

# **Indicadores de ciência e tecnologia através da medição em pesquisa e desenvolvimento**

Kazuo Hatakeyama, (PhD)

Programa de Pós-Graduação em Tecnologia - PPGTE  
Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná -CEFET- Curitiba- PR

Claudemir Gonçalves Liberal (Mestre)

Programa de Pós-Graduação em Tecnologia - PPGTE  
Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná -CEFET-Curitiba- PR

## Resumo

Este estudo visa contribuir o entendimento das relações de dependência e motricidade existentes entre os indicadores de C&T disponíveis para o Estado do Paraná subsidiará elaboração de planejamentos e políticas econômicas por meio da identificação e discussão das relações entre os principais indicadores utilizados. Nesse sentido, o objetivo geral foi o de sistematizar e discutir os principais indicadores utilizados nas análises de C&T paranaenses. Para atender ao objetivo geral, demonstrou-se a importância dos indicadores de C&T mediante uma revisão bibliográfica visando colher subsídios para entender os conceitos, o histórico e a evolução da forma de coleta e análise dos indicadores. Os resultados obtidos apontam para uma forte vinculação da motricidade aos indicadores, número de pesquisadores e volume de recursos alocados para P&D. Outra contribuição desta análise é apresentar o grau e o caráter de complexidade que todas as variáveis assumem nesse sistema e, em especial, as variáveis pertencentes aos dois grupos mencionados.

**Palavras-chave:** indicadores tecnológicos, indicadores e matriz, indicadores de C&T.

## Abstract

This study aims to contribute the understanding on the dependence relations and existing driver among S&T indicators available in the State of Parana will also subsidize the planning and economic policy by means of identification and discussion over relations among main indicators utilized. In this context, the general objective was to systematize and discuss on main indicators utilized to analyze S&T. To attain the general objective, it has shown the importance of indicators of S&T through the survey on references aiming to gather subsidies to understand concepts, the history and the evolution of the data collection forms, and indicators analysis. Results obtained pointed out to a strong tie of the driver to the indicators number of researchers and the amount of financial resources allocated for R&D. Other contribution of this analysis is to present the degree and the feature of complexity that all variables take up in this system, mainly the variables belonging to the two groups mentioned.

**Key words:** technology indicators, matrix and indicators, S&T indicators.

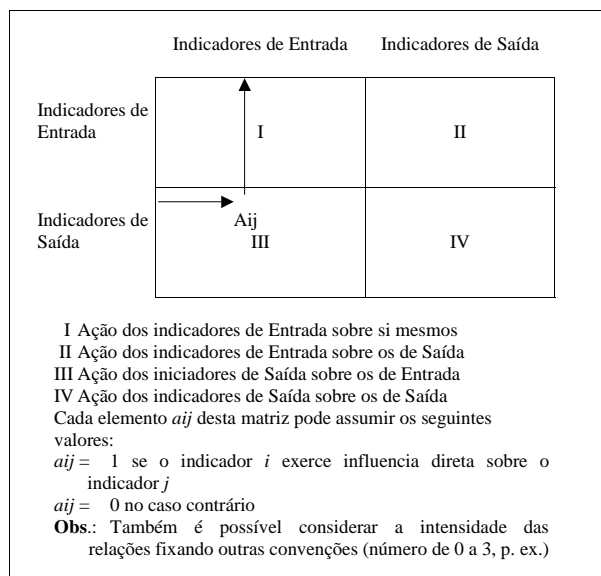
## Aplicação da análise estrutural

Adotando-se o Roteiro de Aplicação da Análise Estrutural proposto por Renato Dagnino (2002, p.97), a concepção de um modelo para um sistema se dá sobre os conjuntos de suas variáveis exógenas e endógenas selecionadas. Para o caso do presente estudo foram adaptadas as variáveis citadas pelos indicadores de entrada e de saída, respectivamente. Segundo o roteiro adotado, a identificação dessas variáveis se dá com o levantamento e análise das principais características e pelo ambiente no qual os sistemas estão inseridos, “tendo em vista não apenas descrever e explicar o sistema, mas sim, identificar seu potencial de impacto sobre a trajetória futura do sistema”

