas de competências produtivas, mas, principalmente, de competências para gerar e administrar a mudança técnica (Bell e Pavitt, 1995, pp. 76-77; Lall, 1992) em ritmo igual ou superior ao dos concorrentes. O hiato tecnológico interessa, nesse contexto, diretamente como *medida de distância* entre o nível tecnológico de um país *vis-à-vis* seus concorrentes, mais do que como explicação para os níveis diferenciais de renda *per capita*, como é usual na literatura.

Considerando o argumento de Dosi e Soete (1983), o que explica grande parte da liderança tecnológica dos países desenvolvidos em relação aos em desenvolvimento é a existência de assimetrias tecnológicas, as quais são explicadas pelo desenvolvimento da estrutura produtiva de cada país e pela capacidade dessa estrutura de introduzir bens, serviços, processos, entre outros, que os outros países não são capazes de produzir, independentemente do custo. Analisando os países desenvolvidos, Bell e Pavitt (1995) argumentam que a transferência de tecnologia e *know-how* produtivo não é suficiente para conquistar e manter uma boa posição competitiva. É preciso investimento em capacitação tecnológica, para produzir, sempre que necessário, mudanças na produção, a fim de manter ou aumentar a competitividade. Ao encerrar seu texto, os autores pontuam que “o volume e a eficácia destes investimentos, que são principalmente específicos às firmas, dependem da competência tecnológica, da direção, da qualificação da força de trabalho, dos incentivos que as firmas têm para investir em acumulação tecnológica e da eficácia das instituições de apoio especializadas” (Bell e Pavitt, 1995, p. 101). Para os autores, tais instituições são os laboratórios de P&D, mas poderíamos estender a noção para todo o sistema nacional de inovação.

Contrariando as teorias tradicionais que preveem ganhos da especialização das economias no comércio internacional, evidências têm apontado que as assimetrias tecnológicas entre países, resultado da especialização, afetam negativamente o desempenho competitivo dos *latecomers* no comércio mundial (Dosi e Soete, 1983; Dosi, Pavitt e Soete, 1990; Amendola et al., 1993). Elas sugerem que as capacitações tecnológicas relativas de cada economia, em cada setor, são um poderoso determinante da parcela de exportação daquele país, naquele setor, no mercado mundial. Dessa forma, a parcela das exportações indica a competitividade de cada país e esta depende da capacitação tecnológica. De acordo com Tigre (2002, p. 249), a competitividade internacional está, em grande medida, ligada ao crescimento de novas indústrias, à busca de economias de escala dinâmicas, às inovações de processo e ao fomento de atividades científicas e tecnológicas.

3. A Noção de competitividade internacional

Como uma primeira aproximação, pode-se considerar a noção de competitividade como sendo o êxito relativo de uma unidade econômica –um agente individual (uma empresa), ou um conjunto de agentes (um setor industrial), ou um agente coletivo² (um país, por exemplo)- no processo competitivo (no ambiente econômico³) em que ele está inserido, num dado período de referência. Analiticamente, o ambiente econômico dos agentes também

² Um país pode ser considerado, a princípio, como uma mera agregação de agentes individuais (empresas) ou como um agente coletivo e, portanto, dotado de unidade-ver, adiante, os comentários sobre competitividade sistêmica ou estrutural e a razão pela qual se adota, neste trabalho, esta segunda acepção.

³ A rigor não só econômico porque envolve também as instituições e as relações sociais.

pode ser considerado de forma mais ou menos abrangente – mercado/indústria, setor industrial, economia nacional, bloco regional ou economia internacional⁴.

Do ponto de vista teórico, adotando-se a perspectiva de que o mercado é o *locus* privilegiado da concorrência intercapitalista - isto é, que ele é o âmbito do processo de interação das unidades econômicas (em sua busca contínua por lucros, através do esforço inovativo incessante) -, parece apropriado considerar o mercado como o espaço no qual a competitividade de cada agente é determinada (Schumpeter, 1942; Possas, 1985).

Tal opção não implica nem tomar a competitividade como tendo lugar de forma isolada- “(...) a competitividade deriva da contribuição de cada, e da interação entre, firmas, regiões, países e do suporte do sistema setorial que conecta estes diferentes níveis de análise”(Cantwell, 2005:551)-, nem descartar as possibilidades analíticas (ou mesmo teóricas) de abordar a competitividade internacional de uma forma mais abrangente (em termos do conjunto do setor industrial ou mesmo de um país) (Mowery e Nelson, 1999; Nelson, 1993; OCDE, 1992).

A abordagem da competitividade que enfatiza a dimensão setorial⁵ deste processo também implica, por um lado, considerar que as admitidas dimensões mais gerais da competitividade terão efeitos distintos nos diferentes mercados/indústrias⁶. Tal circunstância problematiza, por outro lado, a pura e simples possibilidade de extensão desta noção de competitividade, para níveis mais abrangentes, por meio de uma mera agregação do mesmo. De fato, tal dificuldade se coloca porque a heterogeneidade intersetorial vai além das diferenças quanto à introdução de inovações (não apenas tecnológicas⁷), mas compreende, igualmente, distintos potenciais de crescimento, de geração de renda etc. (Dosiet *al.*, 1990).

Tais diferenças qualitativas entre os distintos setores industriais implicam, em geral, diferenças dinâmicas importantes, uma vez que os padrões de alocação das economias nacionais (ou mesmo regionais) não são idênticos. Em outros termos, o país que for mais competitivo nos setores que apresentam maior elasticidade-renda da demanda, maior crescimento no comércio internacional e maior dinamismo tecnológico, as chamadas ‘indústrias de crescimento’, será mais competitivo do que os demais. Disto resulta que a agregação, neste caso, não é neutra e que, portanto, não é indiferente, também do ponto de vista da competitividade internacional de um país, a composição de setores em que ele é relativamente mais competitivo (Dosiet *al.*, 1990).

