

Análise Discriminante da Capacidade Tecnológica Ambiental entre Sistemas Nacionais de Inovação *

Discriminant Analysis of Environmental Technological Capacity between National Innovation Systems

Rosa Livia Gonçalves Montenegro^a 

Gustavo Britto^b 

Leonardo Costa Ribeiro^b 

Resumo: Os danos ambientais gerados pelas atividades econômicas e institucionais são preocupações recorrentes na pauta econômica atual. Nesse quesito, a inovação é o papel-chave para que os países encontrem respostas diante dos desafios ambientais e, simultaneamente, promovam oportunidades para esses novos estímulos. Assim, o objetivo deste trabalho é identificar possíveis transições à capacidade ambiental dos países desenvolvidos e em desenvolvimento. A pesquisa analisa o desempenho das inovações ambientais nos anos de 1990, 2000 e 2010, considerando elementos que revelam os diferentes graus de sistemas nacionais de inovação. A articulação de duas técnicas metodológicas, a saber, a análise de *clusters* e a análise discriminante, permitem avaliar a transição entre grupos de 40 economias mundiais nos períodos de análise. As transições identificadas contribuem para as estratégias de políticas em desenvolvimento tecnológico ambiental.

Palavras-chave: sistemas nacionais de inovação; inovação ambiental; análise de *cluster*; análise discriminante.

Abstract: Environmental damage caused by economic and institutional activities are a recurring concern in debates on the economic subject. Due to the great relevance and international traits of environmental issues, the objectives for a more sustainable planet become crucial for all countries. Current work identifies possible conditioning factors to the environmental capacity of developed and developing countries. The formulation of two methodological techniques provided a static mapping of specific transitivity among groups of forty world economies during analysis and of interaction between scientific areas and technological fields as from environmental patents. Clusters analysis and discriminating analysis were applied. Main results contribute towards evolutionary literature and progress (albeit smaller) with regard to the evolution of the national systems of innovation of developing countries. These traits contribute towards policy strategies in

* Os autores agradecem o apoio do CNPq, da Capes e da FAPEMIG.

a Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Departamento de Economia. Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil.

b Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Departamento de Economia e Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (Cedeplar). Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

environmental technological development.

Keywords: national systems of innovation; environmental innovation; cluster analysis; discriminant analysis.

JEL Classification: O3; O33; Q55.

1 Introdução

Ao longo das últimas décadas, o desenvolvimento de políticas, a eliminação de barreiras comerciais e as inovações tecnológicas, especialmente no campo dos transportes, energia e das telecomunicações, abriram espaço para o aumento da internacionalização política e econômica. Além dos incentivos à industrialização, o progresso tecnológico em diversos setores na economia contribuiu para que os desdobramentos do crescimento econômico sobre o meio ambiente aumentassem. A atenção para com a sustentabilidade e o meio ambiente surgiu no início dos anos 1970 e as questões políticas ambientais apareceram de forma proeminente na agenda acadêmica na década de 1980, época em que o debate desse tema emergiu no âmbito econômico (VAN DEN BERGH, 1999). Nesse contexto, as agressões ao meio ambiente se tornaram mais sérias e mais visíveis com o crescimento econômico e com a integração da economia mundial, tanto no centro quanto na periferia do capitalismo global.

Os problemas ambientais em questão referem-se àqueles que dificilmente respeitam as fronteiras dos países. São caracterizados por resíduos gerados pelos setores produtivos, pelos consumidores e espalham-se através do ar e da água para outros países e, inclusive, globalmente, como no caso dos clorofluorcarbonos (FREEMAN; SOETE, 2008). Em virtude do caráter internacional dos problemas ambientais, as metas para um mundo com mais sustentabilidade são requeridas para todos os países e exigirão uma ampla difusão de novas tecnologias, apoio de instituições e novos paradigmas de produção, consumo e descarte de resíduos. A natureza multidimensional, tanto dos problemas quanto das soluções, exige que organizações supranacionais, como as Nações Unidas, por exemplo, tenham um papel decisório nas mudanças e desafios ambientais que se acumulam globalmente (FREEMAN; SOETE, 2008).

Por essa razão, as mudanças de paradigmas requerem esforços sistemáticos para a resolução dos problemas que as tecnologias e sistemas produtivos não conseguem solucionar. Para a busca das respostas, a inovação é a palavra-chave para que os países encontrem soluções diante dos desafios ambientais e promovam oportunidades que surjam desses mesmos desafios. Nesse sentido, as inovações investigadas terão o aspecto ambiental e a definição baseada em Rennings (2000),

que interpreta as inovações ambientais como inovações que caracterizam processos novos ou modificados, além de produtos, sistemas e métodos que beneficiam e contribuem para a preservação do meio ambiente.

Dessa forma, o presente artigo tem por objetivo avaliar de que forma os padrões de inovações ambientais incorporados nos países transitam entre diferentes grupos, isto é, a partir da formação de grupos distintos, e de que forma as características dos países mudaram entre os anos de 1990, 2000 e 2010. Logo, o artigo é composto por cinco seções, além desta introdução. A segunda aborda o tema da inovação ambiental e sua inter-relação com os sistemas nacionais de inovação (SNIs), a terceira expõe a base de dados e a metodologia aplicada no artigo, a quarta apresenta os resultados e a quinta tece as considerações finais do artigo.

2 Inovação Ambiental e os Sistemas Nacionais de Inovação

O desafio colocado ao desenvolvimento tecnológico condiciona a criação de estratégias que levam a soluções e à diminuição dos impactos causados pelas atividades industriais. Espera-se que as soluções proporcionadas pelas tecnologias ambientais sejam intensificadas rapidamente ao longo de 10 a 30 anos (TGCII, 2014). Além disso, os principais agentes envolvidos nesse processo seriam as agências governamentais, empresas e institutos de pesquisa e desenvolvimento (P&D), que, de forma proativa, não deveriam medir esforços para a transição de tecnologias mais sustentáveis, em nível global.

Da mesma forma, a necessidade de estabelecer estratégias a favor do meio ambiente vem motivando governos a desenvolver e implementar políticas de transição do paradigma industrial da economia tradicional para um modelo mais pautado para os princípios do desenvolvimento sustentável. O termo desenvolvimento sustentável,¹ segundo a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente (CMMAD, 1988), caracteriza a satisfação das necessidades da atual geração sem comprometer a capacidade das vindouras.

O conceito de desenvolvimento sustentável, apesar de parecer simples, é complexo e configura a preocupação com a exploração desordenada de recursos, o que também ressalta a importância do desenvolvimento tecnológico e o envolvimento das instituições no atendimento às necessidades das gerações existentes e das futuras (CMMAD, 1988). Do mesmo modo, as definições de inovações ambientais existentes na literatura possuem uma ampla diversidade em seu significado, pois incorporam, além da temática tecnológica ambiental, diversas características inerentes ao processo de inovação e de mitigação dos impactos

1 O conceito de desenvolvimento sustentável admite que a capacidade de um sistema econômico de satisfazer as necessidades humanas em longo prazo dependerá das condições de viabilidade do meio ambiente e de tecnologias de consumo e produção.

ambientais. Com o desenvolvimento tecnológico, pode-se dizer que as mudanças na concepção sobre a inovação ambiental são relativamente novas (LUCCHESI, 2013; ARRUDA; CARVALHO, 2014), permitindo que diversos significados sejam incorporados ao termo tecnológico ambiental.

Rennings (2000) ainda ressalta que as ecoinovações reduzem o impacto ambiental causado pelas atividades de produção e consumo. Podem ser definidas como sendo o resultado da interação entre agentes e atores (empresas, universidades e centros de pesquisa) capazes de desenvolver e aplicar novas ideias em produtos e processos que contribuam para a mitigação dos impactos ambientais. Da mesma forma, Arundel e Kemp (2009) revelam o conceito de ecoinovação como sendo a produção, assimilação ou exploração de um produto, processo, serviço ou gestão no qual os resultados implicam uma redução de impactos ambientais.

Geralmente, estudos empíricos relacionados à inovação ambiental descrevem esse tipo de inovação como sendo intencional ou concentrada, com características que a distinguem das inovações tradicionais cujos produtos levam o rótulo ambiental. Como exemplo, pode-se citar o caráter intencional do impacto ambiental da chamada “ecoindústria”, no qual a inovação ambiental é o *core business* (OLTRA, 2008). O impacto ambiental positivo pode ser apenas um efeito secundário de uma inovação que, *a priori*, não possui o objetivo de ser ambiental. Na prática, é extremamente complexo identificar e avaliar os ganhos com as inovações que não possuem o caráter intencional de ser “ambiental”, posto que as vantagens adquiridas pelas inovações não ambientais talvez não estejam inseridas no conceito de inovação ambiental. A explicação é bastante subjetiva e complexa, sendo que a partir do conceito de inovação ambiental podem-se derivar muitas outras questões, principalmente quanto ao seu objetivo e impacto. Em suma, observa-se que a definição de inovação tem como ponto de apoio o Manual de Oslo (OECD, 2005), com o acréscimo do caráter ambiental.

Desse modo, a definição de inovação ambiental que mais se assemelha a sua finalidade e que é utilizada neste artigo é caracterizada por toda produção, exploração e assimilação de um produto, processo de produção, serviços ou métodos de gestão, sendo novo (em desenvolvimento ou adoção) para a organização, e se configura, ao longo do seu ciclo de vida, em uma redução do impacto ambiental, poluição e outros impactos negativos da utilização de recursos (incluindo o uso de energia) em comparação com as alternativas correspondentes (MEI, 2008).

Diversos estudos empíricos sobre a temática da inovação ambiental têm buscado identificar seus determinantes tanto em nível das firmas, quanto também para os setores de atividades econômicas (BRUNNERMEIER; COHEN, 2003; JAFFE; PALMER, 1997; RENNINGS *et al.*, 2006). Alguns pontos em comum foram observados nos trabalhos analisados, dentre eles, informações sobre custos relacionados à mitigação da poluição. Estes são diretamente atrelados às conformi-

dades ambientais, gastos em P&D direcionados às políticas e projetos ambientais realizados pelas firmas e pesquisas sobre a concepção de políticas ambientais, cujos questionários são direcionados para questões sobre o rigor, flexibilidade e estabilidade de legislações ambientais, além da importância dos instrumentos econômicos utilizados.

Quanto aos SNIs, desenvolvidos nos anos 1980, por Freeman (1987), Lundvall (1995) e Nelson (1993), deve-se muito às percepções e contextos históricos, revelando diversos desdobramentos de acordo com as interações entre instituições, organizações e investimentos envolvidos. A literatura sobre SNIs tem como principal enfoque a rede de interações entre instituições de setor público e privado. A ideia que há por detrás das interações é que as inovações são geradas a partir de diferentes aspectos e esforços dos agentes envolvidos e que propiciam também a capacidade inovativa dos países. Em outras palavras, os sistemas de inovação somente impulsionam e proporcionam o desenvolvimento tecnológico quando existe um fortalecido processo iterativo entre os agentes e atores participantes.

As oportunidades e a acumulação de vantagens tecnológicas devem ser consideradas também pelos diferenciais existentes entre os países avançados e os menos desenvolvidos, principalmente pelo processo de difusão de inovações, incluindo a imitação e as transferências de tecnologia. Estas últimas são mais propícias de ocorrerem nos países em desenvolvimento (DOSI; PAVITT; SOETE, 1990). Nesse caso, seria exatamente nesse contexto sobre a evolução dos resultados da acumulação tecnológica de todas as melhorias e esforços que é reconhecido o desenvolvimento das trajetórias tecnológicas existentes nos SNIs.

A justificativa para o estudo referente ao SNI e à análise relacionada às inovações ambientais seria a conciliação entre o fomento de tecnologias ambientais que pudessem garantir a mitigação de impactos ambientais, maior economia e eficiência energética, melhor qualidade de vida à população, paralelamente ao crescimento econômico dos países. Com o aumento da preocupação quanto aos problemas ambientais enfrentados em todo o mundo, o padrão de desenvolvimento econômico observado no século XX enfrenta obstáculos difíceis de serem ultrapassados. Um deles seria o fato de que uma difusão tecnológica ambiental atrelada a um novo padrão de mudança institucional não seria possível de se realizar a curto prazo (FREEMAN, 2002). No entanto, estudos e pesquisas nessa direção possibilitam entender e absorver melhor as mudanças relevantes a níveis tecnológico, institucional e em relação ao comportamento dos agentes no mercado (BERKHOUT, 2005).

3 Base de Dados e Abordagem Metodológica

A presente seção descreve todas as variáveis selecionadas para a aplicação das técnicas metodológicas neste artigo. A justificativa para os três anos escolhidos (1990, 2000 e 2010) teve como objetivo acompanhar as mudanças estruturais em análise estática nos países, ocorrida em 10 anos, caracterizando o desempenho de diferentes economias mundiais pelas condições específicas ao desenvolvimento tecnológico ambiental e pelas interações científicas e tecnológicas de economias entre diferentes estágios de SNIs. A base de dados utilizada foi construída a partir da conjugação de diferentes fontes, como os dados de patentes do European Patent Office (EPO); dados de artigos científicos, do PIB, da produção de energia alternativa e nuclear, das condições sanitárias e da capacidade de geração de energia renovável sobre a capacidade de geração de toda a energia do país, extraídas por intermédio da base do Banco Mundial; e, por fim, as informações sobre as emissões de gases CO₂ foram extraídas da base *Carbon Dioxide Information Analysis Center (2015)*, do Departamento de Energia dos Estados Unidos, e da base do Banco Mundial (2015).

A amostra é composta por 40 países e foi utilizada de acordo com a complexidade e os propósitos metodológicos, isto é, as análises de *clusters* (AC) e discriminante (AD), então foram usados todos os países da amostra pela sua representatividade e finalidades das metodologias. Para tanto, a representatividade entre os grupos e a amostra balanceada (sem dados ausentes) contribuíram significativamente para a completude da base de dados e para a análise temporal das três metodologias citadas. Os indicadores apresentados a seguir foram selecionados a partir do conjunto de índices de crescimento verde (*green growth indicators*), elaborado pela Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD, 2014).

