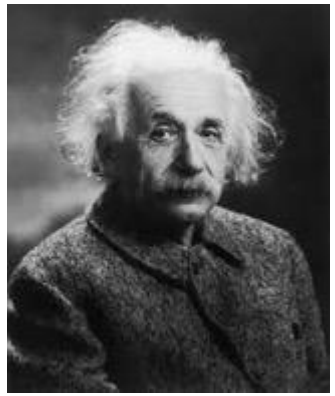
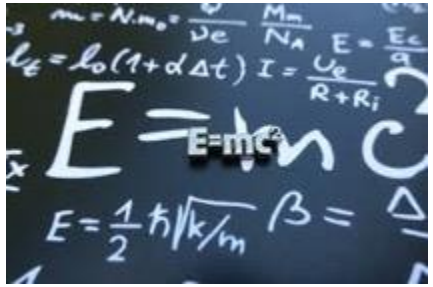
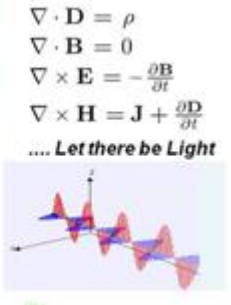
Ciência gera impacto econômico e social

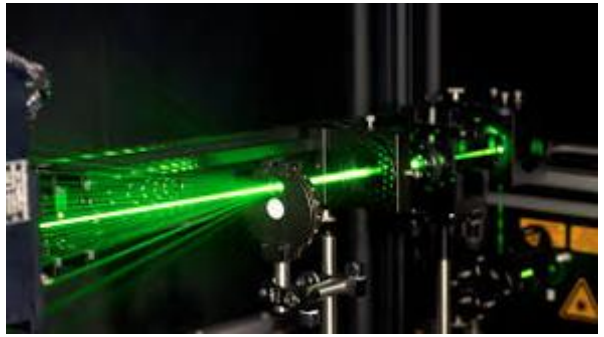




Albert Einstein
Relatividade



J. C. Maxwell
Eletromagnetismo



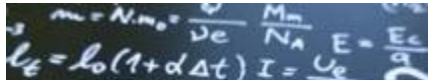
Max Tegmark and John Archibald Wheeler

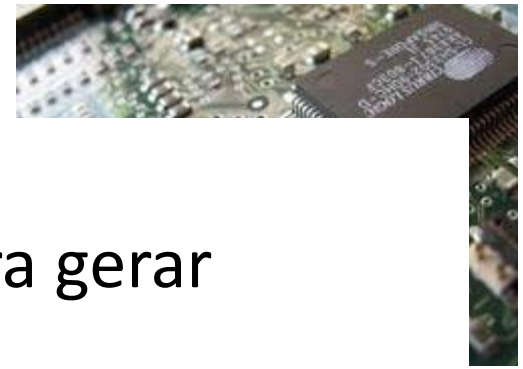
SCIENTIFIC AMERICAN February 2001

today an estimated 30 percent of the U.S. gross national product is based on inventions made possible by quantum mechanics, from semiconductors in computer chips to lasers in compact-disc players, magnetic resonance imaging in hospitals, and much more.

CNPEM
Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais

Ciência gera impacto econômico e social





Mas não é esse o ponto central da discussão hoje:
Investimentos de recursos públicos de maneira sistemática para gerar retornos sociais e econômicos

Mas não devemos esquecer:
Pesquisa fundamental gera novos conhecimentos com impactos não previstos
Permite compreensão do mundo em que vivemos
Essencial para o avanço da nossa sociedade e nossa espécie

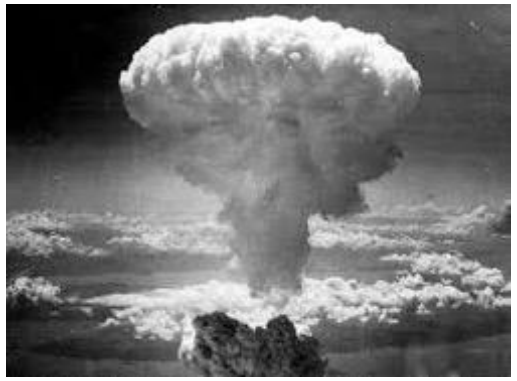
Max Tegmark and John Archibald Wheeler

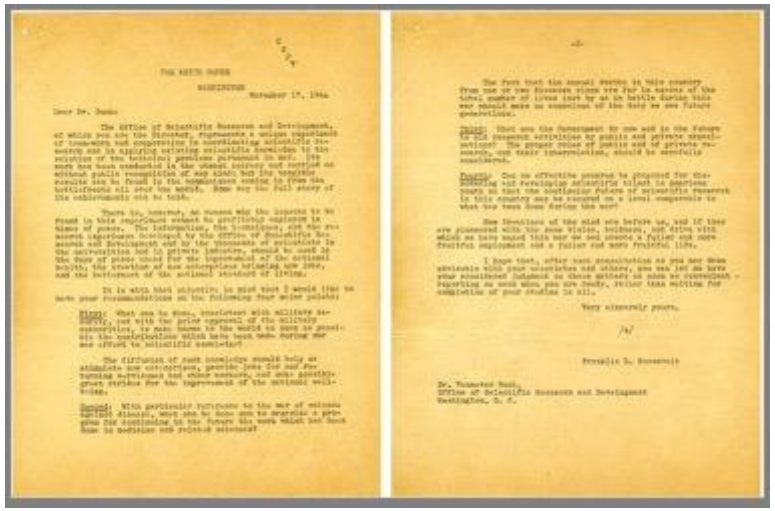
SCIENTIFIC AMERICAN February 2001

today an estimated 30 percent of the U.S. gross national product is based on inventions made possible by quantum mechanics, from semiconductors in computer chips to lasers in compact-disc players, magnetic resonance imaging in hospitals, and much more.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
PÁTRIA AMADA BRASIL GOVERNO FEDERAL

Mudança de Paradigma Após Segunda Guerra Mundial



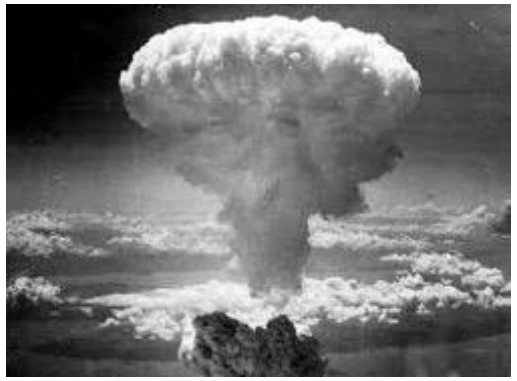


17 de novembro de 1944

Carta de F. D. Roosevelt para Vannevar Bush (Diretor do OSRD)

CNPEM
Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais

CARTA DO PRESIDENTE ROOSEVELT
CASA BRANCA
Washington, D.C.
17 de novembro de 1944
Caro Doutor Bush,



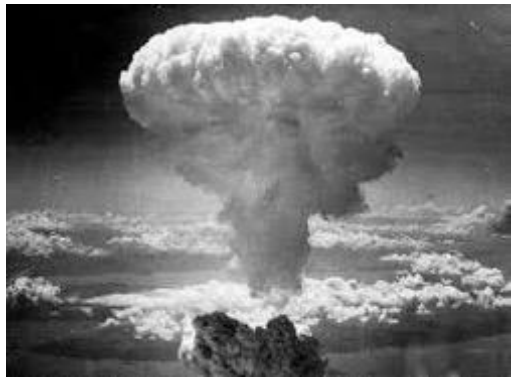
Primeiro: O que pode ser feito, respeitada a segurança militar e com a aprovação prévia das autoridades militares, para anunciar ao mundo, tão logo seja possível, as contribuições ao conhecimento científico feitas durante nosso esforço de guerra? A difusão desse conhecimento deve nos ajudar a estimular novos empreendimentos, a proporcionar empregos – para nossos soldados que regressam e para outros trabalhadores, e tornar possível grandes avanços para a melhora do bem-estar nacional.

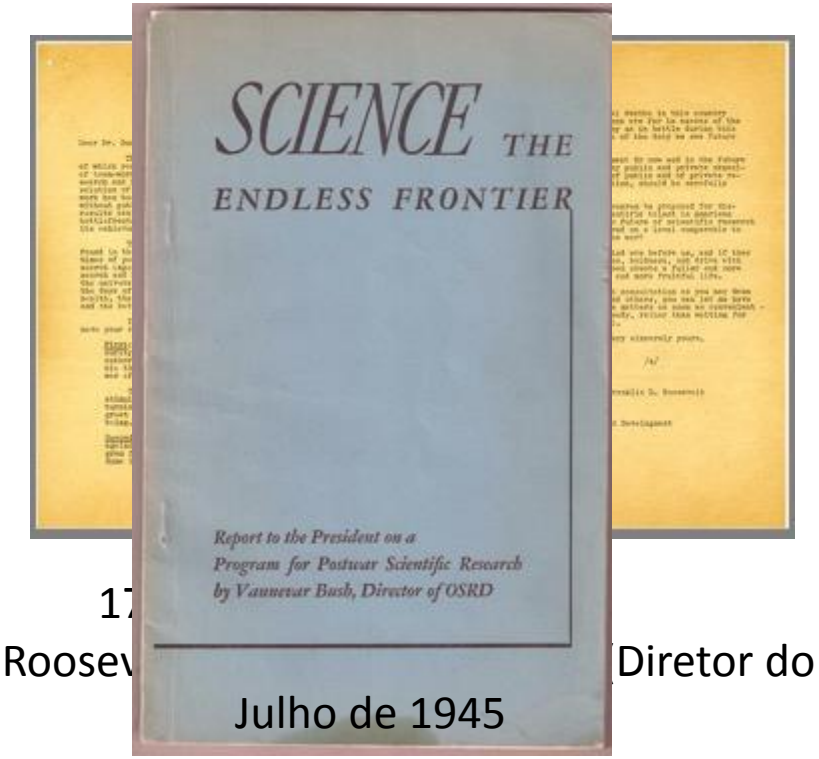
Segundo: Com referência à guerra da ciência contra as doenças em particular, o que pode ser feito neste momento para organizar um programa que dê continuidade no futuro ao trabalho feito em medicina e nas ciências relacionadas? O fato de as mortes anuais causadas por apenas uma ou duas doenças superarem em muito o número total de vidas perdidas por nós durante a guerra atual deve fazer-nos conscientes do nosso dever para com as gerações futuras.

