

# A evolução dos indicadores de CT&I de 1970 a 2022

Jacques Marcovitch<sup>1</sup>, Justin Axel-berg<sup>2</sup>

O Sistema de Ciência, Tecnologia e Inovação da América Latina deve levar em conta as circunstâncias em que são discutidas as suas métricas de desempenho e comparações internacionais. A partir de março de 2020, devido à pandemia de COVID-19, desencadearam-se quatro crises simultâneas: a sanitária, a econômica, a social e a política, acompanhadas por profundas transformações geopolíticas.

Em suas diferentes dimensões (saúde, economia, tecnologia e geopolítica), o futuro global se apresenta como uma Nova Era em Construção. Em alguns países da América Latina, as instituições acadêmicas e sua governança, em complemento, se confrontam com a drástica redução de recursos para pesquisa científica.

Crises simultâneas e o avanço da ciência, da tecnologia e da inovação nas esferas digital (algoritmos), da mecânica (3D) e da biologia (genética) elevam a imprevisibilidade a caminho da nova era. Por isso, o exercício de refletir sobre o futuro exige conhecimentos, habilidades e competências que se diluem no complexo e desafiador cenário global.

A revolução industrial do passado e a revolução digital do presente permitem fazer das transformações uma oportunidade para criar um futuro melhor e oferecer segurança econômica, igualdade de oportunidades e justiça social, além de reforçar o tecido das nossas sociedades.

Para isso, cabe valorizar nos países da América Latina um sistema de inovação que induza às Instituições de pesquisa, agências de fomento e laboratórios de P & D a se repensarem como instituições responsáveis, pelo

---

<sup>1</sup> [Jacques Marcovitch](#) é Professor Sênior da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade (FEA) da Universidade de São Paulo e coordenador do [Projeto Métricas/Fapesp](#).

<sup>2</sup> [Justin Axel-berg](#) é pesquisador em governança universitária e desenvolvimento do ensino superior. Graduado em Filosofia pela University of Sussex. Mestre pelo IRI-USP. Membro do International Triple Helix Society e coordenador de pesquisa do [Projeto Métricas/Fapesp](#).

avanço do conhecimento, pela preparação das novas gerações, pela promoção do bem-estar da sociedade e pela conservação do meio ambiente. Um sistema de inovação que leve em conta as especificidades regionais e os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável 2030, para impulsionar métricas de desempenho acadêmico e indicadores centrados nas expectativas da sociedade, para o aprimoramento da governança. Seu propósito é promover a aproximação com os arranjos produtivos, sociais e culturais locais, as pesquisas aplicadas, o desenvolvimento tecnológico e a transferência de tecnologia.

**Governança** pressupõe uma visão de futuro estruturada num plano plurianual, métricas de insumos, processos, resultados, impactos e valores centrados na sociedade e lideranças dotadas de competências nas esferas tecnológicas e gerenciais.

Além destes componentes para uma estreita sintonia com as expectativas da sociedade, uma das formas de viabilizar as prioridades é a escolha de dirigentes capazes de fortalecer os vínculos entre a instituição e seu entorno.

Quais são os **principais desafios** a serem enfrentados pelas instituições que integram o sistema de CT&I?

O primeiro desafio é **robustecer a sua gestão**, como já definida, com uma visão de futuro materializada num Plano de Desenvolvimento Institucional (PDIs). Um Plano cujos objetivos, metas e indicadores estejam alinhadas com as expectativas da sociedade. Expectativas que dialoguem com os ODS para melhor expressar o significado, os valores e a importância das instituições.

O segundo desafio é **intensificar o diálogo do Sistema de Ciência, Tecnologia e Inovação com a sociedade**. Por isso, a constituição de conselhos consultivos ajuda a atrair lideranças do SCTI para tomar conhecimento e comentar os planos de desenvolvimento institucional. Trata-se de encontros periódicos, coordenados pelos dirigentes da instituição, para contribuir com o processo de planejamento de médio e longo prazos. Os pareceres dos integrantes do conselho consultivo convidados seriam encaminhados aos colegiados que têm a responsabilidade pela deliberação final.