Os indicadores *A*, *T* e *I* representam, respectivamente, o país da autoridade da patente onde ela foi depositada, o país do primeiro titular da patente e o país do primeiro inventor da patente, os quais representam a originalidade quanto ao uso das patentes no trabalho. Todas as três categorias de patentes foram divididas por 1 milhão de habitantes. A categoria da patente por autoridade (*A*) foi utilizada em todos os procedimentos metodológicos, tendo como objetivo principal analisar os mercados potenciais e atrativos à posse dessa patente (*royalties*), já que por serem mais caras, são mais valorizadas. Em outras palavras, essas patentes são depositadas por intermédio de um pedido de patente internacional e, dessa forma, é permitido que um único pedido seja válido para diversos países.

É possível também comercializar e exportar produtos em outros países, garantindo a exploração econômica dos produtos e processos patenteados. A categoria *T* refere-se às patentes cuja titularidade preza a sua exploração comercial e o domínio tecnológico do país. De acordo com o sistema de proteção a patentes,

terceiros podem explorar a patente somente com a permissão do titular (licença). Este tem o direito de impedir terceiros, sem a sua permissão, de colocar à venda, usar o produto ou processo patenteado (EPO, 2013; INPI, 2015). Durante o período de vigência da patente, gratifica-se o titular pelos esforços e gastos (P&D) pela sua criação (EPO, 2013; INPI, 2015). Geralmente, as patentes possuem como titulares as sedes de empresas e órgãos privados que investem intensamente em P&D e em todos os processos relativos à produção e à comercialização do processo ou produto para, posteriormente, transformar e proteger todo o esforço empreendido naquela inovação.

Por último, a patente que representa o inventor (*I*), o autor da inovação, refere-se à criação da novidade, que pode ser suscetível ou não à aplicabilidade industrial. Enquanto o titular é o proprietário da patente, da invenção, o inventor pode ser associado ao mentor da ideia inicial daquela invenção, já que participou de todo o processo de desenvolvimento dela. Logo, o país do inventor (autor) configura o esforço à produção daquela inovação, identificando o território de novas ideias e o processo de invenção. Esse país pode fornecer a origem geográfica mais precisa da atividade inovativa ambiental.

Por seu turno, o indicador *P* representa o PIB *per capita* dos países. A variável medida em dólares constantes (ano 2005) teve como fonte de dados o Banco Mundial (World Bank) e por objetivo, avaliar a associação entre o grau de desenvolvimento econômico e a capacidade inovativa ambiental dos países da amostra. De acordo com Furman *et al.* (2002), o nível de desenvolvimento tecnológico de um país está diretamente associado aos seus resultados inovativos, isto é, o nível de patenteamento ambiental é consequência de países que investem em inovação a médio e longo prazo e em melhorias nas suas políticas tecnológicas e ambientais, sendo considerados, dessa forma, países com consideráveis níveis de desenvolvimento econômico.

Já o indicador *S* denota a porcentagem da população dos países que usam instalações sanitárias, isto é, instalações relacionadas ao bem-estar e qualidade de vida da população, como, por exemplo, o sistema canalizado de esgoto e saneamento básico, extraído da base do Banco Mundial. Tal indicador representa uma variável de infraestrutura comum a todas as nações com um mínimo nível de desenvolvimento. O principal objetivo de sua inserção é estabelecer e compreender a relação entre a capacidade inovativa ambiental e os níveis mínimos de infraestrutura entre os países da amostra.

Por sua vez, o indicador *E* refere-se ao percentual de toda energia alternativa e nuclear produzida em todos os países da amostra, com base nas informações do Banco Mundial. A energia utilizada para a construção desse indicador seria aquela que não produz dióxido de carbono quando produzida, como, por exemplo, as hidroelétricas, nuclear, geotérmica, energia solar, entre outras. É oportuno avaliar

esse indicador de acordo com as caracterizações e com o desempenho da capacidade inovativa ambiental entre os países desenvolvidos e em desenvolvimento. Dessa forma, a finalidade desse indicador é prover informações e características que sejam pertinentes tanto às soluções ambientais quanto às tecnológicas e que favoreçam a difusão de novas fontes de energia (MOWERY; NELSON; MARTIN, 2010). Nesse sentido, Mowery, Nelson e Martin (2010) alertam que, para o alcance e produção de tecnologias de energia alternativa, é necessário ainda um longo e complexo processo de aprendizado, com melhorias incrementais e um intenso monitoramento do desempenho dessas tecnologias em uma ampla diversidade de áreas tecnológicas.

Por outro lado, o indicador *G* representa a razão das emissões totais de dióxido de carbono (CO_2) de um país pela sua população. O indicador foi medido em toneladas métricas de carbono, cujas informações foram obtidas da base *Carbon Dioxide Information Analysis Center* (2015) e da base do Banco Mundial (2015). O motivo da escolha das emissões de gases CO_2 refere-se aos níveis correntes de atividade econômica, isto é, elas mensuram também os danos da atividade econômica à saúde humana e ao meio ambiente.

Outro ponto importante quanto ao uso desse indicador refere-se à questão das regulações ambientais. A justificativa para o uso dessa *proxy* baseia-se no fato de que, quando um país aplica e é afetado por uma rigorosa e eficaz regulamentação ambiental, o nível de emissões de gases CO_2 pode ser diminuído (CRESPI, 2013).

O indicador *R* corresponde à participação (em percentual) do consumo de energias renováveis dividida pelo consumo final de energia dos países da amostra. O indicador extraído da base de dados do Banco Mundial (2015) tem por finalidade compreender a magnitude da mudança tecnológica ambiental de acordo com o desempenho do consumo de energia renovável dos países. A diferença entre os indicadores *E* e *R* seria em relação à adoção de estratégias mais consolidadas ao longo do tempo, isto é, enquanto o contexto a ser avaliado no indicador *E* compreende o papel do fomento às energias alternativas, no indicador *R* subentende-se que as políticas tecnológicas e ambientais já estejam mais consolidadas, convergindo também para a maior produção de tecnologias ambientais. Portanto, a justificativa para a utilização da variável pressupõe a hipótese de que o consumo de energias renováveis nos países em desenvolvimento cresça mais rápido à medida que o desenvolvimento econômico ocorra. Dessa forma, o indicador *R* permitirá observar quais países seriam mais atuantes no processo de resolução dos problemas das mudanças climáticas. Sabe-se que o aumento do uso de energias renováveis é importante para todos os países e, especialmente, para os países em desenvolvimento, pois terão o maior aumento na demanda por energia e nas emissões de dióxido de carbono (CO_2) no futuro (SADORSKY, 2009).

Por fim, o indicador C pode ser definido como o número de artigos científicos e técnicos de periódicos relacionados às seguintes áreas: física, biologia, química, matemática, medicina clínica, investigação biomédica, engenharia, tecnologia, ciências da terra e ciências espaciais, dividido por um milhão de habitantes. A finalidade do uso desse indicador é avaliar a influência da atividade científica exclusivamente pelas suas capacidades de desenvolvimento tecnológico ambiental. Sabe-se que o processo de geração de novas tecnologias engloba um caráter cada vez mais sistêmico, no qual o estreitamento da relação entre os agentes econômicos, instituições de pesquisa e universidades são essenciais à formação, desenvolvimento e consolidação de SNIs.

Para se obter a transição dos países entre os grupos ao longo dos três anos, pode-se articular a AC com a AD, que se preocupa com a separação de grupos distintos de observações e com a classificação de novas observações em grupos previamente definidos. Geralmente essa análise é usada para descrever as diferenças entre grupos e explorá-las ao classificar novas observações como membros em um dos grupos existentes. É esse o ponto que este artigo explora. Ou melhor, a estratégia metodológica deste artigo consiste primeiramente em formar os grupos para o ano de 1990, a partir da AC. Em seguida, a AD é aplicada para averiguar se um determinado país transitou ou não para outro grupo nos anos de 2000 e 2010.

A seguir, o Quadro 1 fornece um resumo relativo às variáveis consideradas para a análise das inovações nos SNIs dos países desenvolvidos e em desenvolvimento.

Quadro 1 – Resumo das variáveis utilizadas para a aplicação metodológica

Indicadores	Sigla da variável	Descrição da variável	Fonte dos dados	Unidade
Tecnológicos e ambientais	A	Patentes depositadas nas autoridades dos países da amostra	PATSTAT/EPO (2013)	Patentes divididas por 1 milhão de habitantes
	T	Patentes depositadas de acordo com o país do primeiro titular da patente	PATSTAT/EPO (2013)	
	I	Patentes depositadas de acordo com o país do primeiro inventor (autor) da patente	PATSTAT/EPO (2013)	
Desenvolvimento econômico	P	Grau de desenvolvimento econômico dos países	Banco Mundial (2015)	PIB <i>per capita</i>
Infraestrutura	S	Condições de infraestrutura sanitária dos países	Banco Mundial (2015)	Porcentagem da população dos países que utilizam instalações sanitárias

Continua...

Conclusão.

Capacidade ambiental	E	Capacidade de energia alternativa	Banco Mundial (2015)	Percentual de toda energia alternativa e nuclear (TJ/ano) produzida em todos os países
	G	Nível de emissão de gases poluentes, mais especificamente o dióxido de carbono (CO ₂)	Banco Mundial (2015) e Centro de Análises de Informações sobre Dióxido de Carbono (2015)	Razão das emissões totais de dióxido de carbono (CO ₂) (toneladas métricas de carbono / ano) de um país pela sua população
	R	Nível de consumo de energia renovável	Banco Mundial (2015)	Participação (em percentual) do consumo de energias renováveis dividida pelo consumo final de energia dos países
Capacidade científica	C	Capacidade científica dos países	Banco Mundial (2015)	Número de artigos científicos e técnicos de periódicos dividido por 1 milhão de habitantes.

Fonte: Elaboração própria.

Como os grupos foram previamente formados em 1990, com a AD é possível identificar as chances em termos probabilísticos de um país formar outro grupo em razão das mudanças ocorridas nas mesmas variáveis características entre os anos. Assim, ao fixar o número e a composição do grupo no ano de 1990, a análise comparativa entre os anos torna-se possível. Portanto, a transição dos países entre os grupos pode ser explicada pelas mudanças nas configurações específicas de cada país, ao longo dos períodos. São procedimentos exploratórios úteis para o entendimento da natureza de relação multivariada dos SNIs e sua dinâmica sistêmica com as inovações ambientais. Além disso, a articulação das técnicas permite avaliar, em certo grau, quais as condições propícias às inovações ambientais e quais características serão reveladas entre os grupos de países com diferentes estágios de SNIs. Dessa maneira, a próxima seção descreverá as duas técnicas estatísticas para a abordagem exploratória dos dados.

3.1 Análise de *Clusters*

A AC é por natureza uma análise exploratória que busca determinar e identificar grupos similares dentro de uma amostra maior, no caso, o grupo de países. Sendo assim, é possível sintetizar o número de informações e sugerir hipóteses sobre a relação das variáveis. Dessa forma, pretende-se, com a AC, identificar e encontrar grupos de países com indicadores de inovações ambientais que apre-

sentem características similares, ou, ainda, que apresentem conexões entre suas capacidades e potenciais de desenvolvimento tecnológico ambiental. A partir dessa identificação, é possível estabelecer determinadas relações entre os diversos graus de maturidade entre os SNIs.

O objetivo de uma AC é classificar a amostra de 40 países² dentro de um pequeno número de grupos mutuamente exclusivos, com base nas similaridades entre as observações desta pesquisa. A técnica é usada para identificar os grupos que possuem características similares ou associações entre os países, justamente para determinar quantos grupos realmente existem na amostra. Os 40 países utilizados na amostra fornecem um panorama bastante amplo sobre suas características e seus determinantes que fomentam a geração de inovações e o desenvolvimento de tecnologias ambientais. Ainda que a amostra contemple distintos países desenvolvidos e em desenvolvimento, e o desenvolvimento tecnológico ambiental seja um processo lento e gradual por boa parte deles, o objetivo da escolha dos países da amostra foi destacar de que forma e em que momento os países intensificaram seu processo tecnológico ambiental e consolidaram seus esforços em tecnologias limpas.

Segundo Mingoti (2007), para cada elemento amostral j , tem-se o vetor aleatório de medidas $X'_j = [X_{j1}, X_{j2}, \dots, X_{jp}]$, composto por p variáveis para cada elemento j das n observações da amostra. Para que se possa proceder ao agrupamento de elementos, é necessário que se decida a priori a medida de similaridade ou dissimilaridade³ que será utilizada. Existem várias medidas diferentes, e cada uma delas produz um determinado tipo de agrupamento. O critério de agrupamento dos países configura-se com base na sua proximidade, indicada geralmente por distâncias euclidianas.

A AC torna-se um instrumento útil por traçar o perfil dos grupos de países determinando também sua composição, de acordo com as características econômica, tecnológica e de infraestrutura.⁴ Essa análise é subdividida em uma abordagem hierárquica e outra não hierárquica, que serão descritas a seguir. Ambas as técnicas são utilizadas neste artigo para a seleção do melhor agrupamento de países desenvolvidos e em desenvolvimento.

2 A amostra contempla 40 países, são eles: África do Sul, Alemanha, Argentina, Austrália, Áustria, Bélgica, Brasil, Bulgária, Canadá, China, Coreia do Sul, Cuba, Dinamarca, Espanha, Estados Unidos, Finlândia, França, Grécia, Holanda, Índia, Irlanda, Israel, Itália, Japão, Luxemburgo, Malásia, México, Moldávia, Noruega, Polônia, Portugal, Reino Unido, República Tcheca, Romênia, Rússia, Singapura, Suécia, Suíça, Turquia e Ucrânia.