Uma definição de competitividade nacional consistente com as considerações anteriores, e que se tornou muito influente entre os economistas heterodoxos, foi adotada pela OCDE (1992)⁸. A partir do referido estudo, pode-se propor que a competitividade de uma

⁴ Deve ser notado que, com o avanço dos processos de globalização produtiva, comercial e financeira nas últimas décadas (OCDE, 1992), parece cada vez mais apropriado considerar, a princípio, a competitividade em termos internacionais (ver adiante).

⁵ Note-se que o termo setorial está sendo empregado aqui em referência à estrutura industrial em que a empresa está inserida.

⁶ Está sendo considerado aqui, como proposto por Possas (1985, p.4), que as noções de mercado (ou de estrutura de mercado) e de indústria podem ser entendidas como ‘praticamente’ intercambiáveis. Além das razões teóricas e metodológicas apontadas pelo autor, existe ainda uma forte razão de natureza prática que reforça a mencionada escolha: o fato de que a disponibilidade de informações relativas ao âmbito industrial é bem maior do que a disponível para o âmbito de mercado.

⁷ No caso da introdução de inovações tecnológicas, não se deve esquecer as diferenças quanto à oportunidade (facilidade, escopo e evolução temporal), à apropriabilidade, à cumulatividade, à importância do conhecimento tácito das respectivas tecnologias e, também, quanto às economias estáticas e dinâmicas ensejadas pelas inovações.

⁸ “Competitividade para uma nação é o grau com que ela pode, sob condições de mercado justo e livre, produzir bens e serviços que passem no teste dos mercados internacionais ao mesmo tempo em que mantém [ou] expande a renda real dos seus cidadãos. Competitividade é a base para um padrão de vida nacional. É também

economia nacional é mais do que a simples soma da competitividade coletiva ou ‘média’ de suas empresas e está também relacionada aos seus padrões setoriais de produção e à sua respectiva inserção no mercado internacional. A competitividade de uma nação também resulta de tendências de longo prazo, específicas aos países, da força e influência das estruturas produtivas nacionais, de seu sistema de inovação, de sua infraestrutura técnica e de outras externalidades, com base nas quais as suas empresas constroem as respectivas capacidades dinâmicas, e desenvolvem os atributos básicos da sua competitividade.

Com o intuito de avançar em relação à primeira aproximação, a noção de competitividade feita anteriormente, faltaria tratar ainda das questões relativas aos determinantes da competitividade e, também, à sua mensuração.

3.1. Determinantes da competitividade internacional

Uma das maiores dificuldades ao se tentar abordar a noção de competitividade decorre da sua complexidade intrínseca. A não ser para enfoques muito restritivos e heroicos, a competitividade resulta de um processo complexo e que tem múltiplos determinantes. Ademais, a sua mensuração – a construção de indicadores de competitividade – tem se revelado um exercício que enfrenta inúmeras dificuldades⁹ (Dosi *et al.*, 1990; OCDE, 1992).

Quanto aos determinantes da competitividade, a abordagem das capacidades (ou capacitações) dinâmicas, proposta inicialmente por Teece e Pisano (1994), parece conter os elementos mais apropriados para explicar o êxito competitivo da empresa. Nesta perspectiva, a competitividade resultaria dos processos organizacionais e administrativos (ou “rotinas”) implementados, das posições (ou ativos, no sentido amplo) alcançadas e dos caminhos abertos às empresas – não se restringindo apenas aos caminhos tecnológicos e incluindo, também, as estratégias adotadas (Teece, 2007; Tidd *et al.*, 2005).

O papel das estratégias, que nos trabalhos de Teece e Pisano (1994) e Teece (2007) não fica tão claro, foi apropriadamente esclarecido no livro de Tidd *et al.* (2005). Ele propõe considerar as estratégias no contexto dos caminhos (trajetórias) que estão disponíveis às empresas. “As estratégias empresariais que não reconhecem as complexidades do presente, bem como as incertezas associadas com a mudança e o futuro (...) estarão provavelmente erradas e serão potencialmente desastrosas se forem totalmente implementadas” (2005:136).

Não custa lembrar que esta interpretação baseada nas capacidades dinâmicas não é incompatível e nem implica desconsiderar os comentários anteriores, quanto ao fato de que a competitividade não é resultado apenas das interações no plano dos mercados e indústrias. Com efeito, ela também é determinada por interações entre as empresas, as instituições (sistemas nacionais e/ou setoriais de inovação etc.) e as políticas econômicas (tecnológicas, industriais, comerciais, câmbio/monetária etc.) (Cantwell, 2005; Nelson, 1993; Morewry e Nelson, 1999; OCDE, 1992).

Em outras palavras, as capacidades (ou capacitações) dinâmicas das empresas – aí incluídas as estratégias que podem ser implementadas – não são determinadas apenas por interações entre os agentes de (ou no âmbito de) um mercado/indústria/setor, mas também por interações entre agentes, instituições e políticas econômicas (Cantwell, 2005; Nelson, 1993; Morewry e Nelson, 1999; OCDE, 1992).

4. Indicadores de competitividade internacional e a análise do *gap* tecnológico brasileiro

fundamental para a expansão das oportunidades de emprego e para permitir que a nação cumpra adequadamente com suas obrigações internacionais” (OCDE, 1992:247).

⁹“Qualquer destes indicadores pode ser influenciado por outros fatores que não [pela] competitividade” (OCDE, 1992:242).

