

# COMENTÁRIO BIBLIOGRÁFICO

**Blackman, Jr. A. Wade, Edward J. Seligman e Gene C. Sogliero, "An Innovation Index Based on Factor Analysis", *Technological Forecasting and Social Change* 4, 301-316 (1973)**

## Um Índice de Inovação com Base em Análise Fatorial

CLÉA SARMENTO GARBAYO

O processo de difusão de inovações constitui um tema profícuo para estudos, de amplo interesse interdisciplinar. As condições sócio-econômicas que possibilitam o processo, ou sua expressão espacial representam um desafio àqueles que desejam captar as inúmeras dimensões do problema. Com respeito ao setor industrial, surgem inúmeras questões, dentre elas averiguar quais os setores capazes de introduzir inovações tecnológicas. Persiste a interrogante de como classificar setores industriais segundo seu potencial inovador, de como saber quais os setores "modernos" ou "dinâmicos" ou "tradicionais". É neste sentido que o estudo empreendido por Blackman, Seligman e Sogliero mostrou-se oportuno, em sua proposição de apresentar um índice sintético de inovação industrial.

A aplicação da técnica de análise fatorial para a construção de um índice de inovação no setor industrial visou a obtenção de uma boa unidade de medida, capaz de expressar as condições socioeconômicas existentes e mensurar o ritmo do progresso alcançado. Blackman, Seligman e Sogliero consideram essencial, para o progresso científico, o desenvolvimento de boas unidades de medida, e que a utilização de indicadores estatísticos prende-se, em geral, ao fato de estarem os dados disponíveis ou, ainda, por servirem para apoiar ou negar uma hipótese, mas que se dedica pouca atenção à aplicabilidade e aos pesos relativos dados às diversas medidas estatísticas utilizadas.

A tentativa de suprir a ausência de instrumentos de medida adequados para a verificação das condições existentes e o grau de desenvolvimento, resultou no esforço de desenvolver sistema para mensurar o grau do progresso social. Por isso, alguns estudiosos procuraram construir indicadores sociais e de qualidade de vida, a fim de verificar o alcance do progresso nos vários campos da vida social.

No entanto, no que diz respeito a medidas de inovação nos setores industriais da economia, pouco se fez. Consideram os autores requisito necessário para o progresso econômico contínuo, uma base industrial sólida, mas que a manutenção da posição forte depende do desenvolvimento e da exploração das inovações no mercado. Observam que, embora os benefícios totais da inovação tecnológica excedam seus custos, em geral a inovação provoca custos sociais, na forma de deslocamento da mão-de-obra, necessitando renovar seu treinamento, a mudança provocando inúmeras conseqüências. Por essa razão, sugerem a criação de um índice que mostrasse, periodicamente, o estado inovador da economia industrial, pois o que foi feito no passado deverá influenciar as condições futuras das áreas mais importantes situadas no âmbito econômico e social. Portanto, o objetivo dos autores é desenvolver um índice que forneça uma indicação das características inovadoras de vários setores industriais, destinado a mensurá-las com base em uma medida única. Esta seria obtida pela agregação de estatísticas relacionadas ao processo de inovação, numa estatística sumária significativa, cabendo então o uso da técnica de análise fatorial.

A metodologia utilizada para captar as diferenças nas características inovadoras na indústria foi calcada em três passos principais: seleção das unidades de análise (no caso, os 16 setores industriais considerados); coleta de um conjunto de dados estatísticos, e agregação das estatísticas básicas que possibilitassem a criação de uma estatística sumária.

Para a seleção dos setores industriais para a construção de um indicador de inovação fez-se necessário o preenchimento de certos requisitos: os dados seriam coletados num conjunto de variáveis que teriam, conceitualmente, uma relação causal com a taxa de inovação de vários setores industriais; deveriam ser consistentes internamente, num dado período de tempo, para um conjunto de setores industriais; e, finalmente, os dados deveriam ser historicamente consistentes, cobrindo pelo menos uma década. Os autores levantaram as fontes de informação disponíveis e consideraram adequado o estudo anual feito pelo Departamento de Economia da McGraw-Hill Co., relativo a despesas com pesquisa e desenvolvimento (P/D), bem como outras fontes adicionais.

O uso de análise fatorial possibilitou agregar os dados numa única estatística, que resultou no *índice de inovação* desenvolvido a partir dos escores fatoriais do primeiro fator, que explicava suficientemente a variância total dos dados.