Uma vez identificadas as variáveis, no caso os indicadores analisados, passou-se a organizar uma matriz quadrada, conforme ilustrado na figura 1, – ou um quadro de dupla entrada – com os indicadores de entrada e saída na primeira linha e também na primeira coluna, ou seja, a matriz terá as mesmas

variáveis tanto na primeira coluna como na primeira linha. As demais células da matriz de Análise Estrutural, as que representam a interseção das linhas e colunas, serão preenchidas com um indicador de intensidade da relação entre as variáveis da primeira coluna com as variáveis situadas na primeira linha. Os indicadores de intensidade são atribuídos por especialistas ou por um analista do sistema que se pretende modelar. A atribuição dos valores revela a intensidade

FIGURA 1 – MATRIZ DE ANÁLISE ESTRUTURAL



FONTE: Dagnino, *op. cit.*, p.98. (Adaptação dos autores)

das relações entre as variáveis. No caso do presente estudo os valores serão atribuídos pelos autores.

A matriz a ser montada com a atribuição de valores revelará o inter-relacionamento dos indicadores de entrada e de saída de um sistema por meio dos quatro quadrantes em que pode ser dividida. Portanto, ao serem cruzados os indicadores com os demais, onde a relação direta entre dois indicadores não implica necessariamente em causalidade – nem mesmo em relação à direção (do indicador posicionado na primeira linha em relação a outro na coluna e em sentido contrário). Assim a Matriz de Análise Estrutural revela relações de co-linearidade, ou seja, aponta um terceiro indicador atuando sobre os dois primeiros ou ainda relações indiretas em que o primeiro indicador exerce influência sobre o terceiro e este sobre o segundo.

## Identificação e Interpretação das Variáveis

A aplicação da Matriz de Análise Estrutural permite, além de conhecer a influência entre as variáveis (no caso os indicadores), também identificar quais são as variáveis Motrizes e as Dependentes. As variáveis motrizes são aquelas cuja evolução condiciona mais o sistema, enquanto que as dependentes são as mais sensíveis à evolução do sistema. O número e a

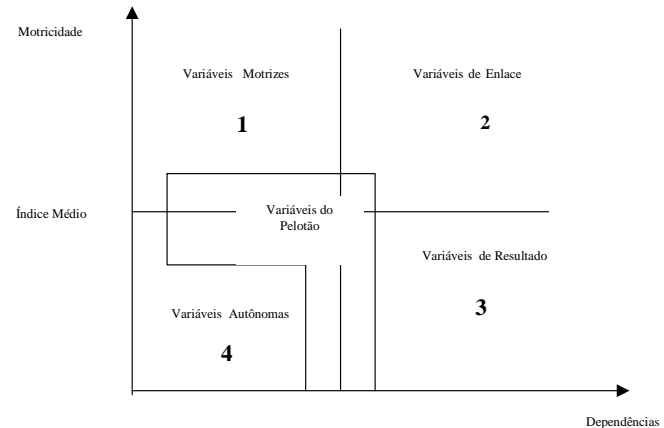
intensidade das relações que uma variável possui com as demais, seja ela motriz ou dependente, é um indicador da conveniência em incorporá-la, de fato, ao modelo do sistema. O cálculo dos graus de motricidade e dependência permite, por um lado, uma redução do universo de características de um sistema a um subconjunto de variáveis explicativas, essenciais para a concepção do modelo. Por outro lado, possibilita a avaliação de sua influência e conseqüente classificação em:

- “autônomas” (pouco motrizes e pouco dependentes)
- “de resultado” (pouco motrizes e muito dependentes)
- “de ligação” (muito motrizes e muito dependentes) ou
- “explicativas” (muito motrizes e pouco dependentes). (Dagnino, 2002, p.99).