Terceiro: O que o governo pode fazer, agora e no futuro, para ajudar as atividades de pesquisa de organizações públicas e privadas? O papel adequado da pesquisa pública e da privada e sua inter-relação devem ser levados em conta cuidadosamente.

Quarto: É possível propor um programa eficaz para a descoberta e o desenvolvimento de talentos científicos na juventude americana, para que o futuro da pesquisa científica neste país fique assegurado num nível comparável ao dos tempos de guerra?

Mudança de Paradigma Após Segunda Guerra Mundial





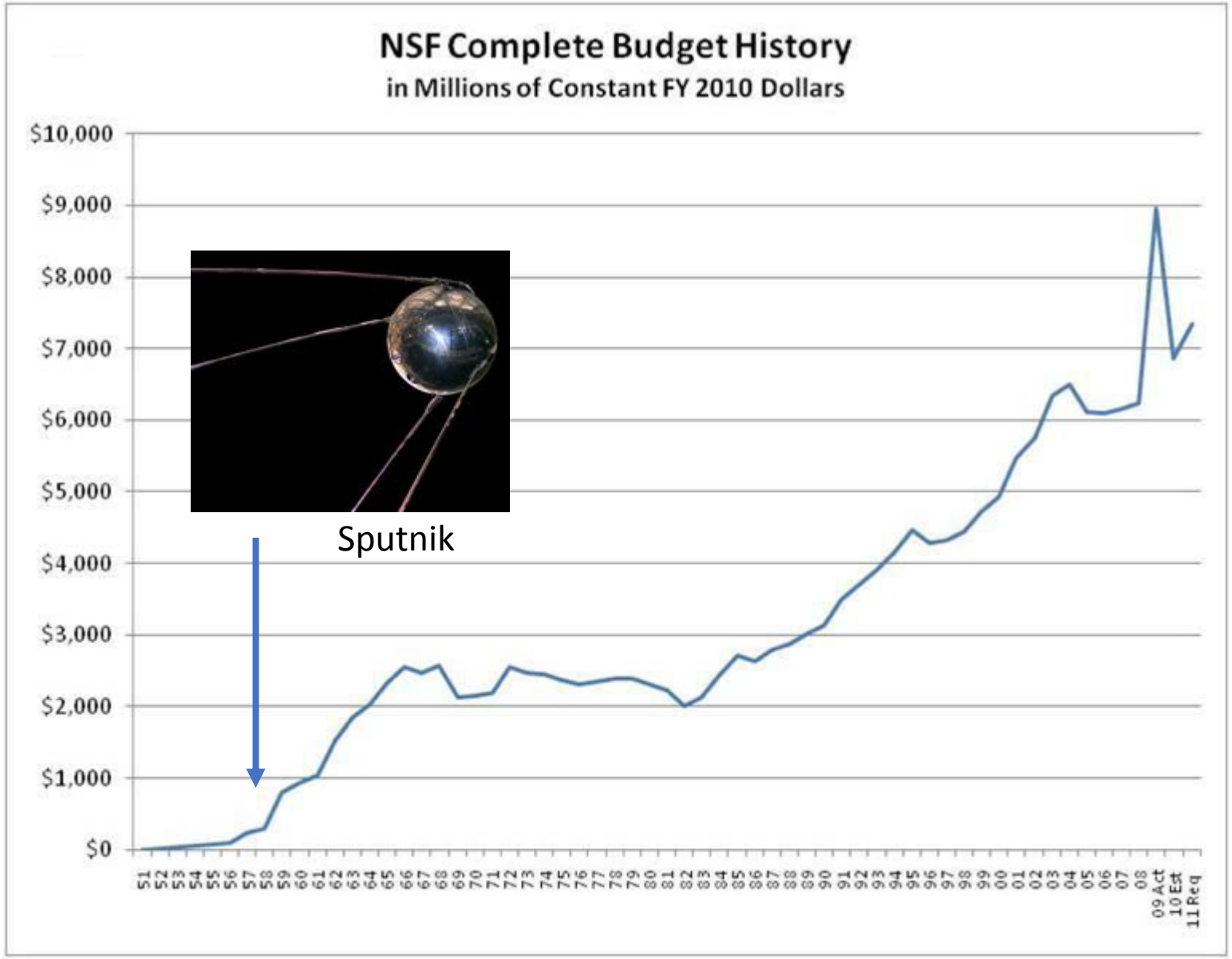
17

Carta de F. D. Roosev (Diretor do OSRD)