A questão da mensuração da competitividade é difícil porque, por um lado, não existe indicador único e, por outro, qualquer indicador pode ser afetado por elementos estranhos (espúrios) à noção de competitividade¹⁰. De fato, em razão da complexidade intrínseca da noção de competitividade, decorrente da sua determinação múltipla e da componente qualitativa de algumas de suas fontes, não parece plausível, em geral, que um único indicador seja suficiente para medir, com precisão, a competitividade relativa de um agente, em um ambiente competitivo, num dado período de referência (Dosi *et al* , 1990; OCDE, 1992; Lall, 2001; Fagerberg, 2002).

Com base nestas considerações, parece mais adequado propor a utilização simultânea de mais de um indicador, como um critério geral, para se efetuar a avaliação da competitividade, até porque os indicadores também costumam ser afetados (e distorcidos) por fatores espúrios como, por exemplo, uma taxa de câmbio excessiva e artificialmente desvalorizada e/ou a existência de subsídios às exportações etc.

4.1 Análise do *Gap* tecnológico brasileiro

Como uma tentativa exploratória de verificação da distância entre atividades tecnológicas realizadas no Brasil e nos países desenvolvidos, apresentamos um conjunto de indicadores a seguir. Para tanto, foram selecionados quatro indicadores de inovação em onze setores da atividade industrial no Brasil e em dez países europeus: Bélgica, Rússia, Alemanha, Espanha, França, Croácia, Itália, Hungria, Holanda e Sérvia¹¹. Os indicadores foram construídos com dados extraídos da *Community Innovation Survey* para 2010 e da Pesquisa da Inovação Tecnológica (PINTEC/IBGE) para 2011. Os indicadores são definidos a seguir, com base no Manual da PINTEC (IBGE, 2011) e no Manual Frascati OECD (2002). Para o Manual Frascati, a P&D é apenas uma etapa do processo de inovação que inclui “[...] o trabalho criativo levado a cabo de forma sistemática para aumentar os campos de conhecimentos” e “[...] e a utilização desses conhecimentos para criar novas aplicações” (OECD, 2002; cap. 2, p. 43). Nessa perspectiva, a inovação tecnológica engloba tanto a P&D formal, realizada nos laboratórios de P&D, como a P&D informal ou ocasional, realizada em outras unidades e nas diferentes atividades. A conceituação dos indicadores de inovação utilizados nesta pesquisa é apresentada a seguir.

1. Empresas que realizaram atividades internas de P&D em relação ao total de empresas em cada setor selecionado (PDI): compreende o trabalho criativo, com o objetivo de aumentar o conhecimento e o uso desses conhecimentos para desenvolver novas aplicações, tais como produtos ou processos novos ou substancialmente aprimorados. O *design*, a construção e o teste de protótipos e de instalações-piloto constituem, muitas vezes, uma das fases mais importantes das atividades de P&D. Nessas atividades, está incluído também o desenvolvimento de *software*, desde que envolva avanço tecnológico ou científico;
2. Empresas que inovaram em produto e/ou processo em relação ao total de empresas em cada setor selecionado (EIN): uma inovação de produto ou processo consiste na

¹⁰ Ainda com relação aos indicadores de competitividade, parece ser possível classificá-los em dois grupos amplos: indicadores de desempenho e de eficiência. O primeiro deles é composto pelos indicadores de desempenho de vendas, de penetração de mercados (*market-share*) e de rentabilidade (margens e taxas de lucro). O segundo grupo é formado pelos indicadores de eficiência produtiva—coeficientes técnicos e/ou de produtividade física— e de eficiência econômica—produtividade em valor (Possas, 1999).

¹¹ O CIS é um *survey* aplicado de forma voluntária às empresas dos países da Comunidade Européia. A PINTEC é um *survey* compatível aplicado às empresas brasileiras. O caráter voluntário da CIS provoca ausência de informações em alguns países em certos anos e setores. Por isso os setores e países foram selecionados conforme a disponibilidade que os tornasse comparáveis.

introdução de um produto (bem ou serviço) ou processo novo ou substancialmente aprimorado (IBGE, 2011, pp. 5, 8);

3. Pesquisadores ocupados em atividades de P&D (PO), incluindo apenas pessoal ocupado com nível de escolaridade igual ou superior à graduação;
4. Total dos gastos relacionados às atividades de inovação (P&D interno; P&D externo; aquisição de conhecimento externo; aquisição de máquinas, equipamentos e *software*; treinamento) em relação ao faturamento líquido dos setores selecionados (Gastos com inovação - GIN);

Para efeito de avaliação, foi construída uma escala de intensidade tecnológica para cada indicador. Os valores de cada indicador foram separados em quartis, com o intuito de verificar a distribuição de setores por país, considerando a seguinte classificação: Quartil 1 – setores de baixa intensidade tecnológica; Quartil 2 – setores de média baixa intensidade tecnológica; Quartil 3 – setores de média alta intensidade tecnológica; Quartil 4 – setores de alta intensidade tecnológica.

4.2 Procedimentos metodológicos

Para atingir os objetivos deste trabalho será aplicada a técnica estatística de análise de correspondência. De maneira sucinta podemos entender a análise de correspondência como um método para estudar relações entre as categorias que compõem variáveis de natureza qualitativa, tais como intensidade tecnológica, setor ou país. Hairet al. (2005) destacam a utilização crescente deste método como forma de reduzir a dimensão de um conjunto de variáveis e representar visualmente as relações entre as categorias a partir de mapas e diagramas.

A aplicação da análise de correspondência parte da representação dos dados em uma tabela de contingência, de forma que as categorias de uma variável estejam em linhas (por exemplo, o país ou o setor) e as categorias da outra variável estejam em colunas (por exemplo, a intensidade tecnológica). A partir daí procura-se representar a associação entre as categorias das variáveis geometricamente, por meio do cálculo de distâncias e projeções ortogonais das categorias¹². A aplicação da análise de correspondência requer a não existência de independência entre linhas e colunas, condição que pode ser aferida através do teste de χ^2 .