3 Outras medidas de similaridades podem ser adotadas na AC, por exemplo: distância generalizada ou ponderada, distância de Minkowsky, métrica de Camberra e coeficiente de Czekanowski. Para maiores detalhes, consulte Johnson e Wichern (2007).

4 Após todo o processo de determinação do número de grupos formados na análise de *cluster*, é executada a análise discriminante para se classificar e identificar os grupos pela técnica de análise de *cluster* (HAIR *et al.*, 1995).

3.2 Análise Discriminante

A técnica da AD preocupa-se com a separação de diferentes grupos de objetos (observações) e com a classificação de novos objetos em grupos previamente definidos. Usualmente, a referida técnica tem por objetivo: a) descrever as diferenças entre grupos e explorar essas diferenças quando se classificam novas observações; b) comparar as diferenças entre os grupos e certificar a classificação mais provável de novas observações em um dos grupos. Nesse ponto, a AD torna-se pertinente após a seleção do número de agrupamentos de países (número de grupos de observações) por intermédio da ACs e possibilita a melhor discriminação e classificação dos grupos a partir das suas características (variáveis).

Do mesmo modo, o emprego da AD, após a AC, busca identificar e obter o melhor conhecimento do perfil geral de cada grupo pelo desempenho das suas variáveis características. Logo, diferenciando-se ambas as técnicas empregadas, ressalta-se que a AC auxilia na descoberta dos grupos iniciais e no uso das variáveis bases para a obtenção da divisão da amostra. Em seguida, a AD identifica o poder de discriminação, considerando outras variáveis que não participaram do processo de divisão dos dados em grupos (MINGOTI, 2007).

Assim, a AD é uma técnica estatística apropriada para testar a hipótese de que as médias dos grupos do conjunto de variáveis independentes para dois ou mais grupos são iguais. Para isso, a AD multiplica cada variável independente pelo seu peso correspondente e acrescenta todos os produtos conjuntamente. O resultado é um único composto que forma o escore discriminante para cada observação na análise.

Ressalta-se que o método de AD se trata de uma técnica probabilística de classificação. Logo, o principal objetivo de seu uso no artigo seria em relação à verificação de que o grupo de países formados pela AC foi satisfatório por apresentar uma taxa de erro de classificação baixa. Em outras palavras, mediante o uso da AD busca-se verificar se uma observação foi classificada adequadamente no grupo formado pela AC, de acordo com as suas variáveis características. A etapa seguinte avaliará a qualidade da função discriminante (conjunto de variáveis) definida pela AC. Portanto, é necessário calcular o escore numérico da função discriminante construída para cada elemento amostrado da população, cuja análise desses escores permita uma avaliação da qualidade da função de acordo com os erros de classificação e a capacidade de discriminação (MINGOTI, 2007). Caso a função seja adequada, pressupõe-se que os escores de uma população sejam consistentemente diferenciados dos escores de outra.

Todavia, uma das grandes desvantagens desse método é a diminuição do tamanho da amostra original para a construção da regra de classificação estimada. Nesse caso, com a diminuição da amostra, a confiabilidade da regra de classificação será bem diminuída se as amostras não forem grandes (MINGOTI, 2007).

Portanto, por intermédio do uso da técnica da AD, pretende-se verificar a separação dos grupos distintos de observações, de acordo com a classificação de novos em grupos previamente estabelecidos na AC. Afinal, a AD seria a mais indicada quando se pretende comparar as diferenças observadas entre os grupos, assim como classificar as novas observações como pertencentes ao grupo mais semelhante.

4 Resultados das Análises de *Clusters* e Discriminantes: Identificação e Classificação dos Países

As AC e AD contribuirão para o entendimento de questões importantes ao contexto das inovações ambientais realizadas em muitos países com características heterogêneas. Uma delas será a descoberta de agrupamentos naturais e similaridades entre os países a partir do seu conjunto de variáveis características, agrupadas em níveis de desenvolvimento, de impacto ambiental, de atividade científica e de produção de tecnologias ambientais. É notável que grandes potências mundiais como Estados Unidos, Japão e Alemanha tenham destaque na maior difusão das inovações ambientais (LANJOUW; MODY, 1996), assim como países em desenvolvimento também se destaquem no âmbito internacional por suas relevantes tecnologias ambientais, como é o caso da Coreia do Sul, China e Brasil (LANJOUW; MODY, 1996). Entretanto, a partir das informações apenas das tecnologias alternativas ambientais, torna-se difícil averiguar e inferir qualquer tipo de conhecimento a respeito da estrutura científica e tecnológica das nações desenvolvidas e em desenvolvimento.

Vale ressaltar que o procedimento exploratório da AC permitirá, a partir de diversas características relacionadas ao meio ambiente, ao desenvolvimento, à ciência e à tecnologia, observar como os grupos de países comportam-se e assemelham-se mediante suas heterogeneidades em relação ao conjunto de variáveis. Dessa forma, a seleção dos países na configuração dos grupos formados será realizada a partir do agrupamento da amostra em 1990. Logo, os resultados da AC também permitirão relacionar características factíveis mediante o desempenho tecnológico ambiental dos países, isto é, em que medida o dinamismo da atividade inovativa ambiental é atrelado às demais características em análise.

4.1 Composição dos Grupos de Países

A realização da análise de agrupamento (*cluster*) foi executada somente para o ano de 1990, cujo objetivo é identificar quais países sinalizaram algum tipo de transferência (migração) de um grupo para outro, a partir do ano base. Os valores do critério de dissimilaridade usados para o agrupamento dos países podem alterar-se entre os três períodos, o que inviabiliza uma análise comparativa e transitiva

dos grupos intertemporais, formados pelas economias mundiais. Assim, a estratégia metodológica foi aplicar a técnica de AD das variáveis características de 2000 e 2010 a partir dos grupos previamente formados em 1990. A partir da formação dos *clusters*, além de manter a mesma partição final dos grupos, conservando-os constantes, tanto em termos de número quanto e pelas suas características, ao conciliar a AC e discriminante, é possível apontar a transição dos países entre os grupos ao longo dos três anos, cuja classificação é probabilística. Dessa maneira, espera-se que as transições dos países entre os grupos possam ser justificadas pelas mudanças nas configurações específicas da capacidade inovadora ambiental em cada país nas três décadas. Outra grande vantagem é a reflexão sobre as mudanças estruturais ocorridas nos países no período sob análise (1990, 2000 e 2010).

A técnica multivariada, como é o caso da AC e da AD, parte do pressuposto de que os dados foram gerados de uma distribuição normal. Ainda que eles não sigam uma distribuição normal, a sua densidade normal constitui, muitas vezes, uma aproximação útil e adequada da real distribuição populacional. Logo, antes dos procedimentos da AC para o ano de 1990, foram realizados dois testes: o primeiro foi o teste de Wald, proposto por Jennrich (1970), no qual é verificada a homogeneidade do conjunto de matrizes de correlação; em seguida, o teste de Lawley, que verifica a simetria da matriz de correlação, isto é, se todas as correlações são iguais. Esses testes foram realizados para todos os anos (1990, 2000 e 2010), e tanto o teste de Jennrich quanto o teste de Lawley rejeitaram a hipótese nula (a 1% de significância) de que há simetria e homogeneidade nas matrizes de correlação e, dessa forma, as correlações entre as variáveis não são iguais, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1 – Testes de independência e correlação das variáveis

Ano	Testes	Valores	P-valor
1990	Jennrich chi2(36)	199.93	0.0000
	Lawley chi2(35)	159.12	0.0000
2000	Jennrich chi2(36)	231.20	0.0000
	Lawley chi2(35)	183.28	0.0000
2010	Jennrich chi2(36)	212.21	0.0000
	Lawley chi2(35)	180.05	0.0000

Fonte: Elaboração própria com base do software Stata 11.0.

Da mesma forma, antes de simplesmente iniciarem-se os procedimentos das técnicas multivariadas, é necessário que se faça uma análise prévia dos dados, avaliando se a normalidade é válida, pelo menos aproximadamente (MINGOTI, 2007). O teste de Mardia para o coeficiente de assimetria da normal multivariada rejeitou a hipótese de assimetria normal multivariada (*Mardia skewness* = 1.042, *p*-valor < 0,0000). Esse mesmo teste, para o coeficiente de curtose da normal multivariada, rejeitou a hipótese de curtose (*Mardia kurtosis* = 422.85, *p*-valor < 0,0000), e o teste de Henze-Zirkler, para testar a hipótese de normalidade multivariada, também rejeitou essa hipótese (1.907, *p*-valor < 0,0000).

Como observado, os resultados da Tabela 2 apontaram que as variáveis não seguem uma distribuição normal para nenhum dos períodos analisados. Para tanto, é preciso transformar os dados para que se aproximem de uma distribuição normal, e, com isso, foram realizados os procedimentos que facilitam o tratamento matemático. Todavia, os resultados mais satisfatórios para a utilização das variáveis seguindo uma distribuição normal foram construídos de acordo com os procedimentos da técnica *fuzzy*.⁵ Os testes, após a sua transformação pela técnica *fuzzy*, mostraram que houve uma melhora significativa nos resultados, aceitando a hipótese de assimetria normal multivariada e de distribuição normal. Os resultados também podem ser visualizados no Apêndice A, cujos gráficos referem-se às distribuições normais para todas as variáveis *fuzzy*, em todos os anos. Da mesma forma, foram realizados novamente os testes de Lawley e Jenrich, os quais indicaram homogeneidade e simetria nas matrizes de correlação, e, em seguida, construíram-se as matrizes de correlação para cada ano (ver Apêndice B), em que se verificam elevadas correlações em grande parte das variáveis *fuzzy* analisadas.

Tabela 2 – Teste para normalidade multivariada

Ano	Testes	Variáveis originais		Variáveis transformadas	
		Valores	P-valor	Valores	P-valor
1990	Mardia Skewness chi2(165)	1042	0,00	171601	0,35
	Mardia Kurtosis chi2(1)	422846	0,00	1363	0,24
	Henze-Zirkler chi2(1)	1907	0,00	3926	0,05
2000	Mardia Skewness chi2(165)	868441	0,00	205916	0,07

Continua...

5 A adoção dos procedimentos pela técnica *fuzzy* permite, além da vantagem de aproximação da distribuição, manter as medidas originais sem perder a variação associada com as medidas contínuas utilizadas (LONGEST; VAISEY, 2008).

Conclusão.

Ano	Testes	Variáveis originais		Variáveis transformadas	
		Valores	P-valor	Valores	P-valor
	Mardia Kurtosis chi2(1)	247880	0,00	0,25	0,62
	Henze-Zirkler chi2(1)	1515624	0,00	1729	0,19
2010	Mardia Skewness chi2(165)	803454	0,00	192300	0,07
	Mardia Kurtosis chi2(1)	214342	0,00	0,008	0,93
	Henze-Zirkler chi2(1)	724144	0,00	9428	0,05

Fonte: Elaboração própria a partir do *software* Stata 11.0.

4.2 Análise dos Agrupamentos e Transições dos Países para o Ano 1990

Após os procedimentos para transformação das variáveis pela técnica *fuzzy* e dos testes para verificação da distribuição normal multivariada, foi realizada a análise de seleção dos agrupamentos dos países no ano de 1990. Após essa primeira etapa de seleção dos grupos para o ano de 1990, posteriormente será verificada a taxa de erro de classificação dos grupos por intermédio da AD. Inicialmente, para a AC, é necessário estimar o procedimento dos agrupamentos para identificar o número de grupos a partir das similaridades das observações. Entre os métodos executados, o método hierárquico de Ward foi o que obteve o resultado mais satisfatório em comparação aos demais métodos de ligação hierárquicos utilizados – *single linkage*, *complete linkage* e *average linkage* –, uma vez que o teste de análise de dendograma (para cada técnica hierárquica), o teste Calinski e o teste Duda-Hart apontaram que a formação adequada seria de quatro agrupamentos, conforme os Apêndices C e D.

É oportuno ressaltar que a utilização dos métodos hierárquicos não somente auxilia a definição do número ótimo de agrupamentos, como também contribui na definição das sementes iniciais para a estimação do método não hierárquico. Por intermédio dos resultados dos testes de Calinski-Harabasz (pseudo F) e Duda-Hart (pseudo T^2), observa-se que, de acordo com os quatro métodos de *clusters* hierárquicos, sugere-se que as partições dois, quatro e seis poderiam ser selecionadas. Não obstante, com o intuito de minimizar a perda de informações dos grupos e viabilizar a análise das diferenças intrínsecas em cada um, evita-se que eles sejam compostos por menos de duas nações, portanto optou-se pelo método de Ward.

Logo, uma vez definidos os quatro grupos a partir dos métodos hierárquicos, foi executado o método não hierárquico, mais especificamente o *k*-média (*k-means*). A partir das médias dos quatro grupos selecionados, foram utilizadas como sementes para o método *k*-média, o que também confirmará a robustez do agrupamento. O método hierárquico é um método de interação: ao se executar o método *k*-média, observou-se que os elementos em cada um dos quatro grupos ficaram mais distribuídos, ou seja, o número de observações em cada grupo está mais próximo.

Ademais, a estatística pseudo F^6 para o método não hierárquico *k*-média obteve o melhor resultado quando comparado com o método hierárquico de Ward. Em razão disso, três foram os motivos para a escolha do método *k*-média: o maior valor da estatística pseudo F , quando comparado o método hierárquico de Ward; a melhor distribuição de observações entre os grupos; e, por último, a taxa de erro de classificação obteve os menores valores quando aplicada a função discriminante. Portanto, os *clusters* formados resultaram do método não hierárquico *k*-média.⁷

Após a classificação das observações (países) nos seus respectivos grupos, aplicou-se a técnica de AD para se averiguar a taxa de erro aparente da partição final gerada pelo *k*-média, em todos os períodos. A técnica multivariada de AD é adequada para discriminar os diferentes grupos de países, identificando a qual determinada economia cada um deve pertencer a partir das características intrínsecas de cada período. Desse modo, para a análise de discriminação dos grupos foi levado em consideração o teste conhecido como o método de Lachenbruch, que visa retirar o viés de sobrevalorização das probabilidades pelo método de classificação. Dessa forma, o método também é considerado como sendo de ressubstituição, pois retira uma observação do grupo e, em seguida, gera a função discriminante. Essa função é utilizada para classificar a observação retirada, isto é, se de fato a observação foi classificada corretamente no grupo presente ou não. As classificações desse método, para o ano de 1990, podem ser observadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Método de classificação de Lachenbruch (1990)

Grupos	1	2	3	4	Total
1	10 (83,33%)	2 (16,67%)	0 (0%)	0 (0%)	12 (100%)
2	1 (11,11%)	7 (77,78%)	0 (0%)	1 (11,11%)	9 (100%)
3	0	0	8	0	8

Continua...