O cálculo da somatória das linhas indica a intensidade que o indicador em análise exerce sobre os demais, ou seja, segundo a metodologia utilizada, trata-se do grau de motricidade. Já no caso do somatório da coluna revela o grau de intensidade com que os demais indicadores atuam sobre ele, revelando assim o seu grau de dependência. Uma vez aplicada a matriz e dispostos os seus resultados em forma gráfica obtém-se uma imagem resultante dos efeitos das relações indiretas entre as variáveis. O gráfico é formado por pontos referenciados aos eixos de motricidade no eixo “X” e de dependência

no eixo “Y” através dos valores resultantes das somatórias na linha e na coluna da matriz, conforme ilustrado na figura 2.

FIGURA 2 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA MATRIZ DE ANÁLISE ESTRUTURAL



FONTE: Dagnino, *op. cit.*, p.100. (Adaptação dos autores)

Conforme a figura 2, as variáveis são divididas em cinco setores. As variáveis localizadas em cada um desses setores apresentam as seguintes características:

- Setor 1 (um): Variáveis muito motrizes e pouco dependentes. São as variáveis explicativas, as que condicionam o resto do sistema.
- Setor 2 (dois): Variáveis ao mesmo tempo muito motrizes e muito dependentes. São as variáveis de enlace, de natureza inerentemente instável. Uma ação

sobre uma delas repercutirá sobre as outras e terá um efeito “*boomerang*” sobre ela mesma, que ampliará ou desativará o impulso inicial.

- Setor 3 (três): Variáveis pouco motrizes e muito dependentes. São as variáveis resultantes, cujo comportamento se explica pelas variáveis dos setores 1 e 2.
- Setor 4 (quatro): Variáveis pouco motrizes e pouco dependentes (próximas a origem). Elas podem ser tendências fortes ou fatores relativamente autônomos, mas não são determinantes da trajetória do sistema. Podem, por isso ser excluídas da análise.
- Setor 5 (cinco): Variáveis medianamente motrizes e/ou dependentes. Nada se pode dizer a *priori* destas variáveis do “pelotão”. (Dagnino, 2002, p. 100)

A análise gráfica também proporciona importantes informações acerca da estabilidade do sistema, por exemplo, uma grande concentração de pontos situados no setor 2, variáveis de enlace, sugere um comportamento instável do sistema, uma vez que estas variáveis apresentam características de motricidade e dependência ao mesmo tempo sendo que qualquer ação sobre uma delas repercute sobre o conjunto das demais. Já uma pequena concentração de variáveis nesse setor revela um sistema que tende à estabilidade. No caso de um sistema estável é bastante distinta a separação das variáveis motrizes das dependentes. Outra possibilidade apresentada pela matriz de análise estrutural é o

esclarecimento das características do sistema por intermédio da individualização das variáveis que apresentem alta motricidade e baixa dependência. Essas variáveis merecem um tratamento político específico.

Em função da importância do aspecto tecnológico no desenvolvimento dos países, empresas, instituições de pesquisas, universidades e demais organizações, são muitas as entidades que levantam indicadores de P&D no Brasil, porém com formato e conteúdos diferentes em função do interesse específico da instituição que levanta e analisa o indicador tecnológico. Por exemplo, os indicadores não relacionados a recursos financeiros, como são os casos do IBICT (Instituto Brasileiro de Informações em Ciência e Tecnologia), do MCT (Ministério de Ciência e Tecnologia), com a preocupação na produção científica, da CAPES (Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior do MEC - Ministério da Educação) no campo do Ensino Superior, outro, especificamente no setor produtivo, como do BACEN (Banco Central do Brasil) que trabalha com indicadores a partir do comércio exterior, do INPI (Instituto Nacional de Propriedade Industrial), que dispõe de banco de dados, atualizado dos registros de patentes emitidos, da ANPEI (Associação Nacional de Pesquisa de Empresas Inovadoras) que apura os indicadores de inovação das empresas, da IBGE (Fundação

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) que está levantando dados para a elaboração de indicadores tecnológicos.