As dimensões (eixos) presentes nos diagramas estão associadas à representação das categorias e são selecionadas de acordo com a porcentagem de variância do conjunto de dados explicada. Mais precisamente, as duas dimensões apresentadas em cada diagrama correspondem às representações reduzidas dos dados que melhor explicam a variabilidade do conjunto¹³. Por fim, a partir da análise dos diagramas pode-se determinar a associação entre as categorias.

Neste trabalho realizaremos a análise de correspondência em duas etapas. Cumpre destacar que as variáveis setor e país são evidentemente qualitativas. Os indicadores, por sua vez, são variáveis quantitativas. Conforme destacado acima, a construção de uma escala de intensidade tecnológica a partir dos quartis de cada distribuição permitiu representar os indicadores em categorias. Uma vez construída a escala foi possível realizar os dois exercícios de análise de correspondência.

Primeiramente foi realizada a análise de correspondência entre cada um dos indicadores e a variável país, de modo a avaliar a correspondência entre dinamismo

¹² O trabalho de Greenacre e Hastie (1987) apresenta os detalhes técnicos do método, destacadamente aqueles associados à representação geométrica da análise de correspondência.

¹³ A análise de correspondência muitas vezes é considerada um caso particular do método de componentes principais aplicado a dados categóricos. O método de componentes principais consiste, em linhas gerais, em obter combinações lineares das variáveis que expliquem o máximo de variância possível.

inovative e os países da amostra. Uma vez verificada a correspondência, foi efetuada uma nova análise de correspondência entre os indicadores de dinamismo inovativo e a variável setor, considerando os grupos de países formados no primeiro exercício. A seção 4.2 apresenta a análise dos resultados.

A técnica estatística de análise de correspondência aplicada neste trabalho destaca a abordagem geométrica proposta nas equações [2] e [3]. De maneira sucinta podemos entender a análise de correspondência como um método para estudar relações entre as categorias que compõem variáveis de natureza qualitativa, tais como intensidade tecnológica, setor ou país. Formalmente, considere uma tabela de contingência N ($I \times J$) em que n_{i+} e n_{+j} correspondem, respectivamente, aos totais da linha e da coluna. Seja n o total de observações. Considere a matriz P de proporções relativas com elementos p_{ij} dados por:

$$p_{ij} = \frac{n_{ij}}{n_{++}} \quad (1)$$

Onde n_{++} corresponde ao número total de observações.

O vetor $[a_i = \frac{n_{i1}}{n_{i+}} \dots \frac{n_{ij}}{n_{i+}}]$ é denominado perfil linha e o vetor $[r = \frac{n_{1+}}{n} \dots \frac{n_{I+}}{n}]$ é denominado vetor de massas da linha. O vetor r representa também o centroide dos perfis coluna. De maneira análoga, o vetor $[c = \frac{n_{+1}}{n} \dots \frac{n_{+J}}{n}]$ corresponde ao vetor de massas das colunas e o centroide dos perfis linha. A distância entre os perfis linha são definidas pela métrica Euclidiana ponderada dada por:

$$d_c(a_i, a_i^T) = (a_i - a_i^T) D_c^{-1} (a_i - a_i^T) \quad (2)$$

Em que D_c é uma matriz diagonal composta pelas massas das colunas. De maneira análoga, as distâncias entre os perfis linha são ponderados pela matriz D_r , composta pelas massas das linhas em sua diagonal. Geometricamente, como há dependência linear entre as coordenadas dos perfis, os pontos estarão contidos no simplex com vértices na unidade dos eixos. A distância entre os perfis linha e o centroide c é dada por:

$$d_c(a_i, c) = n \sum_{i=1}^J r_i (a_i - c)^T D_c^{-1} (a_i - c) \quad (3)$$

A média ponderada dos quadrados das distâncias entre os perfis linha e os centroides corresponde à estatística χ^2 que pode ser utilizada para testar a independência entre linhas e colunas:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^J \sum_{j=1}^I \frac{(n_{ij} - n_{i+} n_{+j} / n)^2}{n_{i+} n_{+j} / n} \quad (4)$$

A quantidade χ^2 / n é chamada de inércia total da matriz de dados. Pode-se encarar a Análise de Correspondência como uma forma de decompor a inércia total, de modo que seja possível representar os dados em um número reduzido de dimensões. A soma dos quadrados dos autovalores da matriz