As variáveis que hipoteticamente refletiam as características de inovação dos setores industriais selecionados teriam que ser consideradas com rigor, pois a relevância do indicador-síntese dependeria da relevância das medidas básicas a partir das quais foi construído o índice. Em parte, a disponibilidade dos dados influenciou na seleção das variáveis devido às exigências de consistência, ao longo dos setores industriais num período de tempo suficientemente largo.

O primeiro modelo, para 1970, utilizou seis variáveis: cinco de insumo, uma de produto. As variáveis de insumo foram: despesas totais com P/D, estimadas (1970) e planejadas (1974); parcela das despesas com P/D financiadas pelo governo federal, como parte das despesas totais com P/D, e P/D como percentagem dos gastos de capital (1970). A variável de produto foi a estimativa de vendas de novos produtos como percentagem das vendas de novos produtos em 1974. Mostram

1 Trata-se, aqui, de gastos em programas desenvolvidos especialmente para a inovação tecnológica e o aperfeiçoamento das técnicas disponíveis — independentemente de sua aplicabilidade imediata.

os autores que o baixo coeficiente de correlação entre despesas com P/D, em 1970, e a venda de novos produtos como percentagem das vendas em 1974, indica que a criação de produtos novos no futuro não estaria altamente relacionada com as despesas com P/D. Os resultados apontariam a presença de um grande esforço de P/D para melhorar os produtos existentes, ou a necessidade de aprimorar o produto dos laboratórios de P/D, considerando o número de produtos novos com relação às despesas com P/D.

Os resultados da matriz fatorial mostrou que o primeiro fator explicava a maior parte da variação dos dados (81,3), e que os outros fatores decresciam sucessivamente: os três fatores explicavam 96,5% da variância total. As comunalidades — as singularidades de uma variável — foram altas, indicando que praticamente toda a variação dos dados é explicada pelos três fatores obtidos.

Os escores fatoriais dos setores industriais (os casos analisados), isoladamente, foram elevados ou não, segundo seus valores iniciais. Esses então fornecem medida adequada para a avaliação das características inovadoras de cada ramo industrial. Os resultados obtidos mostraram a seguinte classificação dos setores, em ordem decrescente: aviões e mísseis; maquinaria elétrica e comunicações; automóveis e outros equipamentos de transporte; maquinaria; instrumentos profissionais e científicos; química e produtos similares, produtos de borracha; produtos de petróleo; metais não-ferrosos; metais preparados e peças de artilharia; pedras, cerâmica e vidros; têxteis; papéis e similares; produtos alimentícios e afins, e siderúrgica.

Os autores apresentam estimativas padronizadas de regressão dos escores fatoriais de cada um dos vários setores industriais, transformados em escala. Os setores aviação, maquinaria elétrica e de comunicações e automobilístico e de equipamento de transporte apresentaram os mais altos índices de inovação, enquanto que as indústrias de papel e similares, alimentícia e siderúrgica apresentaram os valores mais baixos.

No entanto, os autores acrescentam que, apesar dos resultados plausíveis, deve-se ressaltar que muitas variáveis importantes no processo de inovação não foram levadas em consideração; a indústria automobilística, especialmente, apresentou dificuldades de definição (a mudança de modelos representava produtos novos), tendendo a superestimar as características inovadoras desse setor. Para contornar tais problemas, Blackman, Seligman e Sogliero acrescentaram ao modelo novas variáveis de produto, que expressassem outras medidas de inovação. As variáveis anteriores foram então acrescentadas as *despesas da firma com P/D*. Quanto ao *financiamento do governo federal em P/D* como percentagem das vendas verificam que esta variável não estava correlacionada com as medidas de crescimento tanto quanto a anterior, isto é, financiamento de P/D por parte da empresa, como percentagem das vendas. Isto tenderia a apontar que grande parte das despesas já realizadas com o financiamento de P/D teve pouco efeito sobre uma série de medidas de crescimento industrial.

O *valor agregado* foi também incluído, como variável que reflete o produto total do setor, bem como as atividades de *aquisição e fusão*, como medida de tecnologia adquirida, e o *Índice Federal de Reserva*, acrescentado pelos autores como medida de aumento de produtividade. Em resumo, o modelo revisado, agora com oito variáveis, continha três medidas de produto e cinco de insumo. Os resultados mostraram outra vez a baixa correlação entre as despesas totais com P/D e venda de novos produtos, e uma alta correlação entre o total de gastos com P/D e o aumento da produtividade. Pareceu, também, haver pouca relação

*Variação temporal dos valores do índice de inovação para vários setores industriais*