O terceiro desafio é **promover a inclusão social** e a sua inserção no centro da recuperação econômica e do desenvolvimento regional. São estratégias de inclusão social, principalmente no que diz respeito ao uso de tecnologia focada em soluções de forma a priorizar o desenvolvimento das comunidades como parte vital de uma estratégia de longo prazo.

O quarto desafio trata do **repensar a comunicação social** para melhorar a conexão com os diversos setores da sociedade. Por isso, os relatórios de prestação de contas das instituições que compõem o SCST&I devem combinar indicadores gerais que descrevem a sua ampla contribuição e indicadores específicos capazes de tornar visíveis os impactos de projetos individuais.

O quinto desafio é a tarefa de **aprimorar as métricas de insumos, processos, resultados e impactos**. Trata-se de um processo contínuo de aprimoramento da metodologia, para ampliar a gama de dados interoperáveis disseminados via os canais que induzem o aprimoramento do desempenho institucional e as comparações internacionais.

Passamos agora aos diapositivos que abordam os desafios, seu contexto e desdobramentos com as suas métricas.

A maneira como indicadores são construídos, utilizados e disseminados tem implicações importantes sobre a concepção e análise de sistemas de ciência, tecnologia e inovação (Lepori, 2008). Os indicadores disponíveis são, em sua maior parte, determinados pelos processos de coleta de dados para construí-los (Barré, 2010; Rafols, 2021). A teoria molda os sistemas de inovação e, por sua vez, a teoria é formada pelas ferramentas e evidências disponíveis (Hammarfeldt, 2017). Essa relação entre teoria, processos e indicadores é dinâmica, e evolui ao longo do tempo. A partir da observação desses três componentes estudados em três momentos históricos recentes, será analisada a evolução dos indicadores utilizados na América Latina e suas perspectivas futuras.

<b>Período</b>	<b>Teoria</b>	<b>Tecnologia</b>	<b>Indicadores</b>
1960-1980	Sistemas nacionais de inovação.	Censo	Manual Frascati
1980-2000	Instituições como fornecedoras e usuárias de conhecimento.	Bancos de dados de pesquisa e propriedade intelectual.	Indicadores convencionais de pesquisa, índices de citações, rankings, Global innovation index.
2000 -->	Ciência, tecnologia e inovação como um ecossistema complexo.	Bancos de dados complexos interligados, arquitetura de citação aberta.	Indicadores complexos e relacionais.

Um primeiro marco de referência é a publicação do Manual Frascati em 1963 (OECD, 1963), que ofereceu ao mundo um quadro de referência comum para mapear os tipos de pesquisas que estão sendo realizadas, o local em que são desenvolvidas e os recursos humanos dedicados à sua execução. Nessa fase, os indicadores mediram os insumos do sistema. Isso permitiu que os sistemas de ciência e tecnologia crescessem vertiginosamente em termos de infraestrutura e pessoal. Geraram uma narrativa poderosa de investimento que era facilmente mensurável e compreensível pelos formuladores de políticas públicas, porque concebia a ciência e a tecnologia como um setor econômico análogo a áreas mais convencionais. O Manual Frascati vê a inovação como algo acontecendo essencialmente dentro dos sistemas nacionais de ciência e tecnologia e inovação, com agentes permanentes seguindo um plano coordenado de desenvolvimento científico e tecnológico.

Esse paradigma impulsionou o tamanho do sistema, elevou a conscientização e aumentou a demanda por saber o que ele produzia. Isso levou a um segundo momento importante para nossa evolução – o destaque do uso da bibliometria para descrever a vitalidade do sistema e seus resultados. Essa transição começou em todo o mundo nas décadas de 1970 e 1980, e passou a ganhar força na América Latina durante a década de 1990. Uma força decorrente da disponibilidade do índice de citações de periódicos do ISI, o índice Scopus da Elsevier, WIPO, Derwent e outros bancos de dados de propriedade intelectual, que cresceram em disponibilidade, acessibilidade e tamanho no mesmo período.