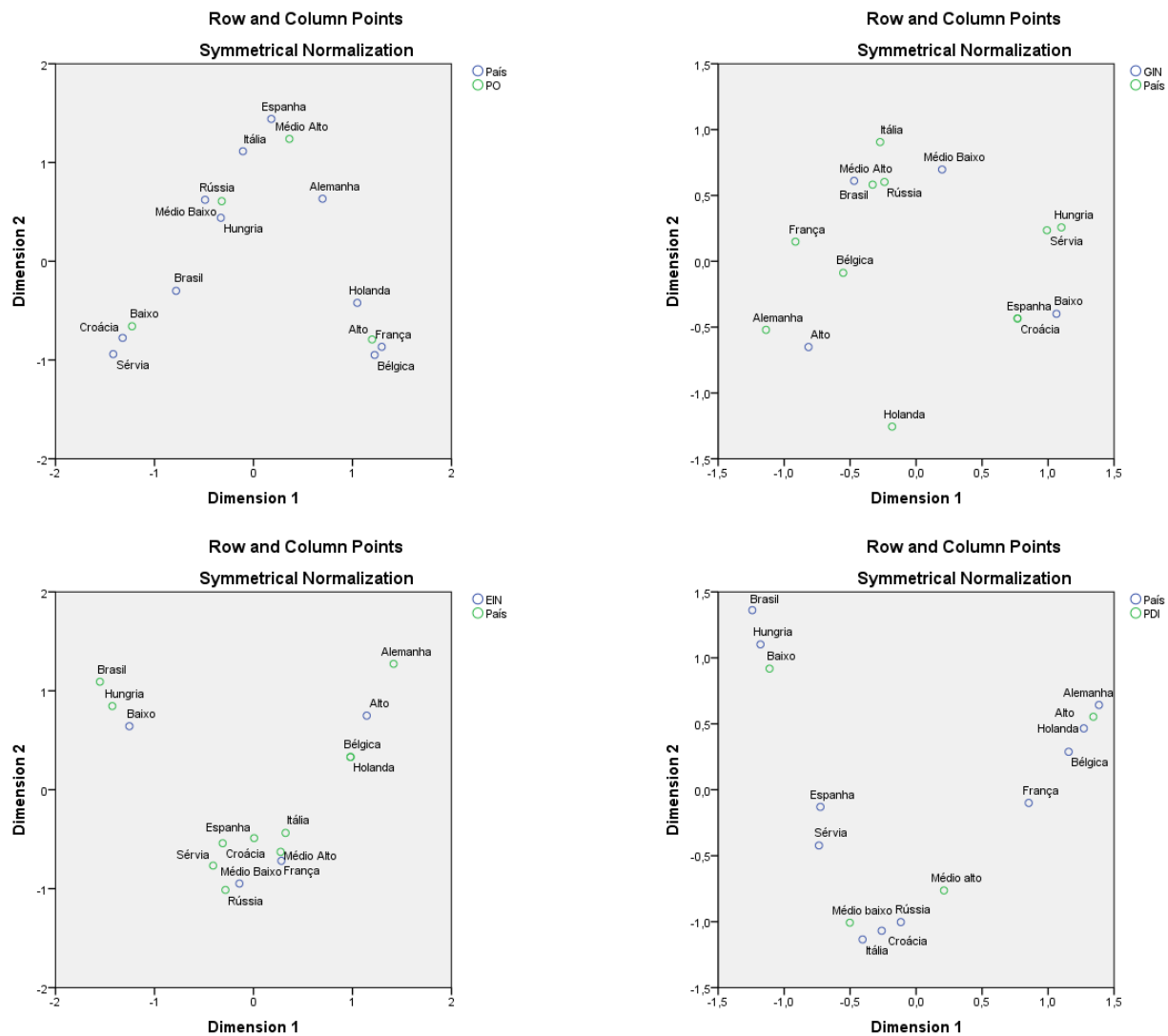
$$Q = \sum_{i=1}^I r_i (a_i - c)(a_i - c)^T D_c^{-1} \quad (5)$$

correspondem à inércia total, de modo que uma decomposição da inércia total é obtida a partir do quadrado dos autovalores individuais.

4.2 Resultados

A figura 1 apresenta os resultados da análise de correspondência entre os indicadores de dinamismo inovativo e a variável país:

Figura 1 – Mapas de distribuição de países segundo intensidade inovativa – Brasil e países europeus selecionados – CIS (2010) e PINTEC (2011)



Os mapas apresentados na figura acima agrupam os países segundo dinamismo inovativo (alto; médio alto; médio baixo; baixo), para cada um dos indicadores selecionados. Na figura é possível verificar que o Brasil possui semelhanças, do ponto de vista tecnológico, com os países europeus menos dinâmicos, como Hungria, Croácia e Sérvia, dividindo com estes países o grupo de baixo dinamismo inovativo. O único indicador em que o Brasil apresenta desempenho satisfatório, por estar inserido no grupo de países com médio alto dinamismo inovativo, é o indicador gasto com atividade inovativa (GIN). Apesar do bom desempenho do país neste indicador, é importante salientar que este indicador considera não apenas os gastos em P&D, mas também os gastos com atividades inovativas de modo mais amplo, incluindo aquisição de *software* e, sobretudo, aquisição de máquinas e equipamentos. É necessário lembrar que neste último item estão contabilizados os gastos com aquisição de equipamentos que não são inovações para o mercado mundial sendo, no máximo, novidade para a empresa ou para o mercado doméstico. Ao avaliarmos os países que estão nos grupos de alto e médio alto desempenho, observa-se a presença sistemática de Alemanha, Holanda e Bélgica, o que nos permite adotar tais países como a fronteira tecnológica, dentre os países investigados neste trabalho.

Com o propósito de investigar o desempenho desagregado de cada setor dentro de grupos de países selecionados a partir dos agrupamentos obtidos na figura 1, a análise de correspondência foi aplicada para as dimensões indicador e setor. Os países foram separados em dois grupos, sendo o primeiro grupo constituído de países de baixo desempenho inovativo (Brasil, Hungria, Croácia e Sérvia) e o segundo grupo formado por países de alto desempenho inovativo (Alemanha, Bélgica e Holanda)¹⁴.

A figura 2 apresenta os resultados da análise de correspondência para os países do grupo 1. É possível observar que nenhum setor se encontra no grupo de alto dinamismo inovativo. Curiosamente, os setores que, de acordo com o critério de intensidade tecnológica proposto pela OCDE, possuem alto e médio alto desempenho tecnológico - farmacêutico; equipamentos de informática e produtos eletrônicos; produtos químicos; veículos automotores – estão todos agrupados nas categorias Baixo e Médio baixo.