Também na esfera estadual e municipal são muitas as iniciativas de organização das informações sobre o potencial tecnológico. As Secretarias de Ciência e Tecnologia, por exemplo, trabalham com uma série estatística dos dados referentes aos dispêndios e recursos destinados ao setor de ciência e tecnologia, além é claro, de atualizar anualmente o banco de dados referentes ao ensino superior estadual. Tendo em vista a delimitação geográfica no Estado do Paraná, para essa pesquisa, foram utilizadas as seguintes instituições:

- a) MCT pelo fato de ser o responsável oficial pela definição da política nacional de C&T e pela organização e a divulgação das informações de C&T do país, de forma centralizada;
- b) ANPEI por ser a instituição mais abrangente e contar com o único banco de dados com informações sistematizadas e seriado sobre o setor produtivo nacional. Além de ser o fornecedor de indicadores de inovação das empresas para o governo federal;
- c) SETI por tratar-se da instituição oficial na formulação e aplicação da política de C&T para o Estado do Paraná, tendo *a priori* a responsabilidade de organizar, analisar e divulgar as informações de C&T, de forma centralizada.

## A matriz de análise estrutural

Apresenta-se nesta seção a aplicação da Matriz de Análise Estrutural a partir da metodologia exposta anteriormente. Convém explicar que a Matriz confronta os indicadores de entrada e de saída do sistema de C&T do Estado do Paraná, assim sendo, a matriz esta subdividida em quatro submatrizes conforme demonstrado na figura 1.

A primeira, no canto superior esquerdo, é o cruzamento entre os indicadores de entrada com eles mesmos. A segunda submatriz do canto superior direito relaciona os indicadores de entrada com os de saída. Na parte inferior da matriz se localiza a terceira submatriz (canto inferior esquerdo) que relaciona os indicadores de saída com os de entrada e finalmente no canto inferior direito os relacionamentos entre indicadores de entrada com os de saída.

Uma vez estabelecida a matriz passa-se ao preenchimento com atribuição de pesos para as relações de causalidade “intensidade ou importância” da seguinte forma:

- Peso 1 (um) para as relações consideradas de causalidade MUITO FORTES ou MÉDIAS;
- Peso 0 (zero) para as muito FRACAS ou INEXISTENTE.

É justamente na atribuição dos pesos que reside a parte mais polêmica e criticada da metodologia proposta, porém os usuários dessa ferramenta argumentam:

- Evidente que estes pesos também têm um forte componente subjetivo que depende da visão de especialistas e técnicos. Estas subjetividades são confrontadas com base em uma intersubjetividade que aumenta o rigor e a validade das relações e pesos conferidos. (Dagnino, 2002 , p. 106)

A matriz é elaborada com os indicadores analisados e que são arrolados na seqüência.

#### **Indicadores de entrada - recursos**

- Recursos aplicados em P&D BR - Pesquisa e Desenvolvimento.
- Recursos aplicados em ACTC BR - Atividades Científicas e Técnicas Correlatas.
- Recursos aplicados em P&D PR - Pesquisa e Desenvolvimento
- Recursos aplicados em ACTC PR - Atividades Científicas e Técnicas Correlatas.

#### **Educação - formação de recursos humanos**

- Relação entre inscritos por vagas ofertadas nos vestibulares das instituições paranaenses.
- Número de alunos por instituições Federais, Estaduais, Municipais e Privadas;

- Número de alunos por professores nas instituições Federais, Estaduais, Municipais e Privadas;
- Número de concluintes no Ensino Médio por instituições Federais, Estaduais, Municipais e Privadas.

#### **Recursos humanos alocados à P&D**

- Número de pesquisadores com curso de graduação, especialização, mestrado e doutorado;
- Número de Grupos de Pesquisa e de Linhas de Pesquisa.