6 O valor da estatística do pseudo F para os quatro agrupamentos pela técnica *k*-média foi de 14,05.

7 Cabe mencionar que o método não hierárquico *fuzzy c*-médias também foi executado. Contudo, quando aplicada a análise discriminante, algumas probabilidades obtiveram valores bastante próximos o que dificultou a classificação final das observações. Além disso, houve grupos muito assimétricos, isto é, grupos em que grande parte das observações concentraram-se em apenas dois agrupamentos. Dessa maneira, a técnica *fuzzy c*-médias foi desconsiderada.

Conclusão.

Grupos	1	2	3	4	Total
	(0%)	(0%)	(100%)	(0%)	(100%)
4	0	0	1	10	11
	(0%)	(0%)	(9,09%)	(90,91%)	(100%)
Total	11	9	9	11	40
	(27,5%)	(22,5%)	(22,5%)	(27,5%)	(100%)

Fonte: Elaboração própria com base do software Stata 11.0.

Nota: Valores entre parênteses representam as probabilidades de classificações corretas ou incorretas. Os resultados consideram probabilidades prévias iguais.

A partir dos resultados das taxas de classificação incorretas, aprofundou-se na investigação para reclassificar os países em grupos com características semelhantes. Observa-se que as probabilidades de classificação foram bem distribuídas entre os grupos e, com isso, foi necessário identificar quais países foram classificados erroneamente. Na Tabela 4 é disponibilizado o teste de reclassificação de Lachenbruch, que tem por finalidade especificar os países com maior probabilidade da taxa de erro de classificação. Os testes também disponibilizam uma probabilidade (peso) para cada classificação correta das observações nos grupos.

Tabela 4 – Probabilidades de reclassificação (%) de certos países (1990)

Países	Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3		Grupo 4	
	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Alemanha	2,6	51,2	97,4	48,8	0,0	0,0	0,0	0,0
Estados Unidos	56,9	5,8	43,2	94,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Grécia	0,0	0,0	1,0	1,3	58,9	95,2	40,1	3,5
Japão	91,0	42,7	9,0	57,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Polônia	0,0	0,0	79,2	0,2	0,0	0,4	20,8	99,4

Fonte: Elaboração própria com base do software Stata 11.0.

Nota: (a) Método de classificação clássica; (b) Método de Lachenbruch

De acordo com os resultados, observa-se que, para o ano de 1990, Alemanha, Estados Unidos, Grécia, Japão e Polônia apresentaram taxas de reclassificação bem heterogêneas. Sendo assim é necessário avaliar as observações que foram classificadas alterando as configurações de certos grupos, criando-se uma variável com os ajustes específicos para cada país em um novo grupo. Deve-se ressaltar que, em geral, os países desenvolvidos predominaram basicamente nos grupos um e dois, enquanto as economias em desenvolvimento localizaram-se

entre os grupos três e quatro. Essa evidência confirma o processo de polarização entre os países desenvolvidos e em desenvolvimento, assim como revela suas disparidades quanto às características de seus SNIs.

Não obstante, o cenário direcionado para novas reclassificações permite averiguar quais das probabilidades e características seriam mais adequadas para a reconfiguração dos países citados. Nesse caso, adotou-se o critério de reclassificação dos países em novos grupos caso a probabilidade pelo método de Lachenbruch for superior a 80% (MINGOTI, 2007). Partindo-se desse pressuposto, a Alemanha (51,2%) não foi reclassificada em um novo grupo, assim como o Japão, que obteve 57,30% de probabilidade de transição para um novo agrupamento, o que representa um valor inferior aos 80% estabelecido para uma nova reclassificação. Por outro lado, os Estados Unidos, a Grécia e a Polônia foram reclassificados para os novos grupos, dois, três e quatro, respectivamente. Acredita-se que grande parte do erro de classificação observado nos grupos, com base no quesito de desenvolvimento tecnológico ambiental para o ano de 1990, possa estar atrelado à uniformidade dos países. Em outras palavras, como a caracterização dos grupos abrangem países com regiões econômicas bem similares, assim como a produção tecnológica ambiental, torna-se mais difícil discriminar determinados países de grupos distintos. Com a nova reclassificação, os grupos um e dois estariam mais equilibrados e incorporando de certo modo as maiores potências econômicas mundiais, a saber, Canadá, Alemanha, Estados Unidos e Japão, detentoras de SNIs maduros.

Após a nova reclassificação dos países (Estados Unidos, Grécia e Polônia), estimaram-se novamente as probabilidades de reclassificação de Lachenbruch. Quando as observações foram transferidas para os seus novos grupos indicados pelos métodos, foram geradas novas funções discriminantes. Os resultados para a segunda reclassificação mostram que a Bélgica, a França e a Grécia deveriam migrar para novos grupos, quatro, dois e quatro, respectivamente. No entanto, as probabilidades dessa nova reclassificação obtiveram valores inferiores a 80%, o que mantiveram os respectivos países em seus grupos atuais.

Na Tabela 5 são apresentadas as estatísticas formadas para os grupos de países segundo suas características, após a reconfiguração final de acordo com o ano de 1990.

Tabela 5 – Estatísticas descritivas das variáveis por agrupamentos (1990)

Grupos	Obs	Indicadores	A	T	I	P	E	G	S	R	C
1	10	Média	0,65	0,69	0,68	0,68	0,87	0,58	0,78	0,71	0,62
		Desvio padrão	0,22	0,16	0,16	0,19	0,11	0,22	0,19	0,27	0,19
		Mínimo	0,21	0,46	0,44	0,33	0,64	0,36	0,49	0,18	0,30
		Máximo	0,90	0,92	0,92	0,92	1,00	0,95	1,00	1,00	0,90

Continua...

Conclusão.

Grupos	Obs	Indicadores	A	T	I	P	E	G	S	R	C
2	10	Média	0,76	0,79	0,80	0,66	0,38	0,64	0,74	0,36	0,82
		Desvio padrão	0,22	0,19	0,18	0,16	0,26	0,31	0,29	0,21	0,15
		Mínimo	0,44	0,44	0,49	0,41	0,00	0,08	0,03	0,00	0,56
		Máximo	1,00	1,00	1,00	0,95	0,74	0,97	1,00	0,67	1,00
3	9	Média	0,35	0,20	0,22	0,20	0,44	0,31	0,26	0,75	0,27
		Desvio padrão	0,18	0,17	0,18	0,13	0,20	0,20	0,13	0,14	0,10
		Mínimo	0,05	0,05	0,00	0,03	0,14	0,05	0,08	0,51	0,12
		Máximo	0,69	0,51	0,51	0,38	0,74	0,64	0,43	0,97	0,40
4	11	Média	0,24	0,31	0,29	0,43	0,20	0,46	0,32	0,23	0,27
		Desvio padrão	0,23	0,18	0,18	0,37	0,23	0,36	0,22	0,17	0,27
		Mínimo	0,00	0,05	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00
		Máximo	0,67	0,62	0,62	1,00	0,56	1,00	0,66	0,59	0,77

Fonte: Elaboração própria com base do software Stata 11.0.

Em linhas gerais, os grupos um e dois, formados por 10 países cada um, apresentam um dos mais altos índices médios de desenvolvimento tecnológico ambiental (A, T e I), econômico (P), científico (C) e de tecnologias renováveis (R). No entanto, comparando-se aos demais grupos, os grupos um e dois revelam um dos mais altos níveis de emissão de gases (G), mais especificamente as nações que compõem o grupo 2, que são representadas pelos Estados Unidos, Japão, Alemanha, Itália e Reino Unido. A partir das similaridades e características observadas para as unidades da amostra, a AD para o ano de 1990 propôs, de uma forma genérica, evidenciar as diversas potencialidades para a produção tecnológica ambiental para os diferentes SNIs. Com as características dos grupos formados em 1990, será possível verificar nos próximos anos como as novas reclassificações podem estar relacionadas às novas realidades e pertinentes aos avanços tecnológicos adquiridos pelos países, assim como seus comportamentos frente aos diversos aspectos e exigências tecnológicas ambientais. Em outras palavras, a partir dos resultados da Tabela 5, as economias do grupo dois, como, por exemplo, Holanda, Austrália, Dinamarca e Israel, exibiram dimensões peculiares à produção tecnológica ambiental, em que as infraestruturas científicas e econômicas configuraram conjuntamente um ambiente propício ao desenvolvimento das inovações ambientais.

4.3 Análise dos Agrupamentos e Transições dos Países para o Ano 2000

A AD para o ano 2000 foi executada de acordo com as informações desse ano, preservando, portanto, suas características. A partir disso, é possível identificar se um país migrou de um grupo para outro observando sua transição. A finalidade desse procedimento reside na expectativa de apontar a transição de uma observação de um grupo para outro, o que pode apontar uma mudança estrutural ocorrida dentro daquele país. É importante ressaltar que, uma vez que o ano de 1990 apresente características diferentes em relação aos demais anos, em todos os períodos haverá mudanças em suas funções discriminantes. Logo, a AD permite também direcionar se um país continuará em determinado grupo ou se migrará para outro agrupamento. Para o ano 2000, os resultados da Tabela 6 mostram que, no método de Lachenbruch, em cada grupo, há pelo menos uma observação classificada incorretamente para esse ano. Assim, a partir da indicação dessas observações nos grupos, investigaram-se quais países seriam passíveis de reclassificação.

Tabela 6 – Método de classificação de Lachenbruch (2000)

Grupos	1	2	3	4	Total
1	8 (80.00%)	1 (10.00%)	0 (0.00%)	1 (10.00%)	10 (100.00%)
2	1 (10.00%)	9 (90.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	10 (100.00%)
3	0 (0.00%)	0 (0.00%)	8 (88.89%)	1 (11.11%)	9 (100.00%)
4	0 (0.00%)	0 (0.0%)	2 (18.18%)	9 (81.82%)	11 (100.00%)
Total	9 (22.50%)	10 (25.00%)	10 (25.00%)	11 (27.50%)	40 (100.00%)

Fonte: Elaboração própria com base do software Stata 11.0.

Dessa forma, na Tabela 7 é apresentada uma nova reclassificação indicada pelo método de Lachenbruch. Como previamente discutido, a cada ano, a AD elaborada é utilizada para descrever as diferenças entre grupos e explorar tais diferenças ao classificar novas observações como membros em um dos grupos existentes. No respectivo ano, as novas reclassificações indicaram uma lista maior de países identificados em outros grupos. Entre eles estão: Bélgica, Coreia do Sul, Cuba, Grécia, Itália e Rússia. A partir da visualização das novas reclassificações, analisaram-se quais países deveriam migrar de um grupo para outro e, a partir

dessa verificação, concluiu-se que Coreia do Sul, Cuba, Itália e Rússia possuem probabilidades com mais de 90% de chances de pertencer a novos grupos. Os países desenvolvidos como a Itália e a Coreia do Sul, classificados originalmente no grupo dois e um, respectivamente, foram reclassificados para os grupos um e dois, mantendo a participação de 10 países em cada grupo.

Tabela 7 – Probabilidades de reclassificação (%) de certos países (2000)

Países	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Bélgica	3,0	26,2	0,0	70,8
Coréia do Sul	0,5	99,5	0,0	0,0
Cuba	0,0	0,0	96,6	3,4
Grécia	0,0	0,0	21,7	78,3
Itália	96,7	3,3	0,0	0,0
Rússia	0,0	0,0	98,2	1,8

Fonte: Elaboração própria com base do software Stata 11.0

Após as reclassificações de Cuba e Rússia no grupo três (Tabela 7), percebe-se que a transição dessas economias em desenvolvimento ocorreu para agrupamentos que apresentam características tecnológicas semelhantes, como é o caso dos países latino-americanos localizados nesse grupo (Brasil, Argentina e Cuba). As características tecnológicas citadas referem-se a traços comuns existentes entre esses países que possuem SNIs imaturos. Nesse sentido, é razoável supor que as inovações ambientais tenham uma forte relação entre o grau de desenvolvimento econômico e o perfil ambiental dos países. Em comparação com os países desenvolvidos, pode-se afirmar que, quanto maior a produção de tecnologias ambientais, maior será o grau de sinergias entre as diversas esferas (econômica, financeira, produtiva e tecnológica).

A Tabela 8 fornece todas as estatísticas descritivas por classificação dos agrupamentos finais para o ano 2000.

Tabela 8 – Estatísticas descritivas das variáveis por agrupamento (2000)

Grupos	Obs	Indicadores	A	T	I	P	E	G	S	R	C
1	9	Média	0,58	0,70	0,68	0,62	0,81	0,50	0,74	0,80	0,66
		Desvio padrão	0,24	0,12	0,12	0,18	0,19	0,22	0,18	0,18	0,20
		Mínimo	0,18	0,51	0,51	0,38	0,40	0,28	0,49	0,49	0,38
		Máximo	0,87	0,87	0,85	0,87	1,00	0,95	1,00	1,00	0,90

Continua...

Conclusão.