Nessa fase houve um interesse crescente naquilo que os sistemas de ciência e tecnologia produzem. Outros desenvolvimentos em torno disso incluem a introdução da avaliação formal da pesquisa com base em indicadores quantitativos, e rankings hierarquizantes de instituições, países e indivíduos com base em sua produtividade. Essa fase levou a uma grande expansão na quantidade de pesquisas publicadas por instituições latino-americanas, representando uma mudança significativa em relação aos valores anteriores baseados na taxonomia das infraestruturas.

Esse momento agregou o foco no desempenho dos países ao desempenho das instituições individuais. Também mudou de forma crucial o foco da medição dos insumos (input) dos sistemas de inovação (recursos humanos, recursos financeiros) para os resultados (output). Esse momento é mais bem exemplificado pelo *Global Innovation Index (WIPO, 2022)*, que permite uma compreensão muito mais matizada de como a inovação é produzida em diferentes ambientes. Essa nova acessibilidade à volumosos bancos de dados

permitiu a comparação e avaliação do desempenho de unidades individuais, mas não de suas interações e evolução ao longo do tempo.

A terceira e última etapa desta narrativa ainda está surgindo. Há uma demanda crescente da sociedade, dos tomadores de decisão, e dos próprios cientistas, para que a medição por infraestrutura, ou por produtividade, deixem de mensurar a essência das prioridades para a ciência no século XXI. O anúncio de metas ambiciosas de descarbonização, proteção ambiental e desenvolvimento social, entre muitas outras questões, diante dos desafios urgentes em todos os níveis da vida, significa que o aspecto mais importante a ser medido hoje é a forma como a pesquisa transforma o mundo ao seu redor. Este movimento em direção a indicadores baseados em impacto está focado na interação entre os sistemas científico, as sociedades e o meio ambiente. As ferramentas utilizadas para medir essa interação são mais complexas e variadas do que em qualquer uma das duas etapas anteriores, a primeira centrada em insumos e a segunda em resultados, mas são um desafio necessário centrado nos impactos, a enfrentar nos próximos anos.

A base teórica mais comum para este momento é que ciência e inovação acontecem dentro de um complexo ecossistema de pesquisa, com participação fluida e papéis co-evolutivos entre governo, universidades e indústria. Este momento não prevê que a ciência ocorra dentro de um sistema nacional, como no primeiro período de sistemas nacionais, ou dentro de uma única instituição com insumos, resultados e processos fixos, como no segundo caso. No conceito de Triple Helix, de Henry Etzkowitz e Loet Leydesdorff (2000), a inovação ocorre nos espaços entre as três esferas: universidade, indústria e governo. Exemplos disso incluem o surgimento de grandes empresas de tecnologia não apenas como consumidoras de conhecimento, mas como produtoras significativas de pesquisas acadêmicas em si. Por outro lado, as universidades deixaram de ser apenas as construtoras de conhecimento a ser transferido para a indústria, passando a desenvolver elas próprias a inovação, trabalhando em colaboração com a indústria, com o governo e com a sociedade civil. Parques de tecnologia e incubadoras podem ser vistos como manifestações físicas dessa multiplicidade de papéis. Os pesquisadores podem estar situados, portanto, em várias esferas de atividade em um determinado momento.

Uma nova geração de ferramentas é necessária para enfrentar o desafio de representar esse sistema mais dinâmico e imprevisível. As fontes necessárias para o futuro precisam de duas características principais para serem bem-sucedidas – maior granularidade e maior interoperabilidade (Daraio e

Bonaccorsi, 2017). Granularidade é a capacidade de dividir um fenômeno (seja uma produção, pesquisador ou instituição) em sua menor unidade possível. Onde observamos maior complexidade e ambiguidade, a capacidade de descrever um componente do sistema nos menores detalhes possíveis é fundamental. A segunda característica principal é a interoperabilidade – a capacidade de cruzar informações de referência entre as diferentes esferas institucionais. A importância disso é que pesquisadores e formuladores de políticas podem rastrear o processo de produção de conhecimento e inovação em diferentes atores.