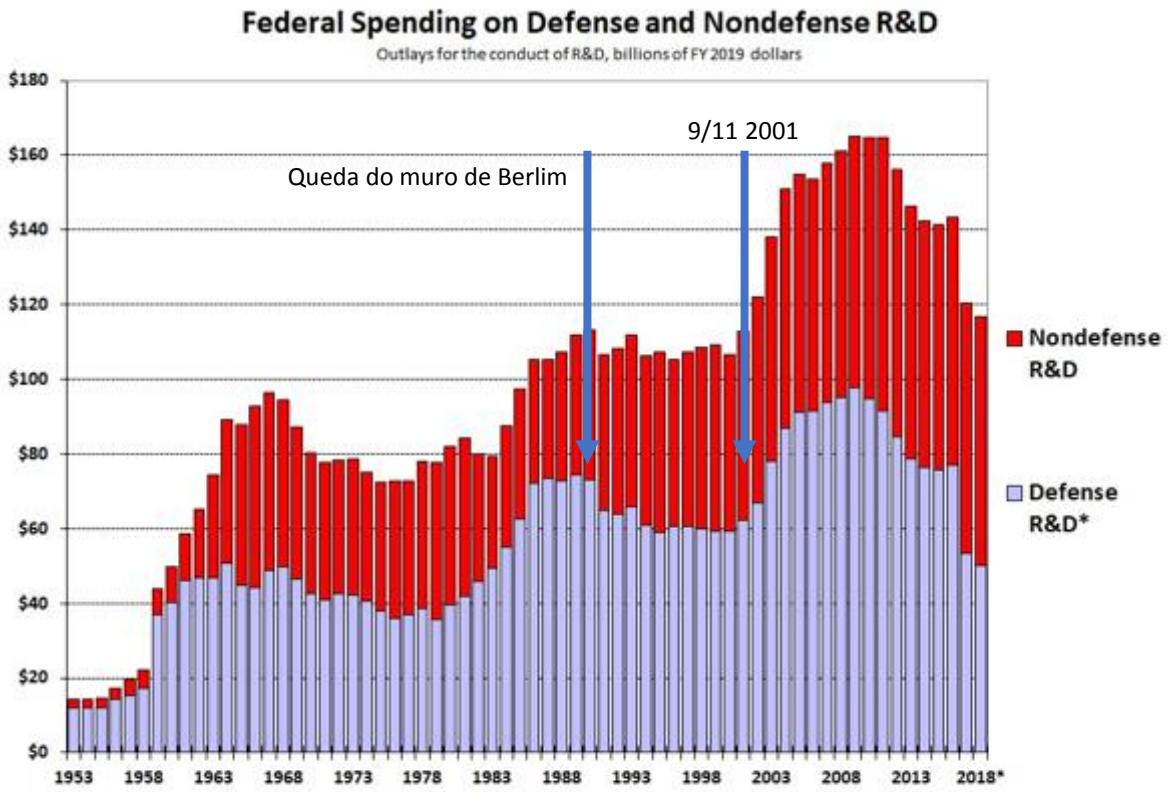
Julho de 1945

- Criação da National Science Foundation (1950)
- Modelo linear de inovação

Orçamento da NSF em função do tempo

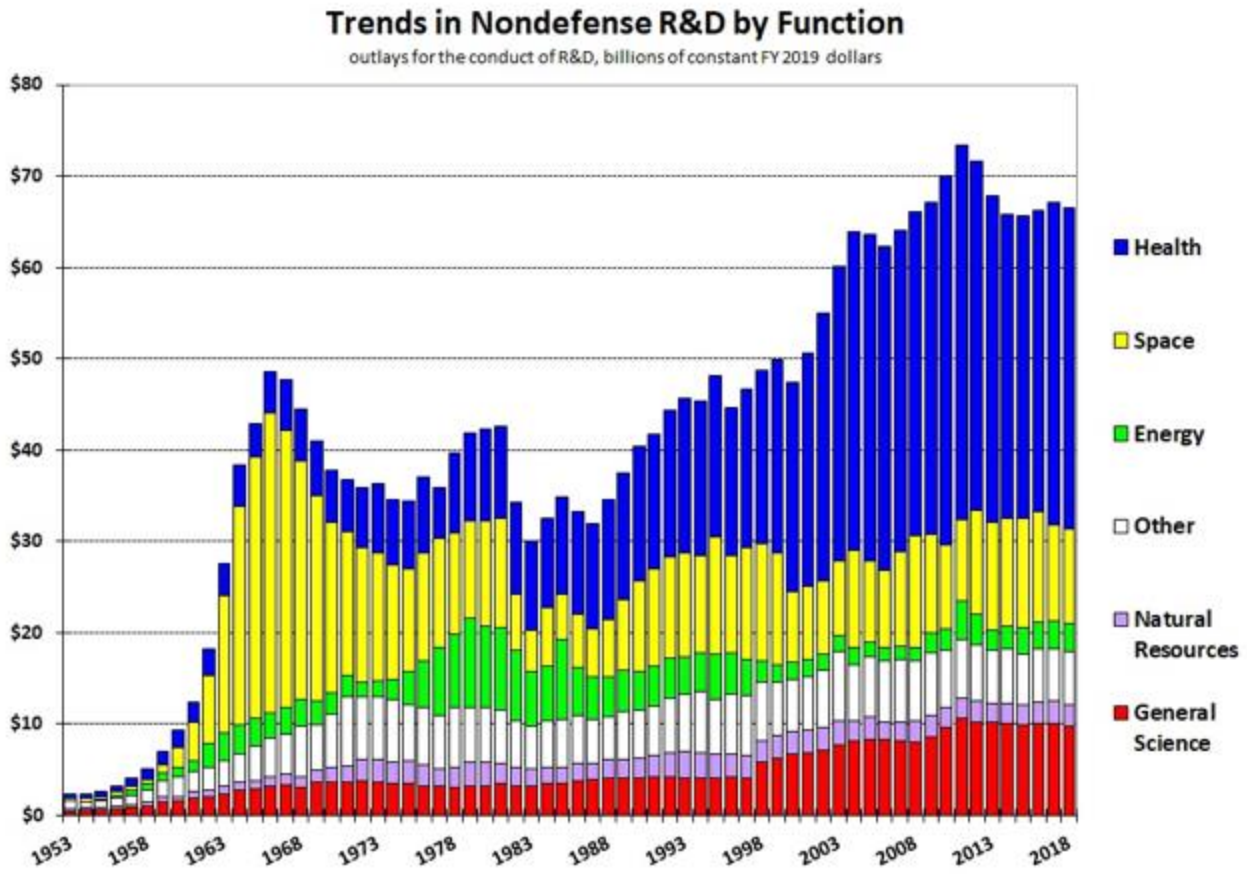


Histórico de Financiamento Federal em P&D - EUA



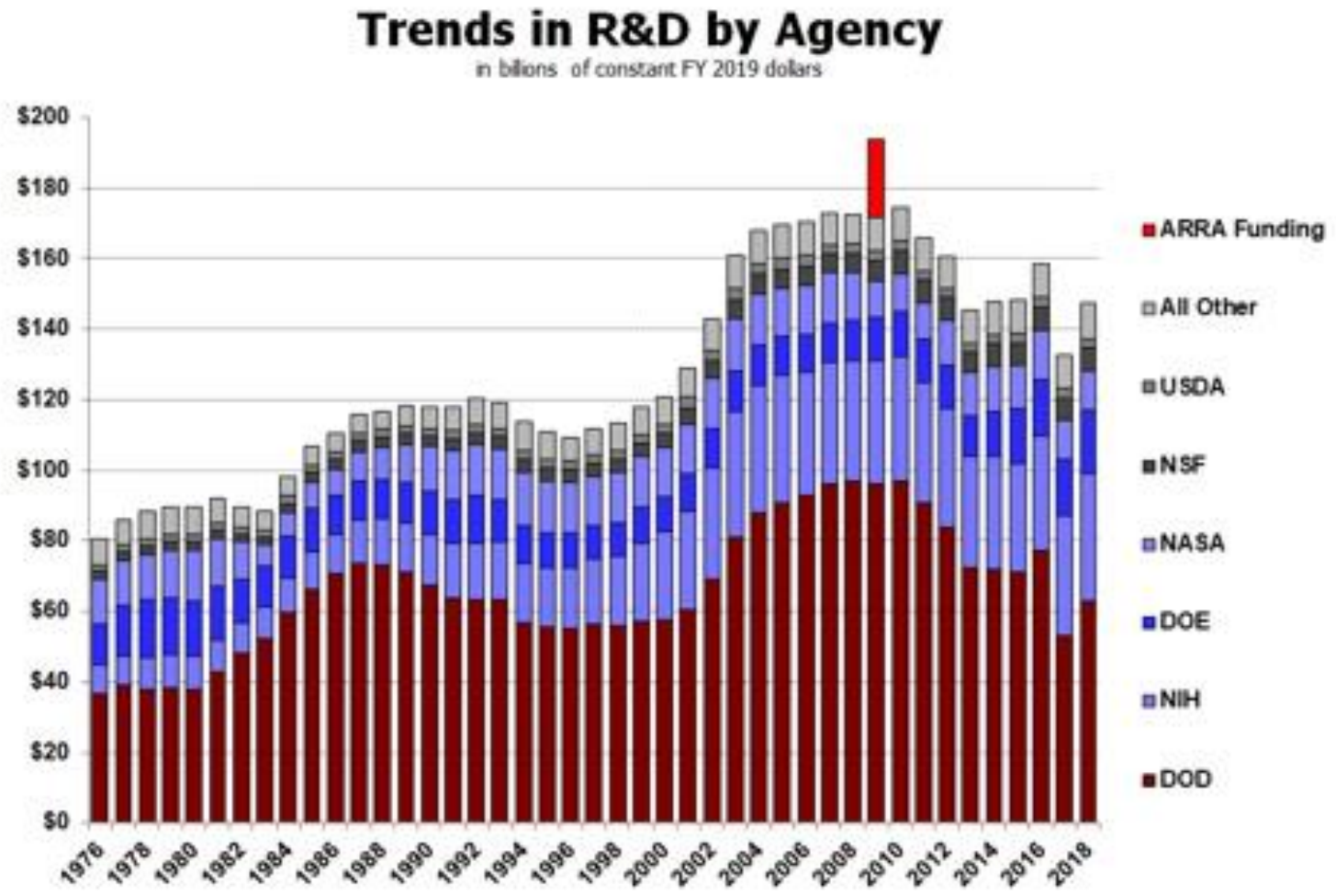
*Beginning in FY 2017, a new official definition of R&D has been adopted by federal agencies. Late-stage development, testing, and evaluation programs, primarily within the Defense Department, are no longer counted as R&D.

Source: OMB Historical Tables in *Budget of the United States Government FY 2020*. © 2019 AAAS



Source: OMB Historical Tables in *Budget of the United States Government FY 2020*. Some Energy programs shifted to General Science beginning in FY 1998.
© 2019 AAAS

Histórico de Financiamento Federal em P&D - EUA



NOTE: Beginning in FY 2017, a new official definition of R&D has been adopted by federal agencies. Late-stage development, testing, and evaluation programs, primarily within the Defense Department, are no longer counted as R&D.
1976-1994 figures are NSF data on obligations in the Federal Funds survey.
Source: *AAAS Report: Research & Development* series, based on OMB and agency R&D budget data. © 2019 AAAS

Múltiplas agências com missões distintas dentro do Sistema Nacional de CT&I dos EUA

- Pressões por resultados sociais e econômicos dos investimentos públicos vêm aumentando nas últimas décadas, em todo o mundo
- Descrédito da visão linear da inovação
- Muitas agências de fomento, como a NSF, passaram a incorporar critérios de impactos mais amplos, além do critério de mérito somente, para a concessão de financiamento a projetos de pesquisa ainda nos anos 90

- **O que chama a atenção neste cenário não é a incorporação de outras dimensões de impacto, além do científico, mas expectativas de retorno em um horizonte de curto prazo pelos formuladores de políticas em relação ao financiamento da ciência**

- Sem dúvida, as pesquisas científicas podem ter maior capacidade de resposta se forem, em parte, **orientadas à solução de grandes problemas do País** – sem eliminar o espaço da curiosidade científica
- As **agendas estratégicas de P&D**, se bem concebidas, tendem a apresentar desafios de naturezas diversas, os quais devem orientar os esforços de pesquisa, desenvolvimento experimental e engenharia
- Para isso, conforme mostra a experiência internacional, é preciso apostar no financiamento de programas de pesquisa, com grande potencial de impacto para o País, em áreas selecionadas, **em horizonte de longo prazo**
- A densidade dos esforços e a sua **continuidade** são fundamentais para que surjam resultados mais significativos da atividade de pesquisa

Exemplo de Programa Estratégico

DOE Pursues SunShot Initiative to Achieve Cost Competitive Solar Energy by 2020

FEBRUARY 4, 2011

SunShot
U.S. Department of Energy

SUNSHOT 2020 TARGETS

In 2011, DOE set targets for solar energy to reach market competitiveness with conventional electricity sources by 2020:

- $0.10 per kilowatt hour for residential solar
- $0.08 per kilowatt hour for commercial solar
- $0.06 per kilowatt hour for utility-scale solar

SUNSHOT 2030 TARGETS

The SunShot 2030 targets are:

- $0.05 per kilowatt hour for residential PV
- $0.04 per kilowatt hour for commercial PV
- $0.03 per kilowatt hour for utility-scale PV

The SunShot program builds on the legacy of President Kennedy's 1960s "moon shot" goal, which laid out a plan to regain the country's lead in the space race and land a man on the moon. The program will aggressively drive innovations in the ways that solar systems are conceived, designed, manufactured and installed.