#### **Indicadores de saída**

- Número de Artigos Publicados
- Produção Bibliográfica
- Pedidos de Patentes depositados no INPI
- Publicações indexadas
- Novos produtos

#### **Análise estrutural e seus resultados**

A partir da aplicação da metodologia de Análise Estrutural nos indicadores acima, chega-se a matriz visualizada na próxima página. Nela estão confrontados os indicadores de entrada e de saída que caracterizam o sistema de C&T do Estado do Paraná.

A aplicação e os resultados obtidos mediante a utilização da Matriz de Análise Estrutural, nessa fase do



trabalho proporciona a identificação dos indicadores que são determinantes para a evolução do sistema, válidos, portanto para qualquer exercício ou elaboração de planejamento. Assim, passou-se à análise da matriz de duas maneiras: a primeira os indicadores são agrupados com vistas a ressaltar os aspectos gerais e amplos do confronto dos indicadores. Num segundo momento foram tratados os aspectos pontuais e individuais dos indicadores.

No tocante à Motricidade, a análise direta, pura e simples evidência dois grandes grupos, com motricidade acima da média: Recursos Humanos Alocados à P&D e Recursos Aplicados, porém o alto grau de dependência verificado por esses indicadores faz com que sejam enquadrados como variáveis sensíveis ou de enlace no contexto do sistema. Essas variáveis são de natureza inerentemente instável. Qualquer ação sobre elas repercutirá sobre as demais e também sobre elas mesmas. Tais indicadores devem ser tratados como chaves para o sucesso de qualquer plano de ação e conseqüentemente na formulação de políticas de C&T.

Os resultados acima reforçam a afirmação do Dr. Leopoldo de Méis (2000, p. 2-8) de que a produção de novos conhecimentos e tecnologia se vincula ao número de pesquisadores e ao volume de recursos alocados para C&T. A contribuição da presente análise

é apresentar o grau e o caráter de complexidade que todas as variáveis assumem nesse sistema, e em especial as pertencentes aos dois grupos mencionados acima.

Um ponto a ser ressaltado é a forte motricidade apresentada pelos indicadores pertencentes ao grupo Educação – Formação de Recursos Humanos, especialmente os indicadores que relacionam o número de alunos por professores. Tomando-se por base que a análise matricial busca revelar as relações diretas e indiretas, o resultado apresentado por esse grupo de indicadores é bastante razoável.

Conforme a análise evolutiva dos indicadores apresentada, nos esforços em C&T (grupos de pesquisa) constata-se a maciça presença nas instituições de ensino em detrimento aos institutos de pesquisa e o setor produtivo privado. Essa situação revela que o professor tem a tarefa de pesquisar e dar aula, logo se o pesquisador esta em sala de aula ele não esta pesquisando. É interessante mostrar que a metodologia aplicada revelou, de forma científica, um ponto polêmico e discutido nos ambientes universitários e principalmente nos programas de pós-graduação.

No tocante aos indicadores de resultado, a metodologia de Matriz de Análise Estrutural também comprova o senso comum de que os indicadores de saída são os resultados esperados no sistema. De fato, os cinco indicadores de saída são os indicadores classificados como sendo de