Grupos	Obs	Indicadores	A	T	I	P	E	G	S	R	C
2	10	Média	0,81	0,83	0,84	0,65	0,44	0,67	0,76	0,35	0,78
		Desvio padrão	0,18	0,15	0,14	0,21	0,24	0,24	0,30	0,21	0,18
		Mínimo	0,46	0,54	0,58	0,33	0,11	0,10	0,05	0,00	0,49
		Máximo	1,00	1,00	1,00	1,00	0,79	1,00	1,00	0,67	1,00
3	12	Média	0,38	0,20	0,20	0,16	0,41	0,29	0,25	0,59	0,29
		Desvio padrão	0,22	0,15	0,14	0,12	0,24	0,22	0,14	0,29	0,22
		Mínimo	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,03	0,05	0,05
		Máximo	0,74	0,49	0,46	0,36	0,89	0,79	0,46	0,97	0,79
4	9	Média	0,23	0,33	0,35	0,66	0,29	0,59	0,42	0,25	0,30
		Desvio padrão	0,22	0,17	0,17	0,30	0,34	0,38	0,27	0,17	0,24
		Mínimo	0,00	0,04	0,08	0,21	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00
		Máximo	0,64	0,56	0,62	0,97	0,85	0,97	0,81	0,62	0,69

Fonte: Elaboração própria com base do software Stata 11.0.

De acordo com as informações, observa-se que alguns fatores são relevantes entre as variáveis dos países que abrangem os grupos um e dois. Entre esses fatores, os países representados nesses grupos, em comparação com o ano de 1990, permaneceram com a mesma magnitude entre as variáveis, isto é, países com alto grau de desenvolvimento econômico, científico e com elevada capacidade tecnológica ambiental. Entretanto, quando se compara os valores médios dos países que englobam esses grupos – em relação ao impacto ambiental (G), a utilização de energia renovável (E) e a produção de energias alternativas (R) –, os países do grupo um mantiveram-se à frente e com uma considerável discrepância entre os resultados. Os 10 países que abrangem o grupo um são: Áustria, Bélgica, Canadá, Espanha, Finlândia, França, Itália, Noruega, Suécia e Suíça.

Especificamente no grupo dois, países como Estados Unidos, Japão, Reino Unido, Alemanha, Holanda, Coreia do Sul e China tiveram um importante desempenho em sua produção tecnológica ambiental (A, T e I) e infraestrutura científica (C). Entretanto, de acordo com os resultados dos agrupamentos dos *clusters*, percebeu-se que nesse grupo o valor médio das emissões (G) cresceu cerca de 6% em comparação ao ano de 1990. Novamente, esse resultado pode estar atrelado ao fato de que as regulações possam ter incentivado e fomentado a produção de tecnologias ambientais. De acordo com as características do ano 2000, pode-se concluir que os países desse grupo ainda não internalizaram a redução das emissões de gases poluentes por intermédio de medidas e processos mitigadores de im-

pactos ambientais em seu processo produtivo, como, por exemplo, na redução da energia consumida por unidade produzida e na redução de utilização de material por unidade produzida.

Do mesmo modo, os países que compõem os grupos três e quatro, compostos principalmente por países em desenvolvimento, possuem um menor e mais contido potencial de inovações ambientais. O grupo três, que apresentou um dos menores valores de desenvolvimento econômico, foi um dos que mais se destacou quanto às menores proporções médias de emissões de gases no ano 2000. Ao contrário, o grupo quatro englobou países como Luxemburgo, Irlanda, República Tcheca, África do Sul e não se destacou em relação ao seu desempenho científico e ambiental, como pode ser observado na Tabela 8. Esse grupo apresentou um aumento do valor médio de gases poluentes igual a 21,96%, no ano 2000, destacando-se dos demais grupos.

Representando principalmente os países em desenvolvimento, o grupo quatro reflete exatamente as assimetrias e as diferenças tecnológicas ambientais e de infraestrutura científica existentes entre os grupos um e dois. Em outras palavras, as tecnologias ambientais são atualmente mais desenvolvidas em países que exibem um elevado desenvolvimento econômico e não são difundidas no mundo econômico na velocidade e escala necessária (HAŠČIČ *et al.*, 2010). Porém, ressalta-se que o esforço e a produção de tecnologias ambientais dos países em desenvolvimento, mesmo que em menor intensidade, são mais específicas para as necessidades dessas economias, e não são produzidas em uma escala maior devido aos entraves estruturais científicos e econômicos, além da falta de incentivos para o desenvolvimento dessas tecnologias.

4.4 Análise dos Agrupamentos e Transições dos Países para o Ano 2010

Para o ano de 2010, os resultados da Tabela 9 indicam que, pelo método de Lachenbruch, a distribuição das probabilidades de os países terem sido classificados erroneamente nos grupos foi mais distribuída e elevada, o que pode indicar uma mudança estrutural no desempenho científico e tecnológico dos países da amostra nos últimos 20 anos.

Tabela 9 – Método de classificação de Lachenbruch (2010)

Grupos	1	2	3	4	Total
1	8 (80%)	2 (20%)	0 (0%)	0 (0%)	10 (100%)
2	1 (10%)	8 (80%)	0 (0%)	1 (10%)	10 (100%)

Continua...

Conclusão.

3	0 (0%)	0 (0%)	6 (66,67%)	3 (33,33%)	9 (100%)
4	0 (0%)	3 (27,27%)	3 (27,27%)	5 (45,45%)	11 (100%)
Total	9 (22,5%)	13 (32,5%)	9 (22,5%)	9 (22,5%)	40 (100%)

Fonte: Elaboração própria com base do software Stata 11.0

De acordo com o método de Lachenbruch, um dos grupos que obtiveram a maior taxa de classificação incorreta foi o grupo quatro, com quase 60% de chances de classificação de seis países estarem localizados nos grupos dois e três. Em cada linha dos seus respectivos grupos, é possível visualizar significativas mudanças dos grupos originais para outros grupos. Como abordado, o processo de reclassificação em 2010 concentrou-se mais no grupo quatro, o qual engloba países em desenvolvimento cujos padrões científico e tecnológico estão abaixo dos apresentados pelos países desenvolvidos.

A partir desse cenário, será possível reclassificar os países entre os grupos segundo as características apresentadas pelas funções discriminantes no ano de 2010. Observa-se, no entanto, que a migração dos países do grupo quatro para outros grupos pode ter sido consequência do desenvolvimento de novos regimes tecnológicos nos últimos anos, além da indução de tecnologias limpas e dos grandes avanços em áreas estratégicas como energia, transportes e tecnologia de informação (ROHRICH; PEREIRA, 2014). Contudo, é necessário que se avalie quais países seriam mais suscetíveis de reclassificação para os outros grupos, com maior potencial de desenvolvimento tecnológico ambiental e científico.

A partir dos resultados de reclassificação para o ano de 2010 (Tabela 10), os países mais suscetíveis foram Coreia do Sul, Índia, Malásia, México, Romênia, Rússia e Ucrânia. Na etapa posterior, após a avaliação a respeito das probabilidades (pesos) para cada país, todas as economias observadas são propensas a mudar de grupos, pois possuem valores superiores a 90% de chances de reclassificação, com exceção da Romênia, que permaneceu em seu grupo original três.

Tabela 10 – Probabilidades de reclassificação (%) de certos países (2010)

Países	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Coreia do Sul	0,1	99,9	0,0	0,0
Índia	0,0	94,9	4,2	0,9
Malásia	0,0	0,0	0,9	99,0
México	0,0	0,0	17,0	83,0

Continua...

Conclusão.

Romênia	0,9	0,0	27,8	71,3
Rússia	3,4	94,6	0,0	2,0
Singapura	0,2	95,9	0,2	3,7
Ucrânia	0,1	0,0	99,3	0,7

Fonte: Elaboração própria com base do software Stata 11.0.

De acordo o método de Lachenbrouch, países como Índia, Rússia e Ucrânia, classificados originalmente no grupo quatro, foram reclassificados para outros grupos cujo cenário é representado por um maior equilíbrio de acordo com sua capacidade de desenvolvimento econômico e tecnológico. Após essa primeira etapa, realizou-se um novo teste, e os resultados indicaram que as probabilidades para República Tcheca e França foram acima de 80%. Logo, quando os países foram transferidos para os novos grupos indicados, três e dois, respectivamente, realizou-se novamente um teste que apontou o México como possível migrante para o grupo três. Entretanto, a probabilidade para a ocorrência dessa nova transferência foi abaixo de 80% e, dessa forma, optou-se por manter o México no grupo quatro.

Nesse ponto, é importante ressaltar que as análises realizadas especificaram diferentes e significativas funções discriminantes, nas quais as principais características intrínsecas aos países, promotoras da inovação ambiental, estavam mais alinhadas com as percepções do elevado uso e produção de energia renovável e alternativa (R e E), grande capacidade científica (C), forte desenvolvimento econômico (P), ampla capacidade de infraestrutura (S) e emissões significativas de gases poluentes (G). Tais resultados podem ser observados na Tabela 11, que apresenta as características gerais dos novos grupos elaborados, a partir da AD para o ano de 2010.

Tabela 11 – Estatísticas descritivas das variáveis por agrupamento (2010)

Grupos	Obs	Indicadores	A	T	I	P	E	G	S	R	C
1	8	Média	0,54	0,63	0,59	0,78	0,83	0,60	0,74	0,82	0,57
		Desvio padrão	0,26	0,16	0,14	0,16	0,14	0,28	0,18	0,20	0,17
		Mínimo	0,00	0,36	0,44	0,51	0,55	0,26	0,45	0,38	0,36
		Máximo	0,87	0,85	0,85	0,97	0,97	0,92	1,00	1,00	0,85
2	14	Média	0,72	0,77	0,81	0,55	0,45	0,62	0,65	0,43	0,79
		Desvio padrão	0,24	0,18	0,14	0,28	0,24	0,27	0,36	0,23	0,17
		Mínimo	0,26	0,44	0,56	0,00	0,16	0,03	0,00	0,05	0,46
		Máximo	1,00	1,00	1,00	0,92	1,00	0,97	1,00	0,79	1,00

Continua...

Conclusão.

Grupos	Obs	Indicadores	A	T	I	P	E	G	S	R	C
3	9	Média	0,34	0,22	0,21	0,28	0,59	0,31	0,37	0,62	0,30
		Desvio padrão	0,20	0,15	0,12	0,14	0,20	0,22	0,19	0,25	0,20
		Mínimo	0,09	0,03	0,03	0,05	0,28	0,05	0,14	0,23	0,08
		Máximo	0,67	0,46	0,41	0,46	0,89	0,77	0,63	0,97	0,64
4	9	Média	0,28	0,24	0,23	0,40	0,10	0,40	0,33	0,20	0,19
		Desvio padrão	0,26	0,17	0,17	0,35	0,13	0,34	0,28	0,18	0,16
		Mínimo	0,03	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00
		Máximo	0,74	0,54	0,51	1,00	0,39	1,00	0,16	0,51	0,51

Fonte: Elaboração própria com base do software Stata 11.0.

Um dos pontos importantes observados na Tabela 11 refere-se aos resultados do grupo dois. Com valores um pouco mais elevados que os países do grupo um em relação às variáveis de capacidade tecnológica ambiental (T, A, I), o grupo dois engloba 14 países e se destaca pela média significativa de produção científica (C). Países como a Alemanha, Holanda, Estados Unidos, França e Itália tiveram um relevante desempenho tecnológico ambiental que pode ter sido gerado por políticas ambientais e climáticas iniciadas nos anos 2000 (DECHEZLEPRÊTRE *et al.*, 2011). O crescimento e aceleração do desenvolvimento tecnológico ambiental é provavelmente consequência de políticas ambientais anteriores como respostas aos tratados e acordos (como o Protocolo de Kyoto, assinado em 1997) feitos por alguns desses países citados, com exceção dos Estados Unidos.

Da mesma forma, quanto aos países que mais poluem e também produzem tecnologias ambientais, é necessário observar o aspecto da demanda e de que forma esse determinante influencia em suas decisões. No longo prazo, em virtude das estratégias globais quanto ao clima e à energia renovável, é bem provável que esses países desenvolvam as suas tecnologias ambientais para o atendimento da demanda interna do mercado, assim como as firmas desses países sejam influenciadas pelas preferências do consumidor e pela responsabilidade social e ambiental na geração de inovações ambientais (KESIDOU; DEMIREL, 2012).

Por sua vez, as economias em desenvolvimento como a Rússia, que, em 1990, encontrava-se no grupo quatro, migrou para o grupo dois em 2010, equiparando-se com os resultados das maiores potências mundiais presentes nesse novo grupo. A economia chinesa também foi destaque entre os países em desenvolvimento, que se manteve no grupo dois em todos os anos analisados. De acordo com os resultados, percebe-se que a China demonstra sinais de que seus esforços quanto ao desenvolvimento de inovações ambientais já estavam em ritmo acelerado e bem avançado, com um grau tecnológico compatível às nações desenvolvidas.

Da mesma forma, verificou-se que as diferenças entre os valores médios da produção das inovações tecnológicas ambientais e a mitigação dos impactos ambientais, nesse caso representado pela variável (G), sugere que os países do grupo dois não desaceleraram ou diminuíram a emissão de gases poluentes. Esse resultado também é compatível com a lógica dos resultados anteriores de que as regulações possam ter incentivado a produção de tecnologias ambientais. Mesmo depois de 10 anos, os países do grupo dois continuaram a ter um valor médio de emissões (G) elevado. Todavia, observou-se, pela média dessa variável entre os anos 2000 e 2010, que houve uma redução de 7,89% em relação às emissões de gases, indicando que a produção e desenvolvimento das tecnologias ambientais foram essenciais para esses resultados. Em relação ao grupo um, visualizou-se que o desenvolvimento das inovações tecnológicas ambientais se manteve no patamar, com exceção da capacidade tecnológica ambiental dos países como Áustria, Bélgica, Canadá, Espanha, Finlândia, Noruega, Suécia e Suíça, que tiveram um resultado bastante expressivo nesse aspecto. Em geral, esses resultados mostraram que as inovações tecnológicas ambientais nos países que se comprometeram a reduzir as emissões foram significativas, porém com um impacto limitado no compromisso fidedigno na diminuição das emissões de gases poluentes.