SunShot will work to bring down the full cost of solar—including the costs of the solar cells and installation—by focusing on four main pillars:

- Technologies for solar cells and arrays that convert sunlight to energy
- Electronics that optimize the performance of the installation
- Improvements in the efficiency of solar manufacturing processes
- Installation, design and permitting for solar energy systems.

SunShot Progress and Goals

Programa Estratégico

Figure 4: Coordination of SunShot Initiative. Source: DOE, 2017.

Governança
Gestão
Múltiplas Agências
Múltiplos Mecanismos de Financiamento

DOE has spent approximately USD 2.3 billion on R&D to advance solar technologies[42], and during the first six years of SunShot Initiative (2011-2016) total budget **of EERA's SETO programme on solar energy research has been USD 1.6 billion** (EUR 1.3 billion) and close to 300 projects have been financed.

Table 4: Solar energy technology budget allocation. Source: Department of Energy, 2017.

Fiscal Year	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Annual enacted budget (USD million)	259.6	289.0	269.1	257.1	233.0	241.6	285.1*

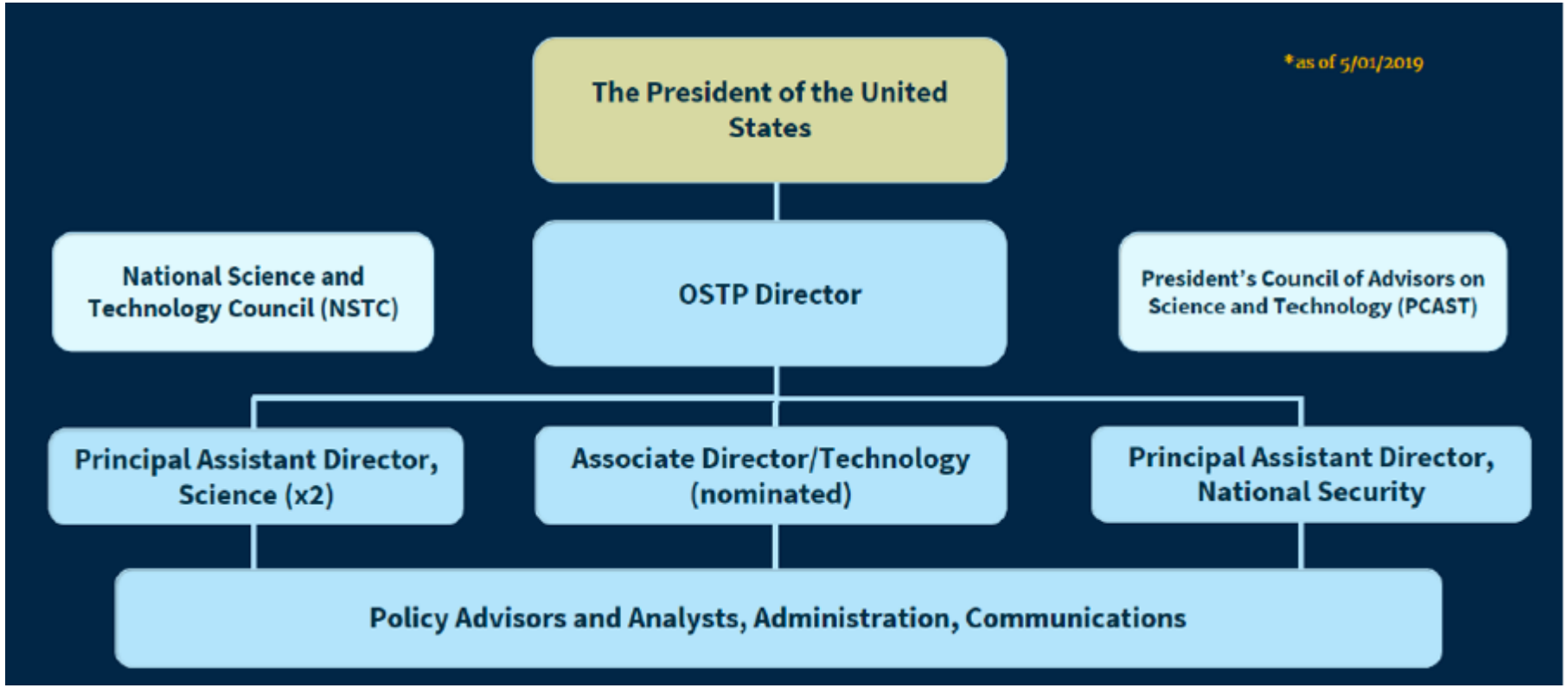
*Requested budget.

In 2016, the annual funding provided by **SETO accounted for approximately 50% of all public RD&D for PV technology** development in the US[43]. In addition to the SETO, the Department of Energy's Office of Science and the Advanced Research Projects Agency-Energy (ARPA-E), the National Science Foundation, the Department of Defense, the National Aeronautics and Space Administration (NASA), and states such as California, New York, Florida, and Hawaii also fund solar R&D.

National Nanotechnology Initiative

The NNI is a U.S. Government research and development (R&D) initiative involving the nanotechnology-related activities of **20 departments and independent agencies**.

Coordenação das ações das agências para cumprir políticas estratégicas



National Nanotechnology Initiative

The NNI is a U.S. Government research and development (R&D) initiative involving the nanotechnology-related activities of **20 departments and independent agencies**.

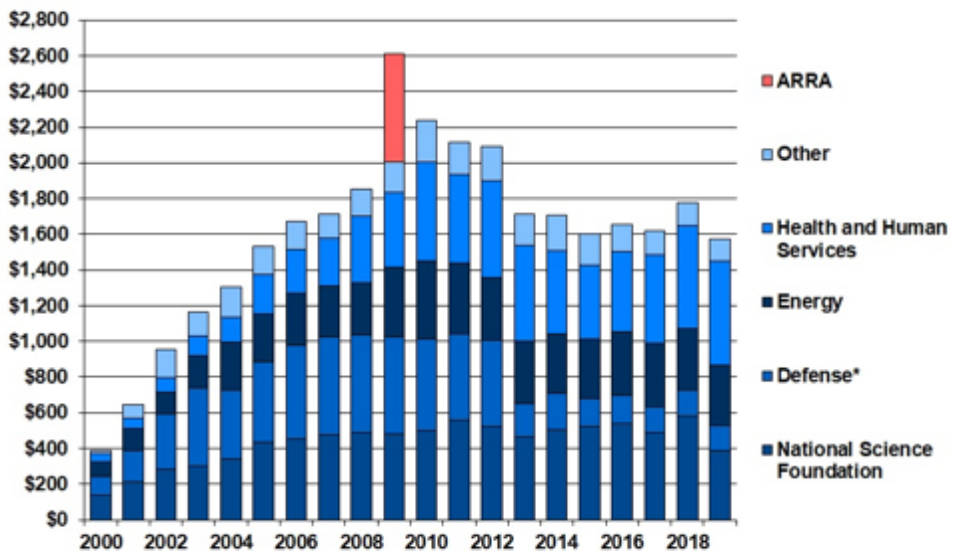
Cumulatively totaling nearly **$29 billion since the inception of the NNI in 2001** (including the 2020 request), this support **reflects the continued importance of investments that advance our fundamental understanding of and ability to control matter at the nanoscale**, as well as the translation of that knowledge into technological breakthroughs that serve the American people.

Federal organizations with the largest investments are:

- **National Institutes of Health (NIH)**: nanotechnology-based biomedical research at the intersection of life and physical sciences.
- **National Science Foundation (NSF)**: fundamental research and education across all disciplines of science and engineering.
- **Department of Energy (DOE)**: fundamental and applied research providing a basis for new and improved energy technologies.
- **Department of Defense (DOD)**: science and engineering research advancing defense and dual-use capabilities.
- **National Institute of Standards and Technology (NIST)**: fundamental research and development of measurement and fabrication tools, analytical methodologies, metrology, and standards for nanotechnology.