QUADRO 1 – RESULTADO DA ANÁLISE DE MOTICIDADE E DEPENDENCIA DOS INDICADORES ESCOLHIDOS

Nº	INDICADOR	MOTRICIDADE	DEPENDÊNCIA	CLASSIFICAÇÃO
1	Recursos aplicados em P&D BR	15	17	Sensível
2	Recursos aplicados em ACTC BR	15	18	Sensível
3	Recursos aplicados em P&D PR	15	22	Sensível
4	Recursos aplicados em ACTC PR	15	22	Sensível
5	Relação entre Inscritos por vagas ofertadas nos vestibulares das instituições paranaenses.	11	9	Pelotão
6	Número de alunos por instituições Federais	9	9	Pelotão
7	Número de alunos por instituições Estaduais	9	9	Pelotão
8	Número de alunos por instituições Municipais	9	9	Pelotão
9	Número de alunos por instituições Privadas	10	9	Sensível
10	Numero de alunos por professor nas instituições Federais	14	13	Sensível
11	Número de alunos por professor nas instituições Estaduais	14	13	Sensível
12	Número de alunos por professor nas instituições Municipais	14	13	Sensível
13	Número de alunos por professor nas instituições Privadas	14	13	Sensível
14	Número de concluintes no Ensino Médio por instituições Federais	10	1	Pelotão
15	Número de concluintes no Ensino Médio por instituições Estaduais.	10	1	Pelotão
16	Número de concluintes no Ensino Médio por instituições Municipais.	10	1	Pelotão
17	Número de concluintes no Ensino Médio por instituições Privadas	10	1	Pelotão
18	Número de pesquisadores com graduação	19	18	Sensível
19	Número de pesquisadores com especialização	19	14	Sensível
20	Número de pesquisadores com mestrado	19	14	Sensível
21	Número de pesquisadores com doutorado	19	14	Sensível
22	Número de Grupos de Pesquisa	19	14	Sensível
23	Número de Linhas de Pesquisa	19	14	Sensível
24	Número de Artigos Publicados	9	19	Resultado
25	Produção Bibliográfica	9	19	Resultado
26	Pedidos de Patentes depositados no INPI	9	19	Resultado
27	Publicações indexadas	9	19	Resultado
28	Novos produtos	9	19	Resultado

FONTE: Os autores

resultado, reforçando assim a eficiência científica dessa ferramenta analítica em explicar a realidade.

Ainda na análise geral, as variáveis que relacionam números de alunos por instituição e número de concluintes no Ensino Médio influenciam o sistema medianamente, ou seja, esses indicadores estão localizados muito próximos ao índice médio. Segundo Dagnino (2002, p.101) “variáveis medianamente motrizes e/ou dependentes. Nada se pode dizer, *a priori*, destas variáveis de pelotão”. A classificação desses indicadores como de pelotão ressalta uma constatação a respeito do tipo de indicador utilizado, ou seja, a matriz foi composta basicamente de dois tipos de indicadores: os estritamente quantitativos e aqueles que mesclam quantidade com qualidade – qualificação dos pesquisadores, por exemplo – o curioso é observar que os indicadores desse tipo foram os que obtiveram os melhores índices na análise da matriz o que suscita que os indicadores que se mesclam quantidade com qualidade são os mais apropriados para análise e diagnósticos de sistemas de C&T.

## Conclusões e recomendações

Através dos resultados obtidos neste estudo de caráter pontual pode-se concluir que:

- No tocante a recursos *per capita* por pesquisador, o Estado do Paraná apresenta um desempenho muito inferior que a brasileira.
- Indicador funciona como um espelho, porém é necessário saber o que vem atrás para permitir a condução com parâmetros confiáveis para a frente.
- É urgente o debate e a estruturação de um sistema de indicadores de C&T para o Estado do Paraná com o compromisso da organização de coletar e produzir indicadores em consonância com os trabalhos do MCT, que por sua vez, seguem a metodologia e conceitos estabelecidos nos acordos internacionais difundidos via manuais, como por exemplo: Manual Frascati, Oslo, Bogotá, Canberra etc. Com isso, assegura-se a compatibilidade internacional.

## Referências bibliográficas

DAGNINO, R. (2002). *Gestão estratégica da inovação: metodologias para análise e implementação*. Taubaté: Cabral Editora e Livraria Universitária.

GODET, M. *et al.* (1999). Scenarios and strategies. *A tollbox for scenario planning*. *Cahiers du LIPS*. *LIPS Working Papers special issue*. 2<sup>nd</sup> edition, April.

MEIS, L. de. (2000). Exposições centrais. In: *Workshop Ciência, Tecnologia e Inovação: a caminho do futuro*, 1., dez. 2000, Brasília. Ata-Síntese do... Brasília: MCT/Projeto DECTI, pp. 2-8

MORIN, J. (1988). *Des technologies, des marchés et des hommes: pratiques et perspectives do management des ressources technologiques*. Paris: Les Éditions D'Organisation, 349 p.