Em relação ao conjunto de países do grupo três (Argentina, Brasil, Bulgária, Grécia, Portugal, República Tcheca, Romênia, Turquia, Ucrânia), os resultados apontaram determinados avanços, em relação ao ano de 1990, na capacidade de utilização de energias renováveis (R), no desenvolvimento científico (C) e no crescimento da economia (P). Da mesma forma, esses resultados encontram-se bem limitados às nações em desenvolvimento, que estão cada vez mais distantes de um processo de *catching up*, quando comparadas às economias desenvolvidas. Em outras palavras, grande parte dos países que englobam o grupo três permaneceram nesse agrupamento nas três décadas analisadas, sendo bem provável que essa inércia seja derivada da capacidade limitada de desenvolvimento dos SNIs desses países.

Por fim, no grupo quatro, encontram-se países tanto desenvolvidos (Irlanda, Luxemburgo, Polônia e Singapura), quanto países em desenvolvimento (África do Sul, Cuba, Malásia, México e Moldávia). Conforme os resultados apresentados para esse grupo (Tabela 11), o conjunto de países apresentou os piores resultados no aspecto tecnológico ambiental e científico, quando comparado aos valores das demais características de outros grupos. A disparidade entre as economias presentes nesse grupo não as exime da baixa potencialidade e da dimensão tecnológica. As diversidades encontradas referem-se justamente aos problemas que, possivelmente no longo prazo, podem vir à tona caso medidas mais radicais não forem executadas. Os resultados encontrados representam um exemplo típico de SNIs imaturos nos quais pequenas imprudências no curto prazo desenvolvem grandes problemas ambientais no futuro. Destarte, a análise descritiva das variá-

veis para cada grupo permitiu identificar as mudanças das características entre os grupos e sinalizaram a ocorrência de uma redistribuição da capacidade tecnológica ambiental e científica. O ponto principal dessa mudança foi que as inovações ambientais podem ser consideradas como um poderoso instrumento indutor do desenvolvimento dos SNIs (CARRILLO-HERMOSILLA *et al.*, 2010). Além disso, confirmou-se, por intermédio dos resultados, que o determinante mais importante da inovação ambiental é a capacidade inovativa geral.

Por essa ótica, de acordo com as transformações observadas entre os grupos de países desenvolvidos, visualizou-se que o rápido desenvolvimento das inovações ambientais é influenciado pela integração de diversos fatores sob o campo científico, econômico e tecnológico. Além disso, para o completo entendimento do processo inovativo ambiental ocorrido no período analisado, é importante também levar em consideração as trajetórias históricas dos países e os contextos intrínsecos sob diferentes esferas como a institucional, produtiva, financeira, social e cultural. Nesse cenário, é possível supor que a construção de um eficiente SNI possibilita e auxilia tanto o desenvolvimento econômico quanto a criação de tecnologias ambientais, principalmente nos países em desenvolvimento.

Desse modo, a abordagem sobre SNIs em relação às atividades inovativas ambientais dos países permite apresentar quais as deficiências e os obstáculos, principalmente dos países em desenvolvimento, quanto aos limites do progresso tecnológico para a solução dos problemas ambientais. Contudo, deve-se ressaltar os esforços dos países em desenvolvimento que, ao longo das duas últimas décadas, seguiram em direção a um maior desenvolvimento tecnológico ambiental, pois essas economias também são responsáveis por grande parte dos recursos naturais mundiais (QUEIROZ, 2014). Seria exatamente nesse ponto que os SNIs poderiam intervir, isto é, dinamizar e contribuir para que as características nacionais se fortaleçam e tenham um papel preponderante na constituição de um novo paradigma tecnológico ambiental.

O Quadro 2 fornece todas as classificações finais das economias mundiais em estudo deste artigo para cada ano, após as reclassificações realizadas com o auxílio da técnica de AD.

Quadro 2- Classificações finais em grupos para os países da amostra

Ordem	Países	Faixa de renda	Categorias das Economias	Classificação final		
				1990	2000	2010
1	Africa do Sul	Média Alta	Em Desenvolvimento	4	3	4
2	Alemanha	Alta	Desenvolvida	2	2	2
3	Argentina	Média Alta	Em Desenvolvimento	3	3	3
4	Austrália	Alta	Desenvolvida	2	2	2
5	Austria	Alta	Desenvolvida	1	1	1

Continua...

Conclusão.

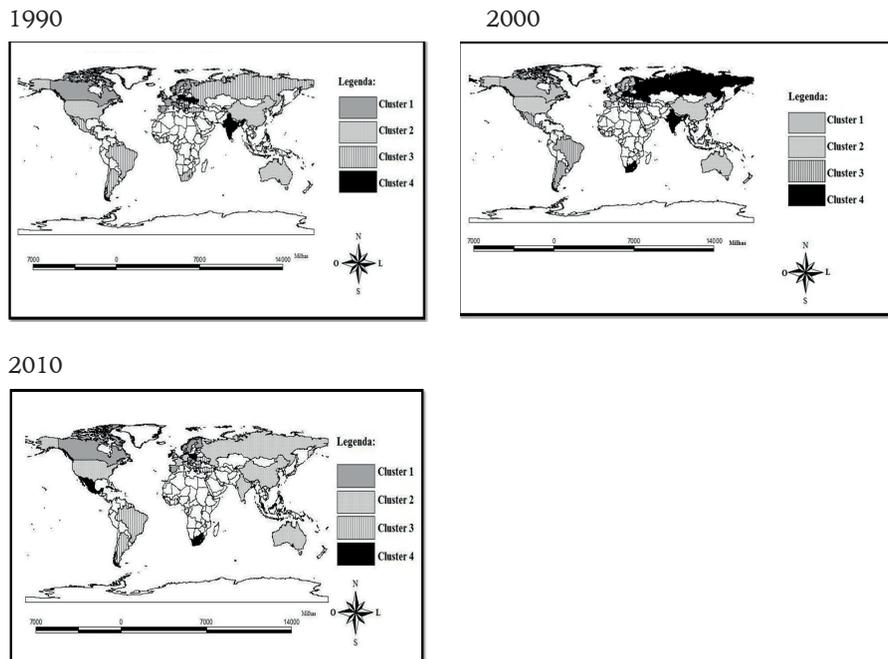
Ordem	Países	Faixa de renda	Categorias das Economias	Classificação final		
				1990	2000	2010
6	Bélgica	Alta	Desenvolvida	1	4	1
7	Brasil	Média Alta	Em Desenvolvimento	3	3	3
8	Bulgaria	Média Alta	Em Desenvolvimento	3	3	3
9	Canadá	Alta	Desenvolvida	1	1	1
10	China	Baixa- Média	Em Desenvolvimento	2	2	2
11	Coréia do Sul	Alta	Desenvolvida	1	2	2
12	Cuba	Média Alta	Em Desenvolvimento	4	3	4
13	Dinamarca	Alta	Desenvolvida	2	2	2
14	Espanha	Alta	Desenvolvida	1	1	1
15	Estados Unidos	Alta	Desenvolvida	2	2	2
16	Finlândia	Alta	Desenvolvida	1	1	1
17	França	Alta	Desenvolvida	1	1	2
18	Grécia	Alta	Desenvolvida	3	3	3
19	Holanda	Alta	Desenvolvida	2	2	2
20	Índia	Média Baixa	Em Desenvolvimento	4	4	2
21	Irlanda	Alta	Desenvolvida	4	4	4
22	Israel	Alta	Desenvolvida	2	2	2
23	Itália	Alta	Desenvolvida	2	1	2
24	Japão	Alta	Desenvolvida	2	2	2
25	Luxemburgo	Alta	Desenvolvida	4	4	4
26	Malásia	Média Alta	Em Desenvolvimento	3	3	4
27	México	Média Alta	Em Desenvolvimento	3	3	4
28	Moldova	Média Baixa	Em Desenvolvimento	4	4	4
29	Noruega	Alta	Desenvolvida	1	1	1
30	Polônia	Alta	Desenvolvida	4	4	4
31	Portugal	Alta	Desenvolvida	3	3	3
32	Reino Unido	Alta	Desenvolvida	2	2	2
33	República Tcheca	Alta	Desenvolvida	4	4	3
34	Romênia	Média Alta	Em Desenvolvimento	3	3	3
35	Rússia	Média Alta	Em Desenvolvimento	4	3	2
36	Singapura	Alta	Desenvolvida	4	4	4
37	Suécia	Alta	Desenvolvida	1	1	1
38	Suíça	Alta	Desenvolvida	1	1	1
39	Turquia	Média Alta	Em Desenvolvimento	3	3	3
40	Ucrânia	Baixa – Média	Em Desenvolvimento	4	4	3

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da pesquisa e Banco Mundial (2010).

Nota: Países de baixa-média renda e demédia-superior foram separados pelo PIB per capita de \$ 4.125.

Na Figura 1, são sintetizados todos os grupos de países formados pela AC e reconfigurados pelas ADs.

Figura 1 – Mapa dos agrupamentos dos países após a reclassificação final



Fonte: Elaboração própria a partir do *software* ArcView 3.0.

Nota: Os países em branco não constam na amostra de países analisadas.

Assim, a transição dos países entre os *clusters* um a quatro parece ser explicada por certas mudanças nas configurações específicas das economias mundiais, considerando-se as dimensões científica, tecnológica, ambiental e de infraestrutura. Em geral, observa-se que países com SNIs mais desenvolvidos, ou aqueles que alcançam níveis elevados de desenvolvimento, permaneceram ou migraram para os grupos um e dois (Estados Unidos, Canadá e França). Já os países com grau relativamente menor de desenvolvimento de SNI (mais imaturos) foram classificados ou migraram nos grupos três e quatro (África do Sul, Argentina, Brasil e Cuba). Cabe salientar que, conforme os resultados das análises, especialmente a economia indiana e a russa transitaram do grupo quatro (1990) para o grupo dois (2010), denotando os esforços em ciência e tecnologia.

Por fim, é oportuno ressaltar que a maioria dos países que compõem o grupo G7 mostraram condições propícias ao desenvolvimento da capacidade tecnoló-

gica ambiental, apresentadas pelas dimensões definidas neste estudo. De acordo com os resultados, o grupo de países desenvolvidos está, em sua totalidade, localizado nos grupos um e dois, que são compostos por economias cujo desempenho tecnológico ambiental está associado à maior emissão de gases poluentes e ao maior dinamismo científico e econômico. O resultado referente aos grupos um e dois pode ser caracterizado também pelo desempenho dos países de acordo com suas matrizes energéticas, que nos últimos 40 anos apresentaram significativas alterações estruturais em suas composições.

Em outras palavras, as principais fontes energéticas dos países desenvolvidos, principalmente dos países membros da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) passaram de carvão e petróleo para o gás natural e a eletricidade. Apesar dos países desenvolvidos ainda serem considerados líderes em emissões de gases poluentes, observou-se, nos últimos anos, um grande esforço tecnológico por parte das economias. Tal constatação reflete-se na diminuição do uso da fonte energética do petróleo e derivados (-16,3%), a qual pode ser justificada pela diversificação de outras fontes alternativas energéticas, como as energias solar, eólica e hidroelétricas.

Contudo, em relação à matriz energética mundial, deve ser ressaltado que houve um aumento da participação do carvão mineral e uma diminuição no uso de fonte energética de biomassa (MME, 2013). Esse resultado pode ser fruto da substituição da biomassa por fontes energéticas mais eficientes como o gás natural e o gás liquefeito de petróleo (GLP), principalmente nos países em desenvolvimento (MME, 2013). No caso do carvão mineral, apesar dos avanços e progressos tecnológicos ambientais realizados pela China, ainda há relevância no uso para a geração de energia nas termelétricas.

Em relação às AC e AD, grande parte dos países manteve-se em seus respectivos grupos, a partir das características intrínsecas para cada ano. A formação dos grupos um e dois representou a configuração de fatores mais relacionados aos países desenvolvidos, com maior desenvolvimento econômico, boa infraestrutura científica e tecnológica ambiental. As economias que se enquadraram no perfil dos grupos um e dois foram Austrália, Áustria, Estados Unidos, Reino Unido, Suécia e Suíça. Excepcionalmente, países em desenvolvimento como a China, a Índia e a Rússia (esses dois últimos apenas no ano de 2010) apresentaram evidências de características e fatores relacionados aos países desenvolvidos, comprovando o esforço tecnológico ambiental dessas economias nos últimos 10 anos. Quanto aos agrupamentos três e quatro, foram encontradas características mais condizentes com países cujos SNIs podem ser considerados como imaturos.

Nesse sentido, observou-se que países como Brasil, África do Sul, Turquia e, até mesmo, países desenvolvidos como Portugal, Polônia, Irlanda e Luxemburgo apresentaram atributos como baixo desenvolvimento econômico, pouca pro-

dução de energias alternativas, escasso consumo de energias renováveis, baixa produção tecnológica e ambiental, além de uma proporção um pouco menor de emissão de gases poluentes em relação aos países desenvolvidos. Grande parte dos atributos encontrados nesse grupo pode estar relacionado a SNIs ainda em desenvolvimento, que passam por períodos de transição tecnológica e carecem de mais infraestrutura e investimentos em tecnologias ambientais. Em outras palavras, o desenvolvimento da tecnologia ambiental por parte dos países em desenvolvimento envolve, além dos conjuntos de fatores apresentados, a trajetória de um processo de aprendizado nacional, que é cumulativo e determina satisfatoriamente como cada economia será capaz de lidar com as novas tecnologias.