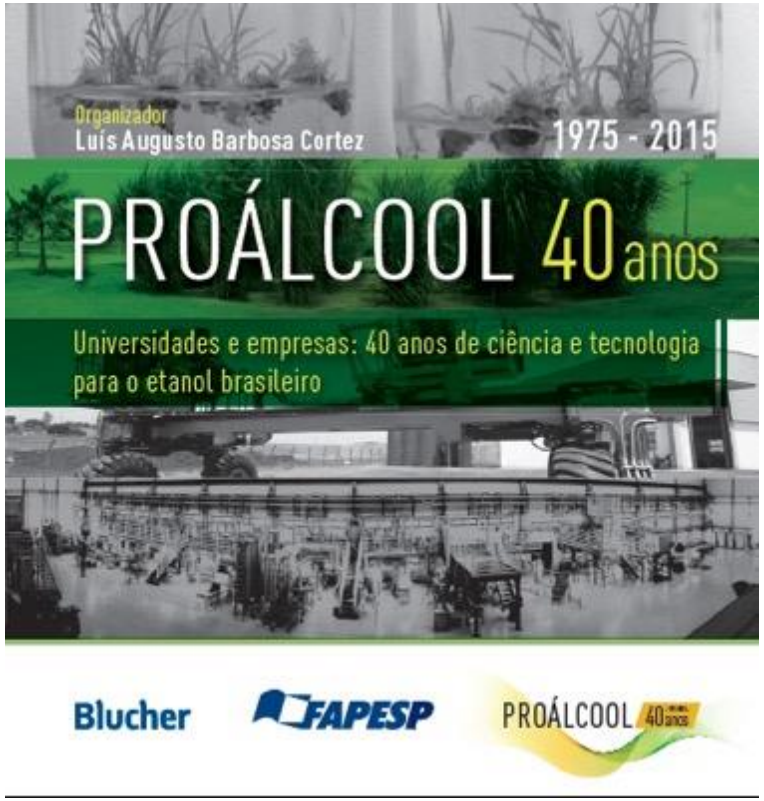
Federal Nanotechnology R&D, by Agency: FY 2000-2019

(budget authority in millions of constant FY 2019 dollars)



Source: NNI budget supplements. *DOD changed its accounting starting in 2005, resulting in larger totals. Adjusted for inflation using OMB's GDP deflators. Note: FY 2019 figures are estimates based on appropriated levels. © 2019 AAAS

Proálcool



Em 14 de novembro de 1975, por meio do Decreto n. 76.593, o governo brasileiro criou o **Programa Nacional do Álcool (Proálcool)**[1]. Essa ação governamental, motivada principalmente pela súbita elevação dos preços do petróleo (primeiro choque do petróleo), representou um marco no processo de desenvolvimento econômico e social no Brasil.

Dadas as circunstâncias de então, principalmente econômicas e de segurança energética, empresários uniram-se ao governo federal para implantar, em 1975, um conjunto de ações que resultaria no maior programa de energia renovável do mundo, uma iniciativa inédita em um país sem tradição em inovação científica e tecnológica.

Provavelmente, as razões para o sucesso do Proálcool devem-se não só à escolha de uma cultura energética como a cana-de-açúcar e às condições climáticas existentes no centro-sul brasileiro, mas principalmente à perseverança de empresários, governo e, em grande medida, dos pesquisadores que acreditaram na construção de uma sociedade sustentável no futuro. Das dez maiores economias do mundo, o Brasil é hoje o país onde as energias renováveis mais contribuem na matriz energética: 43,5%, sendo que a bioenergia da cana-de-açúcar sozinha responde por 18,1% do total (dados de 2014, Ministério de Minas e Energia, Brasil, 2015b).

Petrobras – Exploração em águas profundas

Como resultado de mais de 40 anos de explorações, descobertas e inovações tecnológicas nas bacias sedimentares marítimas brasileiras, a PETROBRAS ocupa o primeiro lugar na produção de petróleo em águas profundas e ultraprofundas, com 22% do total mundial,[9] e a posição de empresa operadora do maior número de plataformas de produção àquelas profundidades

No início das atividades da Petrobras em 1953

Dado o grande atraso brasileiro na indústria do petróleo, decorridos já mais de 90 anos do seu início no mundo,[4] a nova petroleira estatal deveria acelerar suas ações, com o objetivo de ampliar a exploração e a produção de petróleo, construir e operacionalizar novas refinarias e aumentar a produção nacional de combustíveis e demais derivados. A PETROBRAS defrontou-se, porém, com aguda escassez de profissionais especializados em petróleo, especialmente de engenheiros, geólogos, geofísicos e químicos, essenciais ao aumento daquelas atividades.

CNPEM
Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais

Clusters Tecnológicos, Parques → Ecossistemas

The Current and Future Role of Technology and Innovation Centres in the UK

A Report by Dr. Hermann Hauser

CATAPULT High Value Manufacturing

High Value Manufacturing Catapult
An overview

7 centres

Through our 7 centres we have capabilities and competences which span basic raw materials through to high integrity product assembly processes.

AFRC ADVANCED FORMING RESEARCH CENTRE UNIVERSITY OF STRATHCLYDE

The University of Sheffield. Advanced Manufacturing Research Centre

cpi Centre for Process Innovation

mtc Manufacturing Technology Centre

NATIONAL COMPOSITES CENTRE

NUCLEAR AMRC

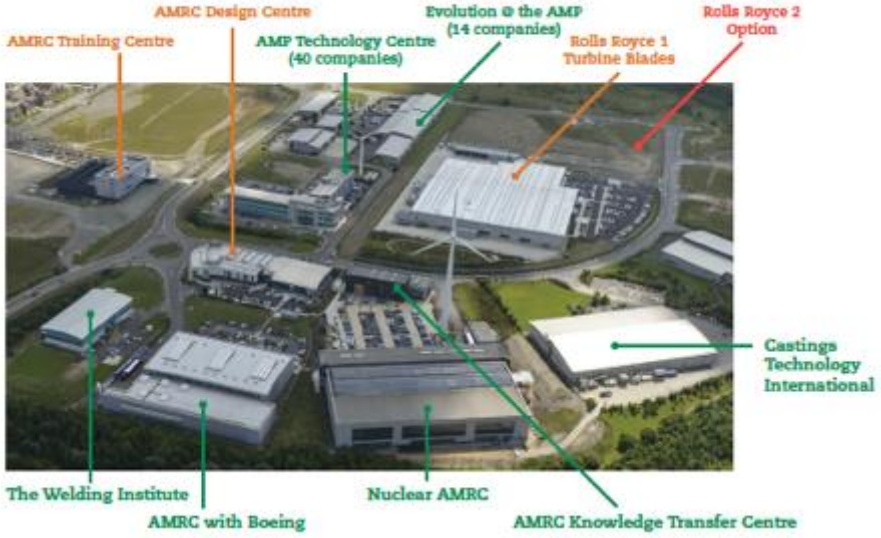
WMG THE UNIVERSITY OF WARWICK

AMRC ADVANCED MANUFACTURING RESEARCH CENTRE / The University Of Sheffield.

A world-class centre for advanced manufacturing

+

Figure 3: The Advanced Manufacturing Park, Sheffield-Rotherham



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES BRASIL

National Nanotechnology Initiative

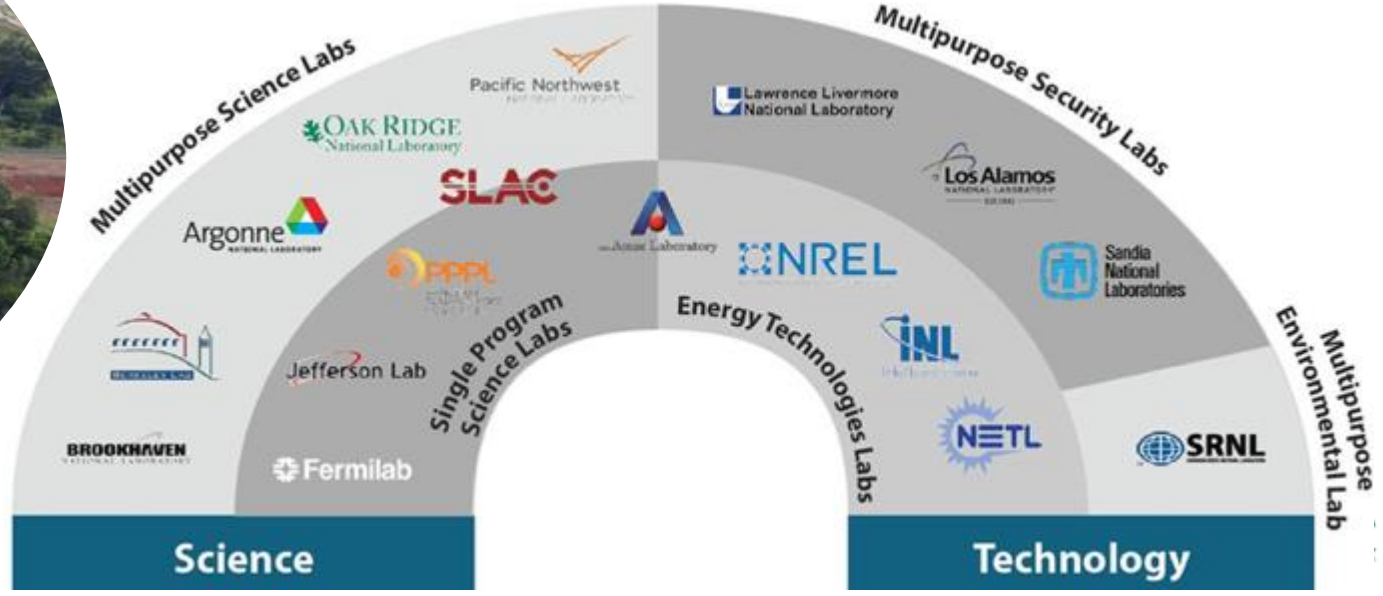
INFRAESTRUTURA

Stanford Nanofabrication Facility (SNF)
Stanford University
http://snf.stanford.edu/