As fontes emergentes que correspondem a essas necessidades incluem o [lens.org](https://lens.org), que não funciona como um banco de dados IP típico da geração anterior, mas é sustentado pela infraestrutura do Open Citation. O lens permite o rastreamento da interação entre citações e patentes, bem como identificar a formação de patentes a partir de suas origens intelectuais. A base de dados RISIS2 na União Europeia fornece um conjunto de 14 datasets interoperáveis com informação sobre pesquisa acadêmica, atividades de inovação das PMEs, inovação corporativa, atividade governamental, P&D, inovação social, bem como financiamento e mobilidade de pesquisadores para a região.

Ferramentas com essa sofisticação oferecem uma grande vantagem competitiva para regiões que buscam entender a maneira como seus ecossistemas de pesquisa e inovação funcionam. Migrando das métricas de insumos para de resultados e mais recentemente de impactos, estas ferramentas formarão uma parte fundamental da infraestrutura de pesquisa no futuro.

A formação dos indicadores de ciência é determinada a partir das competências tecnológicas e das demandas sociais, como aquelas arroladas nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 2030. Com isso, os indicadores desempenham um papel importante na formação dos sistemas de C & T e na maneira como são concebidos. Portanto, se quisermos construir um sistema de ciência e tecnologia capaz de enfrentar os desafios decorrentes, é importante que tenhamos um conjunto de métricas e indicadores para descrever adequadamente as contribuições para o avanço do conhecimento e o enfrentamento dos desafios econômicos, ambientais e sociais.

## Referências

- BARRÉ, R. (2010) Towards socially robust S&T indicators: indicators as debatable devices, enabling collective learning. *Research Evaluation*, 19(3), set. 2010, pages 227–231 DOI: 10.3152/095820210X512069; <http://www.ingentaconnect.com/content/beechn/rev>
- WIPO (2022). World Intellectual Property Organization. The Global Innovation Index 2022: What is the future of innovation-driven growth? Geneva. ISBN: 978-92-805-3433-7 (online) <https://www.globalinnovationindex.org/Home>
- DARAI, C.; BONACCORSI, A. (2017), Beyond university rankings? Generating new indicators on universities by linking data in open platforms. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 68: 508–529. <https://doi.org/10.1002/asi.23679>
- ETZKOWITZ, H; LEYDESDORFF, L. (2000). The dynamics of innovation: from National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of university–industry–government relations *Research Policy*, vol. 29, no.2, fev. 2000, p. 109–123.
- HAMMARFELT, B; DE RIJCKE, S.; WOUTERS, P. (2017). From Eminent Men to Excellent Universities: University Rankings as Calculative Devices. *Minerva* (2017) 55:391–411. DOI: [10.1007/s11024-017-9329-x](https://doi.org/10.1007/s11024-017-9329-x); <https://en.x-mol.com/paper/article/1212919138957991942>
- LEPORI, B; BARRÉ, R; FILLIATREAU, G. (2008). New perspectives and challenges for the design and production of S&T indicators. *Research Evaluation*, 17(1), mar. 2008, p. 33–44 DOI: 10.3152/095820208X291176; <http://www.ingentaconnect.com/content/beechn/reev>
- OECD (1963). PROPOSED STANDARD PRACTICE FOR SURVEYS OF RESEARCH AND DEVELOPMENT. Directorate for Scientific Affairs, 1963.
- RAFOLS, I; STIRLING, A. (2021) Designing indicators for opening up evaluation: insights from research assessment. Dahler-Larsen (ed.). *A Research Agenda for Evaluation*, Elgar Research Agendas.