5 Considerações Finais

O desenvolvimento das inovações tecnológicas representa o progresso econômico e é fundamental para acelerar as taxas de crescimento econômico dos países. Contudo, na atualidade, faz-se necessário que os avanços econômicos sejam equilibrados entre a manutenção do crescimento econômico das nações e a suscetibilidade ambiental referentes aos impactos do meio ambiente no médio e longo prazo. As exigências tecnológicas primordiais recaem sobre as fontes mais poluidoras, promovendo e induzindo a produção de tecnologias de energia alternativa, de reciclagem e gestão de resíduos, de conservação de energia, entre outras. As inovações ambientais, nesse caso, apresentam-se como a forma mais eficiente e capaz de manter o equilíbrio entre o crescimento econômico e a busca de uma melhor qualidade de vida. Da mesma forma, para que seja estabelecido um ambiente propício ao desenvolvimento das inovações ambientais, é necessário que os países criem e promovam uma infraestrutura adequada, instruída ao aperfeiçoamento de tecnologias existentes e ao desenvolvimento de inovações.

Para que seja estabelecido esse profícuo ambiente, faz-se necessário o fortalecimento e o desenvolvimento de um sólido SNI, criando-se uma atmosfera adequada que permita diminuir as incertezas e endogenizar o progresso tecnológico a ser adquirido. Nesse caso, o progresso tecnológico que advém do desenvolvimento tecnológico dos países deve ser vinculado à dimensão ambiental e a todos os aspectos inerentes à dimensão sistêmica envolvida nos países, como os fatores econômicos, políticos e sociais. A partir dessa concepção multidisciplinar, os produtos e processos tecnológicos que visam mitigar os impactos ambientais são bastante influenciados por fatores determinantes e tornam-se fundamentais para que se viabilize e fortaleça as inovações ambientais nos países. Entre esses aspectos determinantes, encontram-se acordos e tratados internacionais, além de políticas ambientais e tecnológicas que visam a mitigação dos impactos ambientais paralelamente à produção e incentivo de tecnologias alternativas. A partir dos resultados apresentados e como

sugestões de políticas para os esforços de inovação ambiental nos países da amostra, algumas soluções podem estimular a adoção de ações destacadas a seguir: a) aplicações de políticas ambientais mais rigorosas em países em desenvolvimento, principalmente naqueles com alto potencial de transição na prática de ações ambientais que poderiam reduzir com maior efetividade a poluição; b) estabelecimento de metas tecnológicas ambientais no longo prazo, que apresentem consistência com a estratégia global de ações pautadas nas mudanças climáticas e na adoção de energias renováveis; e c) ampliação das dimensões estratégicas das firmas de países para a adoção das tecnologias e práticas ambientais. As estratégias envolveriam ações relacionadas à colaboração entre firmas, aprendizagem, maiores investimentos em P&D, além da atuação de diferentes atores que constituem os SNIs. Tais medidas seriam bem-sucedidas caso existam avanços na busca de conhecimento por parte da demanda, dos laboratórios ou institutos privados de P&D, que são mais propensos a desenvolver inovações ambientais radicais.

Referências

ALBUQUERQUE, E. National systems of innovation and non-OECD countries: notes about a rudimentary and tentative typology. *Brazilian Journal of Political Economy*, v. 19, n. 4, p. 35-54, 1999.

ARRUDA, C.; CARVALHO, F. *Inovações ambientais: oportunidades de negócios, políticas públicas e tecnologias*. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

ARUNDEL, A.; KEMP, R. Measuring eco-innovation. *Working Paper Series*. UNU-MERIT, n. 2009-017, 2009. Maastricht: The Netherlands. Disponível em: <http://www.oecd.org/env/consumption-innovation/43960846.pdf>. Acesso em: 20 de jul. 2014.

BANCO MUNDIAL. *Base de dados - Informações sobre as emissões de gases CO₂*. 2015. Disponível em: <http://www.worldbank.org>. Acesso em: 14 ago. 2015.

BERKHOUT, F. Technological regimes, environmental performance and innovation systems: tracing the links. In: WEBER, M.; HEMMELSKAMP, J. *Towards environmental innovation systems*. Heidelberg: Springer, 2005. cap. 3, p. 57-80.

BRUNNERMEIER, S. B.; COHEN, M. A. Determinants of environmental innovation in the US manufacturing industries. *Journal of Environmental Economics and Management*, v. 45, n. 2, p. 278-293, 2003.

CARBON DIOXIDE INFORMATION ANALYSIS CENTER. *Informações sobre as emissões de gases CO₂*. Disponível em: <https://cdiac.ess-dive.lbl.gov/>. Acesso em: 17 mai. 2015.

CARRILLO-HERMOSILLA, J.; DEL RIO, P.; KONOLLA, T. Diversity of eco-innovations: reflections from selected case studies. *Journal of Cleaner Production*, v.18, n.10-11, p.1073-1083, 2010.

CMMAD. Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento. *Nosso futuro comum*. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1988.

CRESPI, F. Environmental policy and induced technological change in european industries. In: CONSTANTINI, V.; MAZZANTI, M. *The dynamics of environmental and economic systems: innovation, environmental policy and competitiveness*. Dordrecht: Springer, 2013, cap. 8, p.143-157.

DECHEZLEPRÊTRE, A.; GLACHANT, M.; HAŠČIČ, I.; JOHNSTONE, N.; MÉNIÈRE, Y. Invention and transfer of climate change-mitigation technologies: a global analysis. *Review of Environmental Economics and Policy*, v. 5, n. 1, p. 109-130, 2011.

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

EPO. European Patent Office. Data Catalog. *EPO worldwide patent statistical database*. Apr. 2013.

NELSON, R. R. *National systems of innovation: a comparative study*. Columbia University: Oxford University Press, 1993.

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

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

FREEMAN, C. Continental, national and sub-national innovation systems – complementarity and economic growth. *Research Policy*, v. 31, n. 2, p. 191-211, 2002.

FURMAN, J. L., PORTER, M. E., STERN, S. The determinants of national innovative capacity. *Research Policy*, v. 31, p. 899-933, 2002.

HAIR, J. G.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. *Multivariate data analysis*. 5th. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1995.

HAŠČIČ, I.; JOHNSTONE, N.; WATSON, F.; KAMINKER, C. Climate policy and technological innovation and transfer: an overview of trends and recent empirical results. *OECD Environment Working Paper*. Paris: OECD Publishing, 2010, n. 30.

INPI. *Manual para o depositante de patentes*. Diretoria de Patentes – DIRPA: abr. 2015.

JAFFE, A.B.; PALMER, K. Environmental regulation and innovation: a panel data study. *Review of Economics and Statistics*, v. 79, n. 4, p. 610-619, 1997.

JENNRICH, R. I. An asymptotic chi² test for the equality of two correlation matrices. *Journal of the American Statistical Association*, v. 65, n. 330, p. 904-912, 1970.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. *Applied multivariate statistical analysis*. 6th ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2007.

KESIDOU, E.; DEMIREL, P. On the drivers of eco-innovations: empirical evidence from the UK. *Research Policy*, v. 41, n. 5, p. 862-870, 2012.

LANJOUW, J. O.; MODY, A. Innovation and the international diffusion of environmentally responsive technology. *Research Policy*, v. 25, p. 549-571, 1996.

LONGEST, K. C.; VAISEY, S. Fuzzy: a program for performing qualitative comparative analyses (QCA) in Stata. *The Stata Journal*. v. 8, n. 1, p. 79-104, 2008.

LUCCHESI, A. *Environmental innovations: evidence from Brazilian manufacturing firms*. 2013. Tese (Doutorado em Economia das Instituições e do Desenvolvimento) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

LUNDVALL, B-A. *National systems of innovation: towards a theory of innovation and interactive learning*. 2nd ed. London: Pinter Publishers. 1995.

MEI. Measuring eco-innovation. *Final Report*. European Project (FP6-2005-SSP-5A), 2008.

MME. Ministério de Minas e Energia. *Resenha energética brasileira*. 2013. Disponível em: [http://www.mme.gov.br/documents/10584/3597128/01+-+Resenha+Energ%C3%A9tica+Brasileira+2014+-+Ano+Base+2013+\(PDF\)/a54f22a2-e5bd-46af-8a28949934244cb2;jsessionid=EA174D8159C21B7C94B25A59F05C52EC.srv155?version=1.4](http://www.mme.gov.br/documents/10584/3597128/01+-+Resenha+Energ%C3%A9tica+Brasileira+2014+-+Ano+Base+2013+(PDF)/a54f22a2-e5bd-46af-8a28949934244cb2;jsessionid=EA174D8159C21B7C94B25A59F05C52EC.srv155?version=1.4). Acesso em: 04 abr. 2016.

MME. Ministério de Minas e Energia. *Resenha energética brasileira*. 2014. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/1138787/1732840/Resenha+Energ%C3%A9tica+-+Brasil+2015.pdf/4e6b9a34-6b2e-48fa-9ef8-dc7008470bf2>. Acesso em: 04 abr. 2016.

MOWERY, D. C.; NELSON, R. R.; MARTIN, B. R. Technology policy and global warning: why new policy models are needed (or why putting new wine in old bottles won't work). *Research Policy*. v. 39, n. 8, p. 1011-1023, 2010.

MINGOTI, S. A. *Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada*. 1. ed. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2007.

OECD. Organisation for economic co-operation and development. Guidelines for collecting and interpreting innovation data. 3rd. ed. *Oslo Manual*, 2005.

OECD. The OECD set of green growth indicators. *Green growth indicators*. OECD Publishing, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264202030-11-en>. Acesso em: 13 dez. 2015.

OLTRA, V. Environmental innovation and industrial dynamics: the contributions of evolutionary economics. *Working Papers of GRETHA*, n. 2008-28, 2008.

QUEIROZ, J. M., PODCAMENI, M. G. B. Estratégia inovativa das firmas brasileiras: convergência ou divergência com as questões ambientais? *Revista Brasileira de Inovação*. v.

13, n. 1, p. 187-224, 2014.

RENNINGS, K. Redefining innovation – eco-innovation research and the contribution from ecological economics. *Ecological Economics*, v. 32, n. 2, p. 319-332, 2000.

RENNINGS, K.; ZIEGLER, A.; ANKELE, K.; HOFFMANN, E. The influence of different characteristics of the EU environmental management and auditing scheme on technical environmental innovations and economic performance. *Ecological Economics*, v. 7, n. 1, p. 45-59. 2006.

ROHRICH, S. S.; PEREIRA, N. M. Trajetórias tecnológicas e perspectivas para o setor energético: considerações a respeito dos obstáculos e oportunidades para a economia do hidrogênio. In: ARRUDA, C.; CARVALHO, F. *Inovações ambientais: políticas públicas, tecnologias e oportunidades de negócios*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014, cap. 2, p. 37- 66.

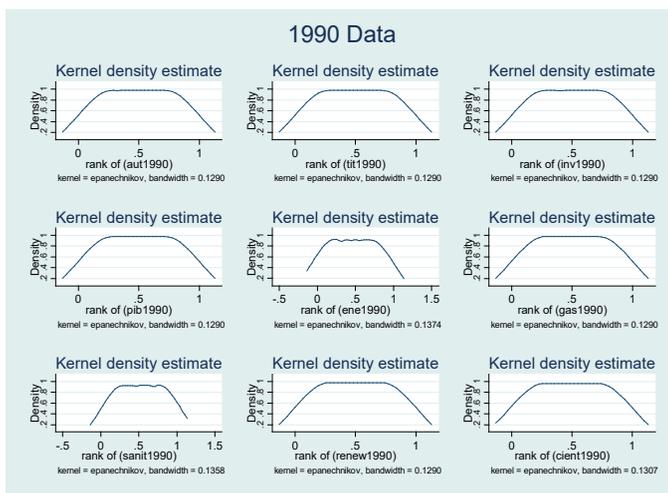
SADORSKY, P. Renewable energy consumption and income in emerging economies. *Energy Policy*. v. 37, n. 10, p. 4021-4028, 2009.

TGCII. *The global cleantech innovation index*. Nurturing tomorrow's transformative entrepreneurs. Cleantech Group and WWF, 2014.

VAN DER BERGH, J. *Handbook of environmental and resource economics*. Cheltenham and Northampton: Edward Elgar, 1999.

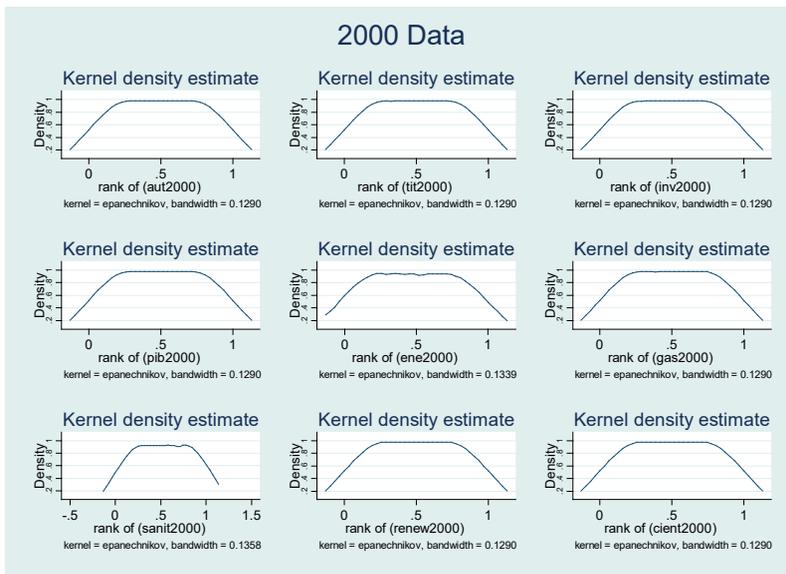
Apêndice A – Gráficos para a Verificação da não Normalidade das Variáveis Fuzzy anos 1990, 2000 e 2010)

Figura 2 – Gráficos para a verificação da não normalidade das variáveis fuzzy (ano 1990)



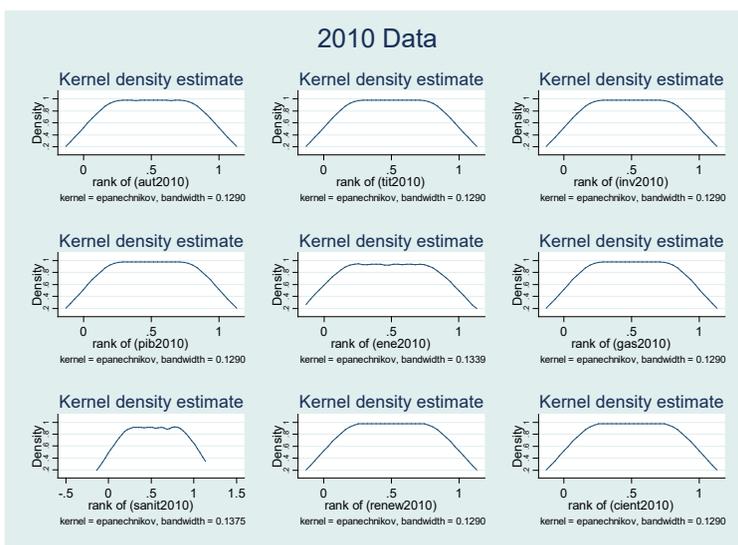
Fonte: Elaboração própria a partir do software Stata 11.0.