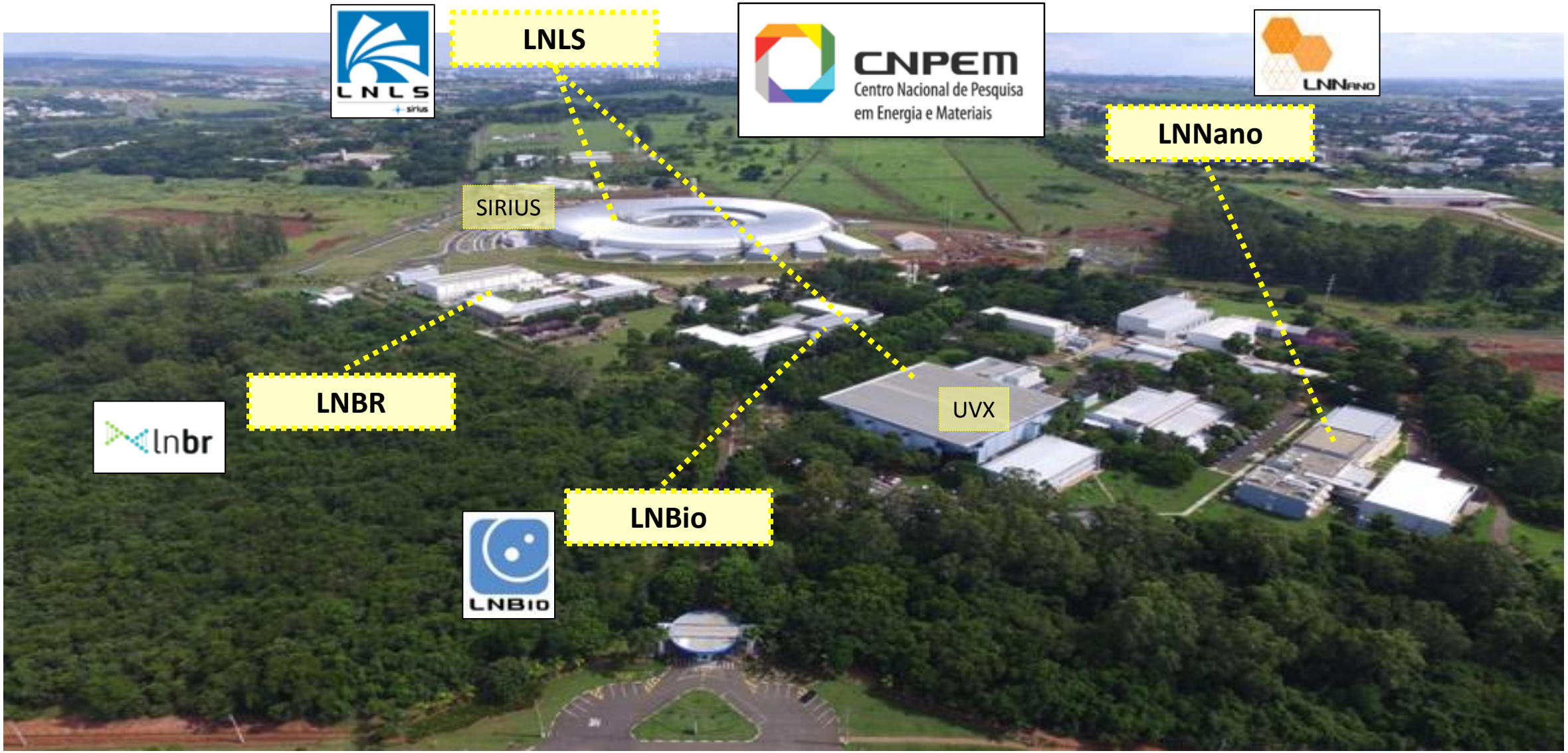
U.S. DEPARTMENT OF ENERGY
Office of Science
U.S. DEPARTMENT OF ENERGY

Grandes Infraestruturas de P&D no Mundo

- Instalações sofisticadas e singulares
- Atuação em áreas estratégicas
- Desenvolvimento de tecnologias
- Oportunidades de internacionalização
- Treinamento de pessoal altamente qualificado
- Transbordamento de tecnologia



CNPEM é uma Organização Social supervisionada pelo MCTIC



CNPEM
Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais

Economia do Conhecimento

Em um mundo cada vez mais competitivo científica e tecnologicamente, conhecimento profundo das propriedades dos materiais é fundamental