Quando os mapas da figura 2 são comparados aos da figura 3, que exhibe os resultados dos países do grupo 2, observamos padrões diametralmente opostos. Enquanto nos mapas da figura 2 não encontramos a presença de setores agrupados na categoria Alto, na figura 3 não observamos a presença de setores agrupados na categoria Baixo. Tal evidência mostra que os países pertencentes ao grupo da fronteira (Grupo 2) são caracterizados pela presença dos setores tecnologicamente dinâmicos, seguindo o critério da OCDE, nas categorias corretas, ou seja, Alto e Médio Alto. A superioridade dos países do grupo 2 em relação aos países do grupo 1 é revelada pela concentração de setores tais como farmacêutico, produtos químicos, equipamentos de informática, máquinas e equipamentos elétricos e veículos automotivos, dentro das categorias Alto e Médio alto, sendo que estes mesmos setores foram agrupados de forma completamente oposta no caso dos países do Grupo 1. Tal fato mostra a distância entre os países do grupo 1 e aqueles pertencentes ao grupo de fronteira, ou seja, Alemanha, Bélgica e Holanda.

¹⁴A análise de correspondência para o indicador PDI não foi viabilizada porque, no caso dos países do primeiro grupo, todos os setores apresentaram desempenho baixo e, no caso dos países do grupo 2, todos os setores apresentaram desempenho alto, não sendo possível encontrar diferentes agrupamentos. No caso do indicador GIN, em virtude das deficiências do indicador para analisar o caso brasileiro, conforme apontado anteriormente nesta seção, decidimos não incorporá-lo nas análises setoriais.

Figura 2 – Mapas de distribuição de setores segundo intensidade inovativa – Grupo 1 (Brasil, Croácia e Sérvia) - CIS (2010) e PINTEC (2011)

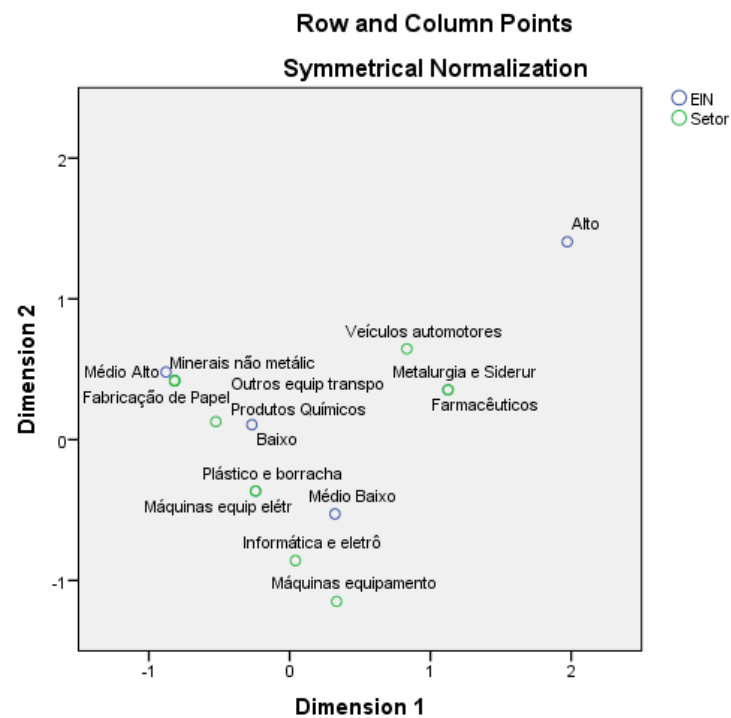
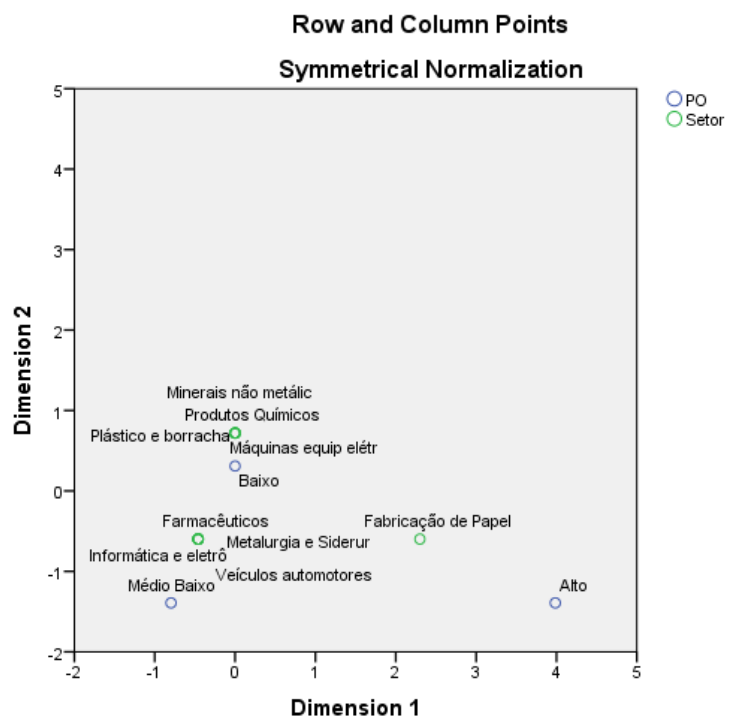
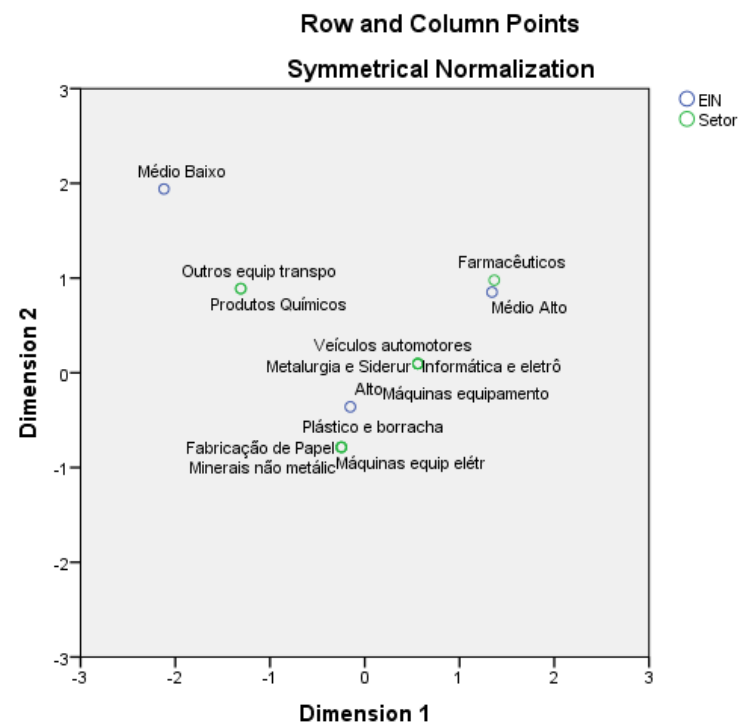
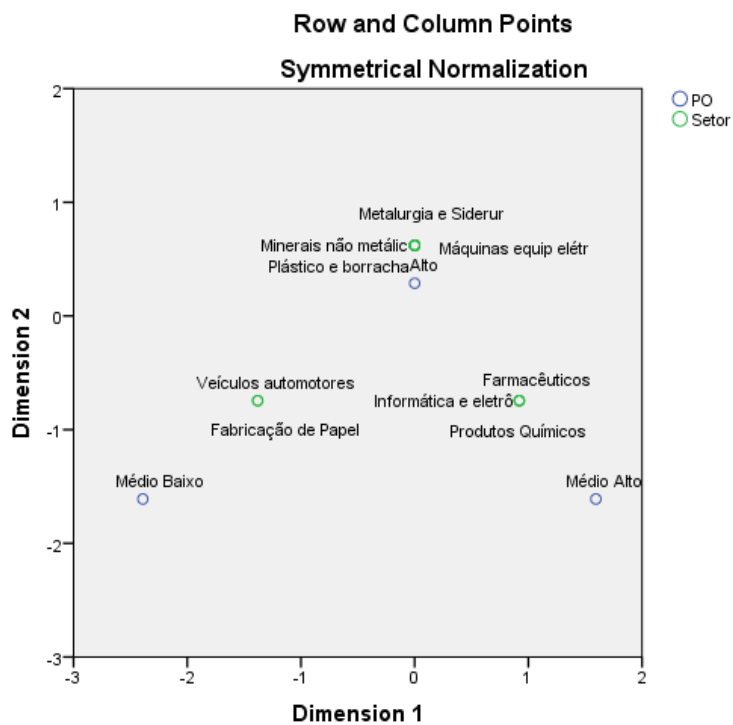