Figura 3 – Gráficos para a verificação da não normalidade das variáveis *fuzzy* (ano 2000)



Fonte: Elaboração própria a partir do *software* Stata 11.0.

Figura 4 – Gráficos para a verificação da não normalidade das variáveis *fuzzy* (ano 2010)



Fonte: Elaboração própria a partir do *software* Stata 11.0.

Apêndice B – Matrizes de Correlação para as Variáveis *Fuzzy* (anos 1990, 2000 e 2010)

Quadro 3 – Matriz de correlação para as variáveis *fuzzy* (1990)

Variáveis	A	T	I	P	E	G	S	R	C
A	1								
T	0.7330	1							
I	0.7199	0.9896	1						
P	0.3582	0.4844	0.4397	1					
E	0.3482	0.4460	0.4444	0.1577	1				
G	0.3204	0.3284	0.3242	0.1784	0.0053	1			
S	0.4906	0.5080	0.4980	0.3142	0.3963	0.5101	1		
R	0.2663	0.0341	0.0192	0.1629	0.4737	-0.2689	-0.0345	1	
C	0.7389	0.7969	0.7990	0.4710	0.4088	0.3112	0.5179	0.0958	1

Fonte: Elaboração própria a partir do *software* Stata 11.0.

Quadro 4 – Matriz de correlação para as variáveis *fuzzy* (ano 2000)

Variáveis	A	T	I	P	E	G	S	R	C
A	1								
T	0.7271	1							
I	0.7152	0.9860	1						
P	0.0561	0.3932	0.4077	1					
E	0.3027	0.4268	0.4334	0.0884	1				
G	0.3166	0.4474	0.4483	0.1803	0.0061	1			
S	0.4896	0.6165	0.5978	0.2811	0.3121	0.5582	1		
R	0.1713	0.0242	-0.0080	0.0448	0.4536	-0.3331	-0.0434	1	
C	0.7454	0.8386	0.8568	0.2705	0.3943	0.2671	0.4566	0.1400	1

Fonte: Elaboração própria a partir do *software* Stata 11.0.

Quadro 5 – Matriz de correlação para as variáveis *fuzzy* (ano 2010)

Variáveis	A	T	I	P	E	G	S	R	C
A	1								
T	0.8343	1							
I	0.8202	0.9692	1						

Continua...

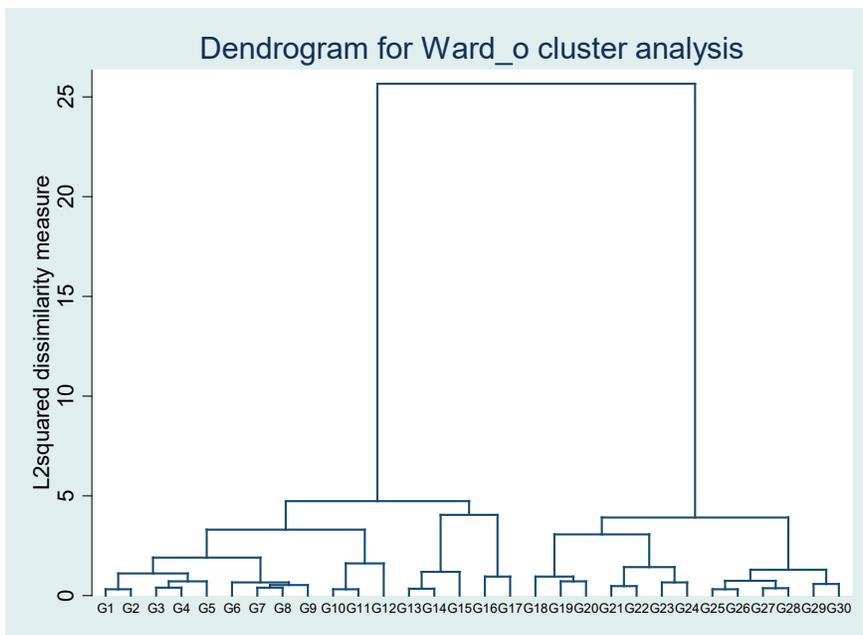
Conclusão.

Variáveis	A	T	I	P	E	G	S	R	C
P	0.2234	0.5023	0.3919	1					
E	0.2823	0.3493	0.3024	0.2080	1				
G	0.3131	0.4507	0.4235	0.5439	0.0970	1			
S	0.3155	0.5257	0.5021	0.6593	0.2725	0.3684	1		
R	0.1977	0.1677	0.0929	0.2460	0.5382	-0.1614	-0.0208	1	
C	0.7871	0.9030	0.9225	0.2861	0.3134	0.2604	0.4261	0.1957	1

Fonte: Elaboração própria a partir do *software* Stata 11.0.

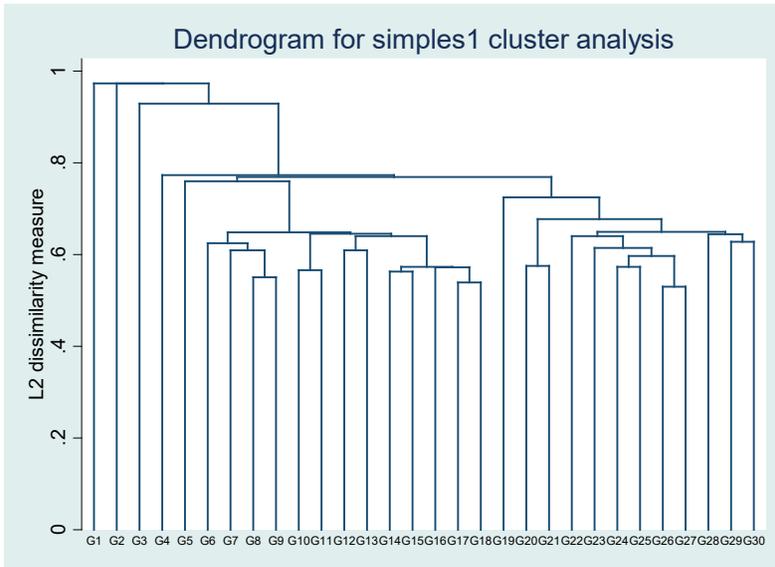
Apêndice C – Análise dos Dendogramas para os Métodos Hierárquicos de Ward (ano 1990)

Figura 5 – Dendograma para o método hierárquico Ward



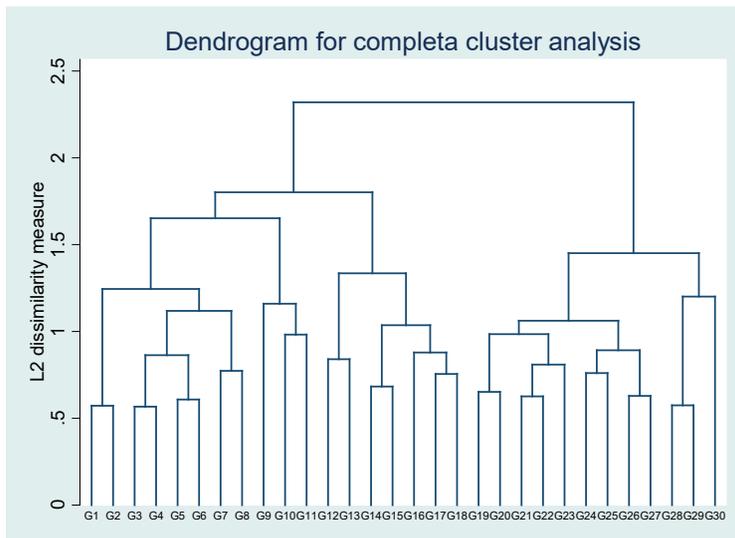
Fonte: Elaboração própria a partir do *software* Stata 11.0.

Figura 6 – Dendrograma para o método hierárquico *single linkage*



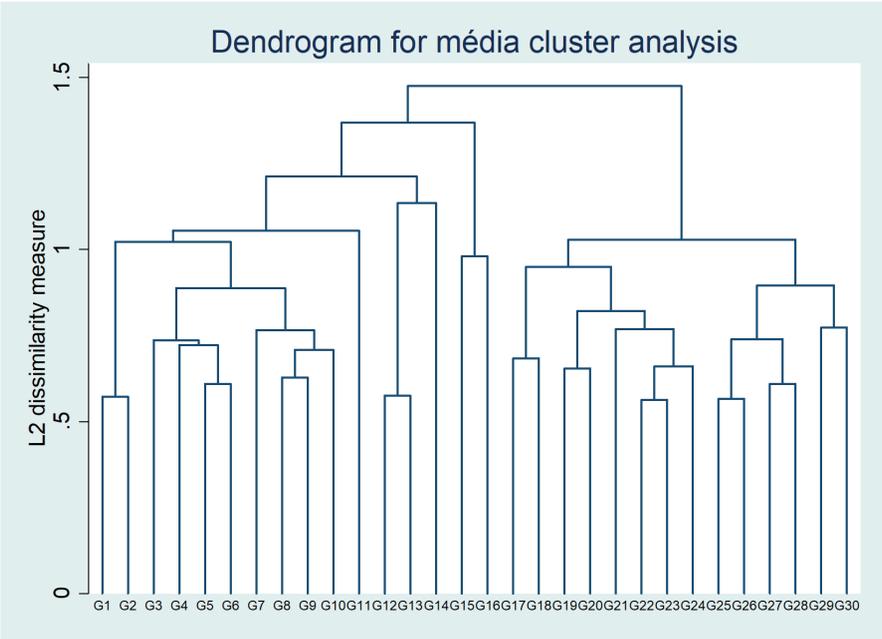
Fonte: Elaboração própria a partir do *software* Stata 11.0.

Figura 7 – Dendrograma para o método hierárquico *complete linkage*



Fonte: Elaboração própria a partir do *software* Stata 11.0.

Figura 8 – Dendrograma para o método hierárquico *average linkage*



Fonte: Elaboração própria a partir do software Stata 11.0.

Apêndice D – Resultados dos Agrupamentos pelos Métodos Hierárquicos (ano 1990)

Tabela 12 – Resultados por tipo de métodos hierárquicos

Número de grupos	Métodos hierárquicos											
	Método de Ward			Método single linkage			Método complete linkage			Método average linkage		
	Pseudo F	Je(2)/Je(1)	Pseudo T ²	Pseudo F	Je(2)/Je(1)	Pseudo T ²	Pseudo F	Je(2)/Je(1)	Pseudo T ²	Pseudo F	Je(2)/Je(1)	Pseudo T ²
1	N. d.	0.6049	24.82	N. d.	0.9679	1.26	N. d.	0.6422	21.17	N. d.	0.6049	24.82
2	24.82	0.7963	4.86	1.26	0.9609	1.50	21.17	0.7799	6.21	24.82	0.8093	4.48
3	16.27	0.4244	8.14	1.39	0.9386	2.35	15.44	0.6168	5.59	15.97	0.7652	5.22
4	13.55	0.7562	5.48	1.75	0.9807	0.69	13.80	0.7115	5.68	13.41	0.1704	4.87
5	12.62	0.7113	4.47	1.47	0.5489	27.95	12.74	0.6314	6.42	10.81	0.8702	2.09
6	12.17	0.6514	5.89	7.67	0.8972	1.83	12.24	0.6177	3.71	9.24	0.7562	5.48
7	12.17	0.6910	3.58	6.82	0.8816	2.15	11.57	0.1704	4.87	9.62	0.7527	4.27
8	11.65	0.1704	4.87	6.37	0.7605	4.72	10.80	0.3993	1.50	9.50	0.0000	N. d.
9	11.21	0.5650	3.85	6.69	0.8459	2.37	10.21	0.6122	2.53	8.62	0.6314	6.42
10	10.87	0.6122	2.53	6.39	0.8902	1.85	9.74	0.6930	4.87	9.48	0.6122	2.53
11	10.61	0.4033	5.92	6.16	0.7953	2.83	10.26	0.6489	3.25	9.17	0.6930	4.87
12	10.44	0.5802	2.89	6.29	0.3688	1.71	10.27	0.5874	4.92	9.84	0.6489	3.25
13	10.34	0.0000	N. d.	5.86	0.7912	2.37	10.50	0.0000	N. d.	9.99	0.0000	N. d.
14	10.21	0.6045	2.62	5.92	0.8664	1.54	10.38	0.6082	1.29	9.46	0.6006	1.99
15	10.18	0.4765	2.20	5.75	0.0000	N. d.	9.96	0.6006	1.99	9.15	0.5874	1.40

Fonte: Elaboração própria a partir do software Stata 11.0.

Autor correspondente:

Rosa Livia Gonçalves Montenegro

E-mail: rosa.livia@ufjf.br

Recebido em: 26/04/2019.

Aceito em: 11/08/2021.



Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Creative Commons Attribution CC-BY 4.0, que permite uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que o trabalho original seja devidamente citado.