SETORES INDUSTRIAIS	ÍNDICES DE INOVAÇÃO			
	Modelo com 6 Variáveis 1970	Modelo com 4 Variáveis 1970	Modelo com 4 Variáveis 1963	Modelo com 4 Variáveis 1960
Aviões e mísseis	3,00	3,56	2,70	2,11
Maquinaria elétrica e de comunicações	1,42	2,19	1,39	0,45
Automóveis e outros equipamentos de transportes	0,72	0,31	0,05	0,00
Maquinaria	0,22	0,49	0,20	— 0,19
Instrumentos profissionais e científicos	0,09	— 0,20	—	—
Produtos químicos e similares	— 0,06	0,57	0,16	— 0,16
Produtos de borracha	— 0,35	— 0,51	— 0,60	— 0,62
Produtos de petróleo	— 0,44	— 0,19	— 0,41	— 0,41
Metais não-ferrosos	— 0,54	— 0,61	—	—
Metais preparados e produtos de artilharia	— 0,59	— 0,56	— 0,59	—
Pedra, cerâmica e vidros	— 0,67	— 0,55	— 0,63	— 0,63
Produtos têxteis e similares	— 0,69	— 0,65	— 0,66	— 0,66
Papéis e produtos similares	— 0,69	— 0,59	— 0,62	— 0,64
Produtos alimentícios e afins	— 0,70	— 0,54	— 0,60	— 0,62
Aço	— 0,73	0,57	—	—
Metais primários	—	—	— 0,57	— 0,59

entre o total de gastos com P/D e o valor agregado ou atividades de aquisição e fusão. Comparando os resultados dos dois modelos, os autores verificaram ligeiras mudanças na ordenação decrescente dos setores industriais, observando que a indústria química deslocou-se do sexto para o oitavo lugar, considerando este último modelo melhor, por ser mais extensivo.

Os autores contornam o problema de verificar a variação do índice através do tempo para observar tendências significativas do índice de inovação dos setores, reduzindo o número de variáveis, agora quatro: despesas com P/D reais e planejadas, gastos com P/D como porcentagem das despesas de capital, e estimativas de produtos novos como porcentagem das vendas esperadas para os anos de 1960, 1963 e 1970. Tais variáveis satisfaziam os requisitos de consistência dos dados. Foi, então, aplicada uma análise fatorial adequada a um número reduzido de variáveis para esses três anos. Os resultados mostraram a mesma ordem geral de características inovadoras dos vários setores industriais, com poucas exceções.

O quadro a seguir ilustra os resultados obtidos.

É também apresentado um modelo no qual está inserida a taxa de criação de mercados novos quando as inovações tecnológicas são substituídas por produtos antigos. As diferenças interindustriais na dinâmica do desenvolvimento dos mercados, criadas pela substituição de produtos novos por produtos antigos, estavam correlacionadas com os valores relativos do índice de inovação. Esta correlação, então, possibilita projetar a taxa de substituição do mercado, porém apenas quando as características econômicas dos produtos novos podem ser estimadas.

Concluem que as técnicas de análise fatorial são úteis para construir um índice de inovação, através do qual as características inovadoras relativas de vários setores industriais podem ser comparadas. Por outro lado, apontam a existência de uma variação considerável nas características dos setores industriais da economia, que parecem mudar temporalmente.

Os autores chamam a atenção de que o exemplo de utilização da técnica de análise fatorial para a construção de índice de inovação tem suas limitações, impostas pela restrição dos dados disponíveis, insuficientes para descrever o processo de inovação e de mudança através do tempo. Ainda assim, sugerem a extensão do modelo a nível internacional. No entanto, a discussão inicial — a preocupação de mensurar o progresso científico relacionado aos aspectos socioeconômicos — não voltou a ser retomada no decorrer do trabalho, detendo-se os autores nos aspectos econômicos do problema.

Com relação ao uso da técnica de análise fatorial, esta, até aqui, tem se destinado à definição de estruturas socioeconômicas em suas dimensões espaciais. A relevância do estudo ora apresentado está em mostrar os passos e requisitos da mesma técnica para a construção de um indicador-síntese, a partir de um modelo teórico cujas variáveis estavam causalmente relacionadas. A concentração dos escores fatoriais no primeiro fator permitiu, então, a construção de um índice de inovação, simples e consistente.

A ressalva relativa à disponibilidade de informações confiáveis permanece, embora não impeça — à guisa de sugestão — que seja construído um outro modelo teórico, comportando variáveis factíveis e representativas, para a obtenção de um indicador solidamente elaborado.