Figura 3 – Mapas de distribuição de setores segundo intensidade inovativa – Grupo 2 (Alemanha, Bélgica e Holanda) - CIS (2010) e PINTEC (2011)



5. Considerações Finais

Em linha com a teoria evolucionista, este artigo enfatiza as especificidades e a diversidade da estrutura industrial, traduzidas pelo dinamismo inovativo das firmas que caracteriza diferentes estruturas setoriais e, num nível mais agregado, diferentes padrões industriais nacionais. Esta capacidade de inovar e desenvolver padrões de inovação é entendida como elemento decisivo para o desenvolvimento de competitividade da indústria, entendendo-se que a competitividade resulta em grande medida da capacidade de suas empresas para reduzir o hiato tecnológico frente aos concorrentes no mercado internacional.

Somente o desenvolvimento de competências produtivas e tecnológicas na atividade industrial permite elevar a capacidade de um país para competir no mercado internacional. Esta afirmação torna-se evidente quando a abordagem lança mão de indicadores de esforço de inovação que traduzem o hiato tecnológico entre Brasil e um conjunto de países europeus selecionados. A existência de grandes discrepâncias tecnológicas entre os grupos de países menos desenvolvidos, em que o Brasil se encontra, e os países europeus mais dinâmicos, como Alemanha, Bélgica, França e Holanda, sobretudo nos setores de alta e média-alta intensidade tecnológica, segundo a classificação da OCDE, é sintomática e provavelmente está relacionada à perda de competitividade das exportações industriais brasileiras. Esta é uma hipótese de trabalho que este artigo procurou fundamentar e que será desenvolvida em trabalhos futuros.

As análises de correspondência foram aplicadas neste artigo para as seguintes dimensões: país-indicador e país-setor. No caso da análise país-indicador, observa-se a presença do Brasil junto com os demais países de desempenho inovativo baixo, tais como Hungria, Sérvia e Croácia, enquanto os países mais dinâmicos desta amostra - Alemanha, Bélgica e Holanda - denominados fronteira tecnológica para fins de comparação neste artigo, aparecem num grupo diametralmente oposto. Quando a análise de correspondência é realizada para as dimensões setor-indicador, é possível verificar que, para o caso dos países de desempenho inovativo baixo (Brasil, Hungria, Croácia e Sérvia) setores tecnologicamente dinâmicos, seguindo o critério de dinamismo tecnológico da OCDE, estão classificados nas categorias Baixo e Médio baixo. Por outro lado, quando esta mesma análise é aplicada para o grupo de países da fronteira tecnológica (Alemanha, Bélgica e Holanda), os mesmos setores passam a ser agrupados nas categorias Alto e Médio alto. Tal fato revela a existência de um forte hiato tecnológico entre os dois grupos de países e, portanto, a necessidade do desenvolvimento de competências produtivas e tecnológicas para que os países pertencentes ao grupo de baixo dinamismo inovativo sejam capazes de competir com os países do grupo da fronteira no mercado internacional.