NANOTECNOLOGIA **CONSTRUÇÃO CIVIL**

SETOR QUÍMICO **ENERGIA**

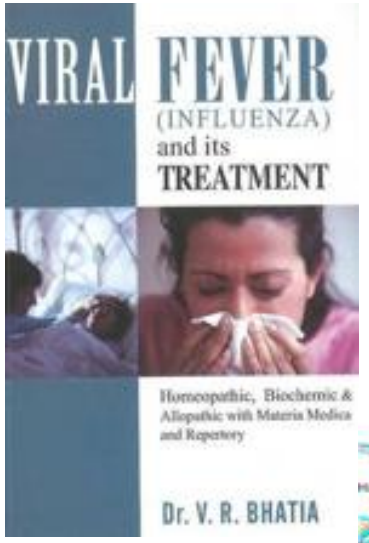
BIOTECNOLOGIA **NOVOS MATERIAIS**

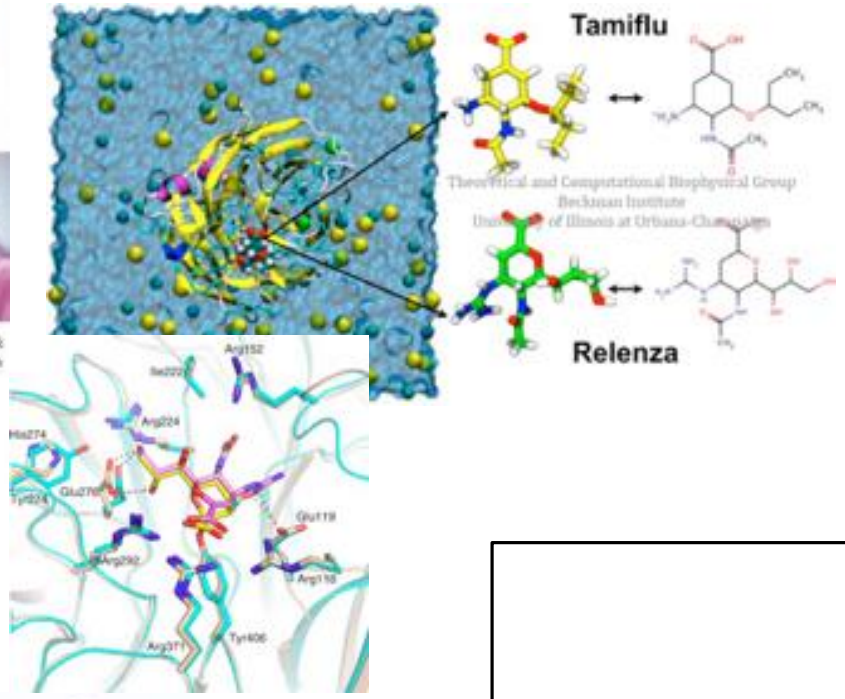
SETOR AUTOMOBILÍSTICO **SAÚDE**

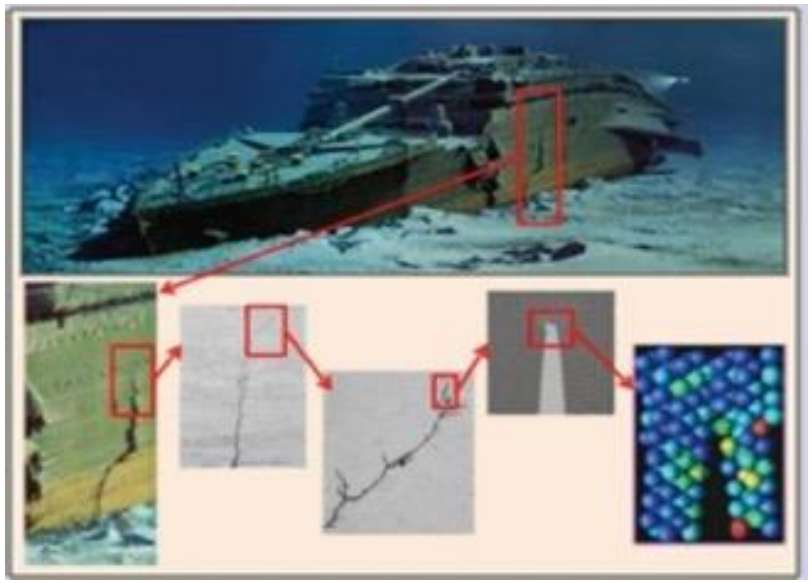
MEIO AMBIENTE **AGRICULTURA**

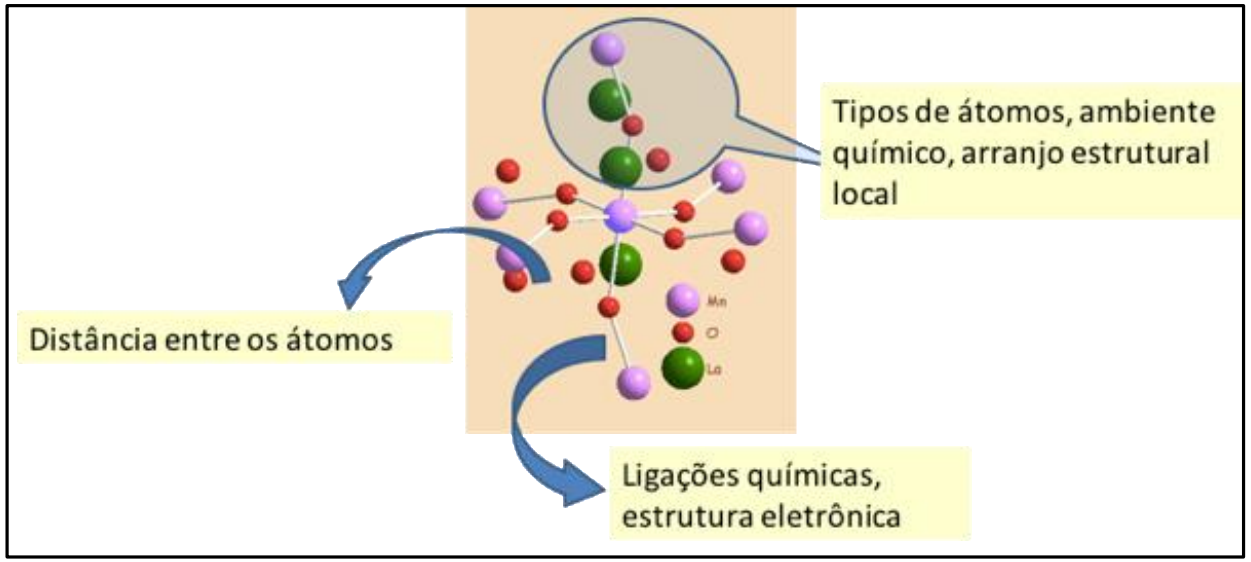
SETOR AEROESPACIAL **TEXTIL**

Informações sobre os materiais na escala atômica





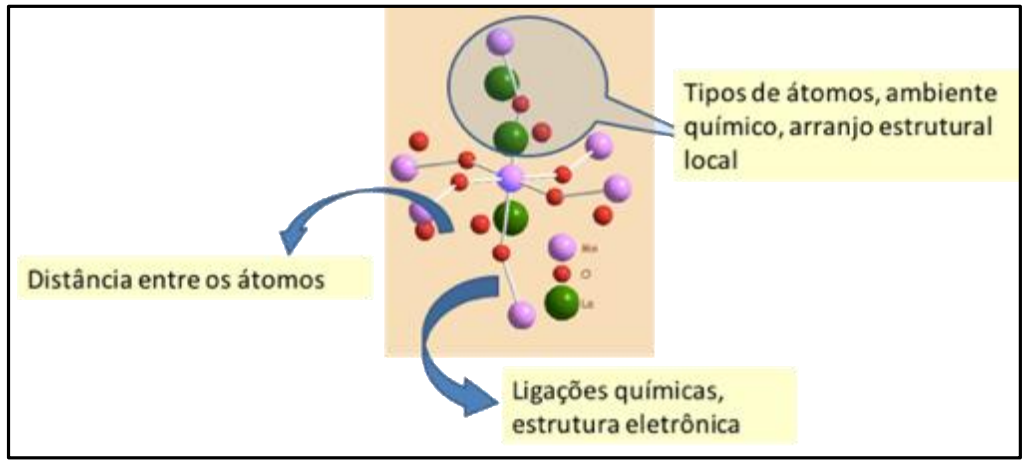


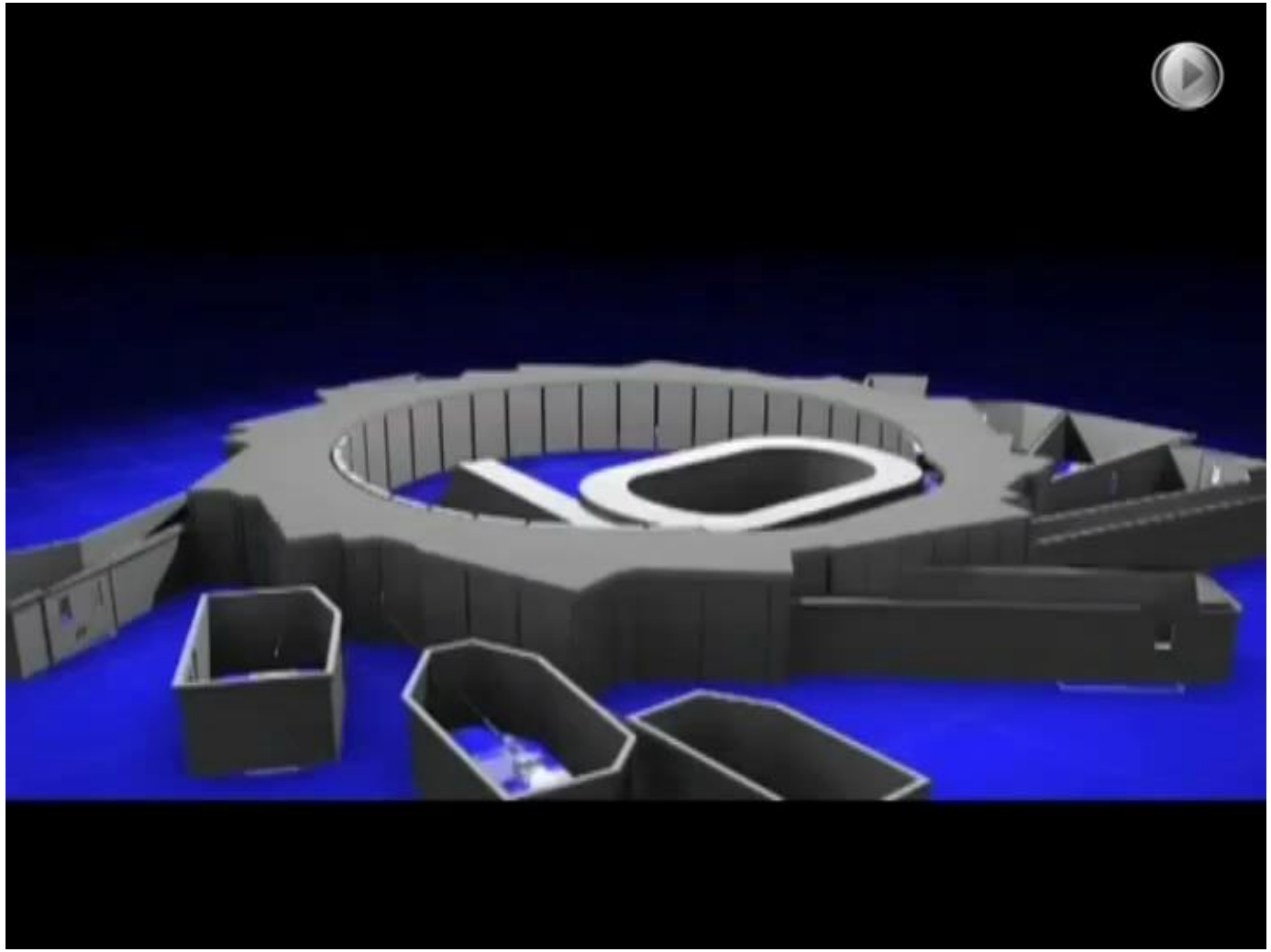


Ferramenta para análise de materiais

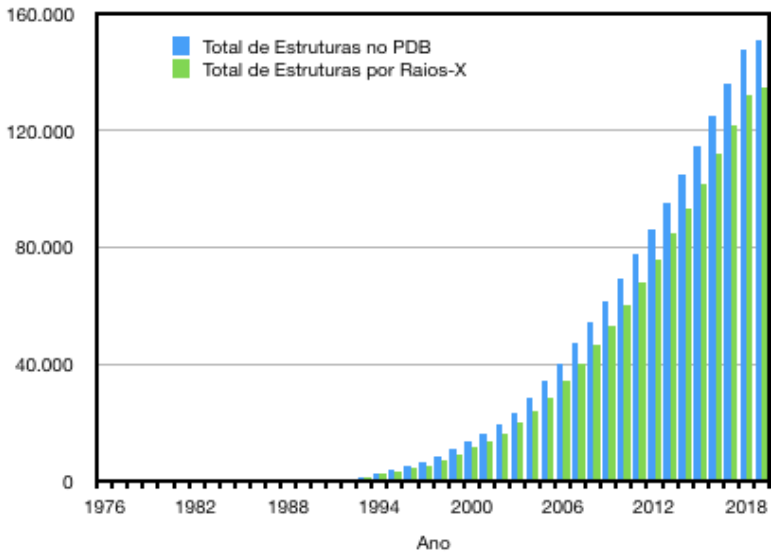
Fontes de radiação síncrotron

Mudança de patamar no estudo da matéria, orgânica e inorgânica

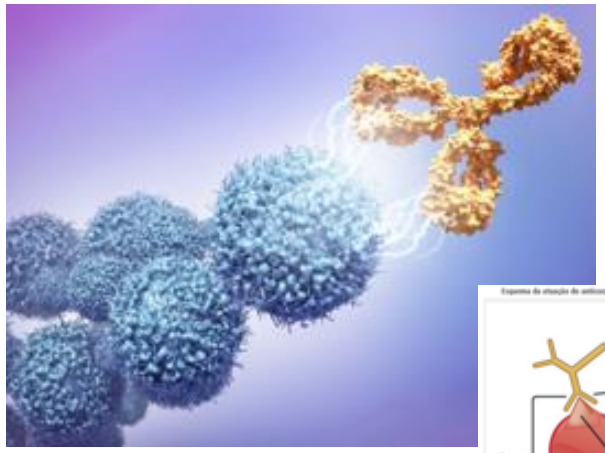


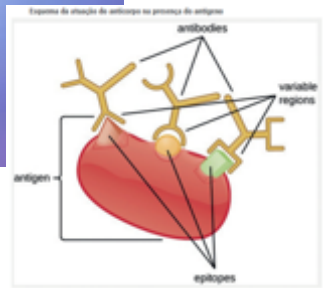


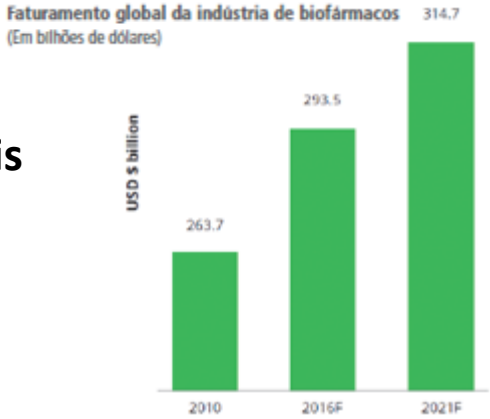
Exemplo de Impacto ➞ Estruturas de Proteínas ➞ Fármacos