Referências Bibliográficas

AMENDOLA, G.; DOSI, G.; PAPAGNI, E. The dynamics of industrial competitiveness. *Weltwirtschaftliches Archiv*, v. 129, n. 3, p. 451-471, setembro de 1993.

ANTIMIANI, A.; CONSTANTINI, V. Trade performances and technology in the enlarged European Union. *Journal of Economic Studies*, v. 40, n. 3, p. 355-389, 2013.

BELDERBOS, R.; DUVIVIER, F.; WYNEN, J. Innovation and Export Competitiveness: evidence from Flemish firms. Working Paper Steunpunt Ondernemen Internationaal Ondernemen (STOIO), FEB - STOIO (K.U.Leuven), 2009.

BELL, M.; PAVITT, K. Technological accumulation and industrial growth: contrasts between developed and developing countries. *Industrial and Corporate Change*, v. 2, n. 2, p. 157-210, 1993.

BELL, M.; PAVITT, K. The development of technological capabilities. In: HAQUE, I. U. (ed.) *Trade, technology and international competitiveness*. Washington: The World Bank, 1995, p. 69-101.

CANTWELL, J. Innovation and competitiveness. In; Fagerberg, J. *et al.*, The Oxford handbook of Innovation, 2005.

DAMIJAN, J. P., KOSTEVC, C., POLANEC, S. From innovation to exporting or vice versa? Causal link between innovation activity and exporting in Slovenian microdata. MICRO-DYN. EU Sixth Framework Programme. Working paper n. 05/08, 2008.

DOSI, G.; SOETE, L. Technology gaps and cost-based adjustment: some explorations on the determinants of international competitiveness. *Metroeconomica*, v. 35, n. 3, p. 197-222, outubro de 1983.

DOSI, G.; SOETE, L. Technical change and international trade. In: DOSI, G.; FREEMAN, C.; NELSON, R. R.; SILVERBERG, G.; SOETE, L. (eds.) *Technical change and economic theory*. Londres: Pinter Publishers, 1988, p. 401-431.

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

DOSI, G.; GRAZZI, M.; MOSCHELLA, D. Technology and costs in international competitiveness: from countries and sectors to firms. Sant'Anna School, *LEM Working Paper* n. 2014/10, abril de 2014.

EUROSTAT. *Community Innovation Survey 2010*. Luxemburgo: Eurostat, 2013.

FAGERBERG, J. Technology and international differences in growth rates. *Journal of Economic Literature*, v. 32, n. 3, p. 1147-1175, setembro de 1994.

FAGERBERG, J. *Technology, growth and competitiveness: selected essays*, Edward Elgar Publishing, United Kingdom, 2002.

FAGERBERG, J.; SRHOLEC, M. National innovation systems, capabilities and economic development. *Research Policy*, v. 37, n. 9, p. 1417-1435, outubro de 2008.

FAGERBERG, J.; SRHOLEC, M.; KNELL, M. The competitiveness of nations: why some countries prosper while others fall behind. *World Development*, v. 35, n. 10, p. 1595-1620, outubro de 2007.

FAGERBERG, J.; VERSPAGEN, B. One Europe or Several? Causes and Consequences of the European Stagnation. Workshop: The Challenge for Europe in a New Age, Alborg, março, 2013.

GREENACRE, M.; HASTIE, T. The geometric interpretation of correspondence analysis. *Journal of the American Statistical Association*, v. 82:437-447. 1987.

HAIR Jr et al. *Análise multivariada de dados*. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LALL, S. Technological capabilities and industrialization. *World Development*, v. 20, n. 2, p. 165-186, fevereiro de 1992.

MOREWY, D.; NELSON, R. Sources of industrial leadership: studies of seven industries, Cambridge University Press, Cambridge, 1999.

NELSON, R. R. National Innovation Systems: a retrospective on a study. *Industrial and Corporate Change*, v. 1, n. 2, p. 347-374, 1993.

NELSON, R. R.; WINTER, S. G. *An evolutionary theory of economic change*. Cambridge MA: Belknap Press of Harvard University Press, 1982.

OCDE Technology and the economy, 1992.

OECD. *Frascati Manual*: proposed standard practice for surveys on research and experimental development. Paris: OECD Publications Service, 2002.

OECD. *Perspectives on global development 2013 – Industrial policy in a changing world*. Paris: OECD Publishing, 2013.

IBGE. *Pesquisa de Inovação*: instruções para o preenchimento do questionário. Rio de Janeiro, 2011.

IBGE. *Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica 2011*. Rio de Janeiro, 2013.

LALL, S. *Competitiveness, technology and skills*, Edgard Elgar Publishing, United Kingdom, 2001

POSNER, M. V. International trade and technical change. *Oxford Economic Papers*, v. 13, n. 3, p. 323-341, outubro de 1961.

POSSAS, M. L. *Estruturas de mercado em oligopólio*, Editora Hucitec, São Paulo, 1985.

SCHUMPETER, J. A. *Capitalism, Socialism and Democracy*. New York: Harper & Row, 1942.

TEECE, D. J.; PISANO, G. Dynamic Capabilities of Firms: an introduction, *Industrial and Corporate Change*, v. 3, n. 3, p. 537-556, 1994.

TEECE, D. Explicating dynamic capabilities: the nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance, *Strategic Management Journal*, v. 28, n. 13, p. 1319-1350, 2007.

TIDD, J.; BESSANT, J.; PAVITT, K. 2008. *Gestão da inovação*. 3ª ed., Porto Alegre, Bookman, 600 p.

TIGRE, P. B. O papel da política tecnológica na promoção das exportações. In: PINHEIRO, A. C. MARKWALD, R.; PEREIRA, L. V. (orgs.) *O desafio das exportações*. Rio de Janeiro: BNDES, 2002, p. 245-282.