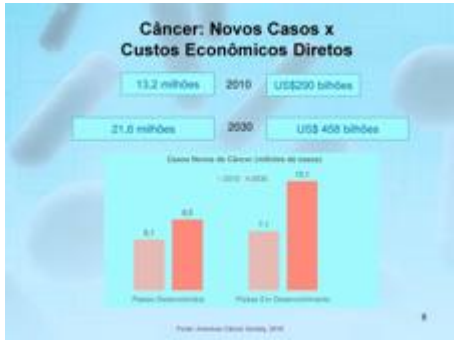


Anticorpos Monoclonais

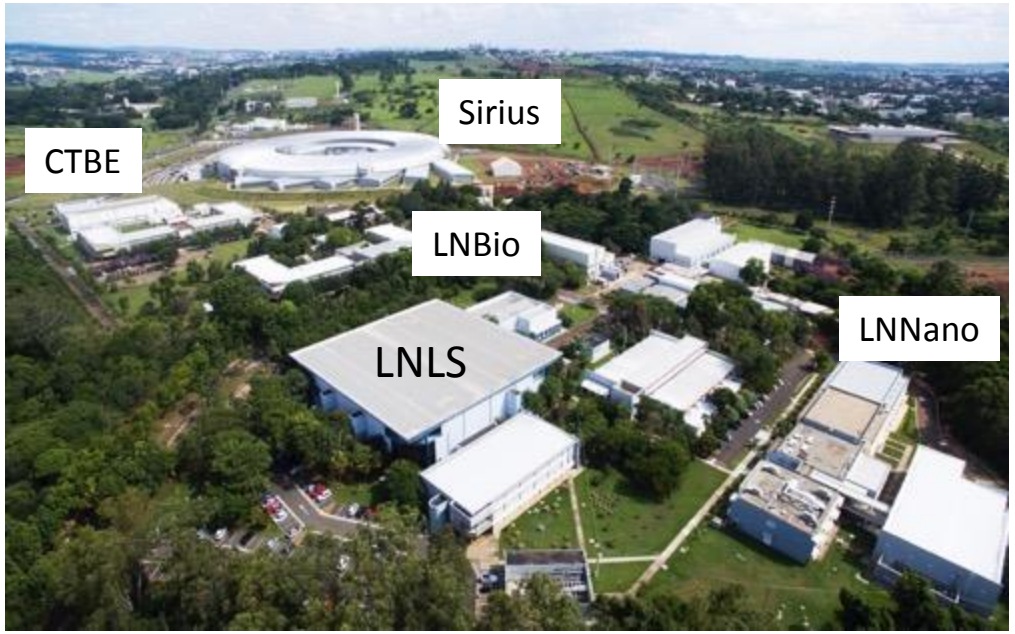


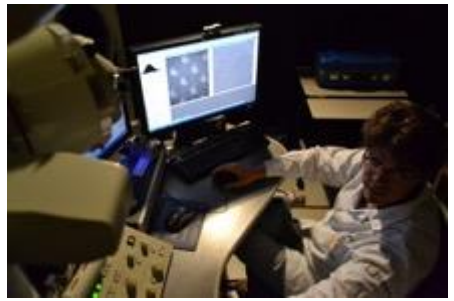




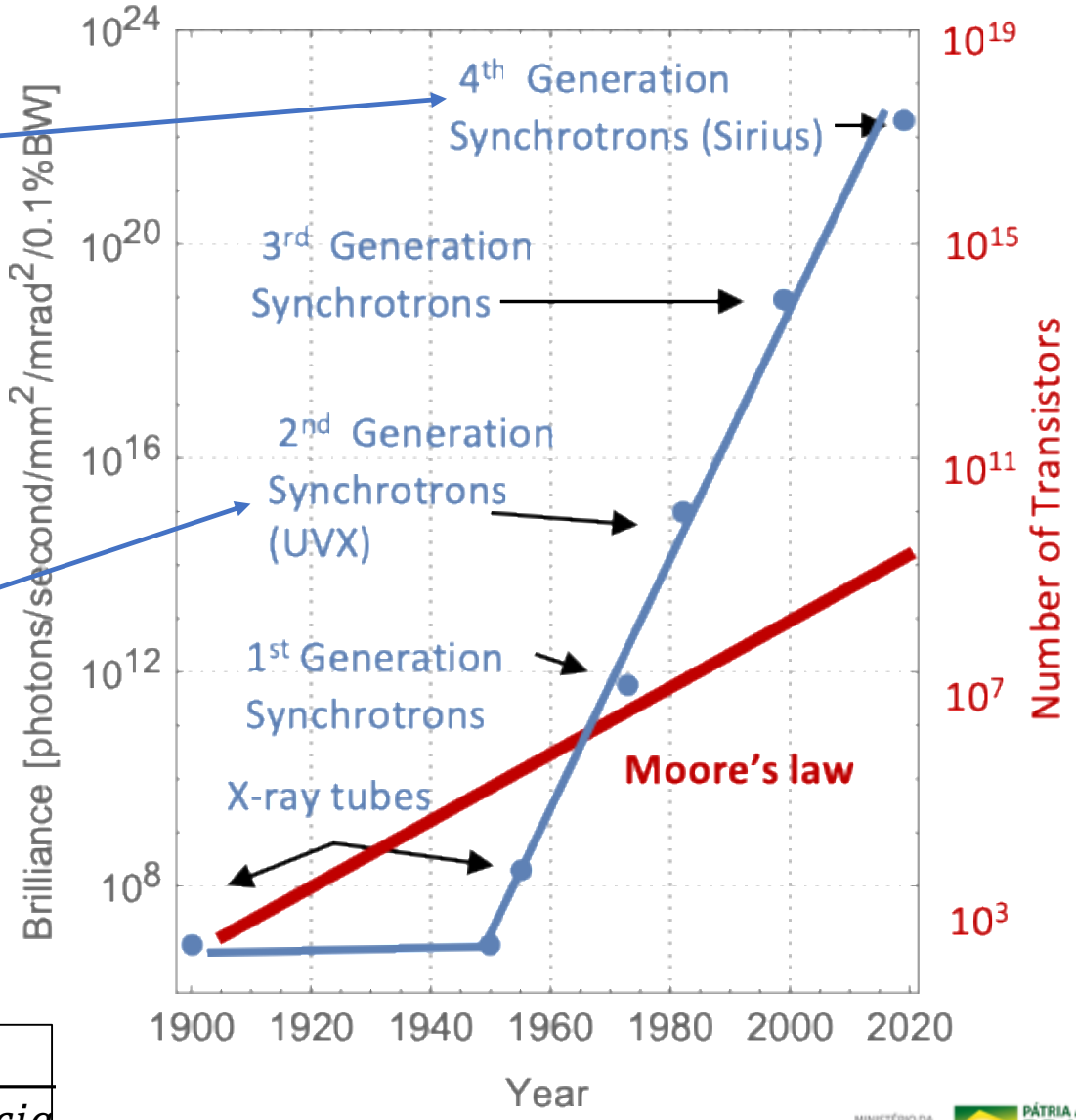


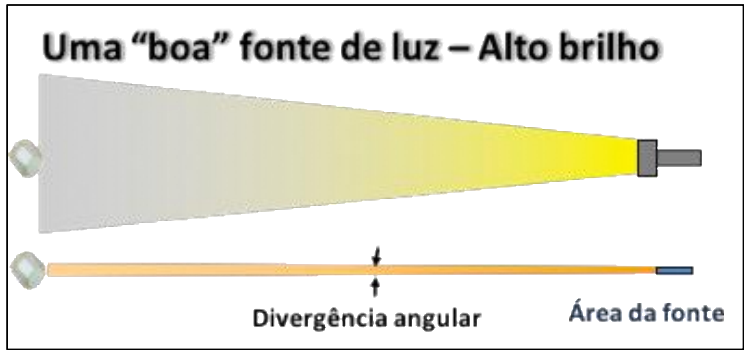
CNPEM
Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais





Evolução dos Síncrotrons → Brilho

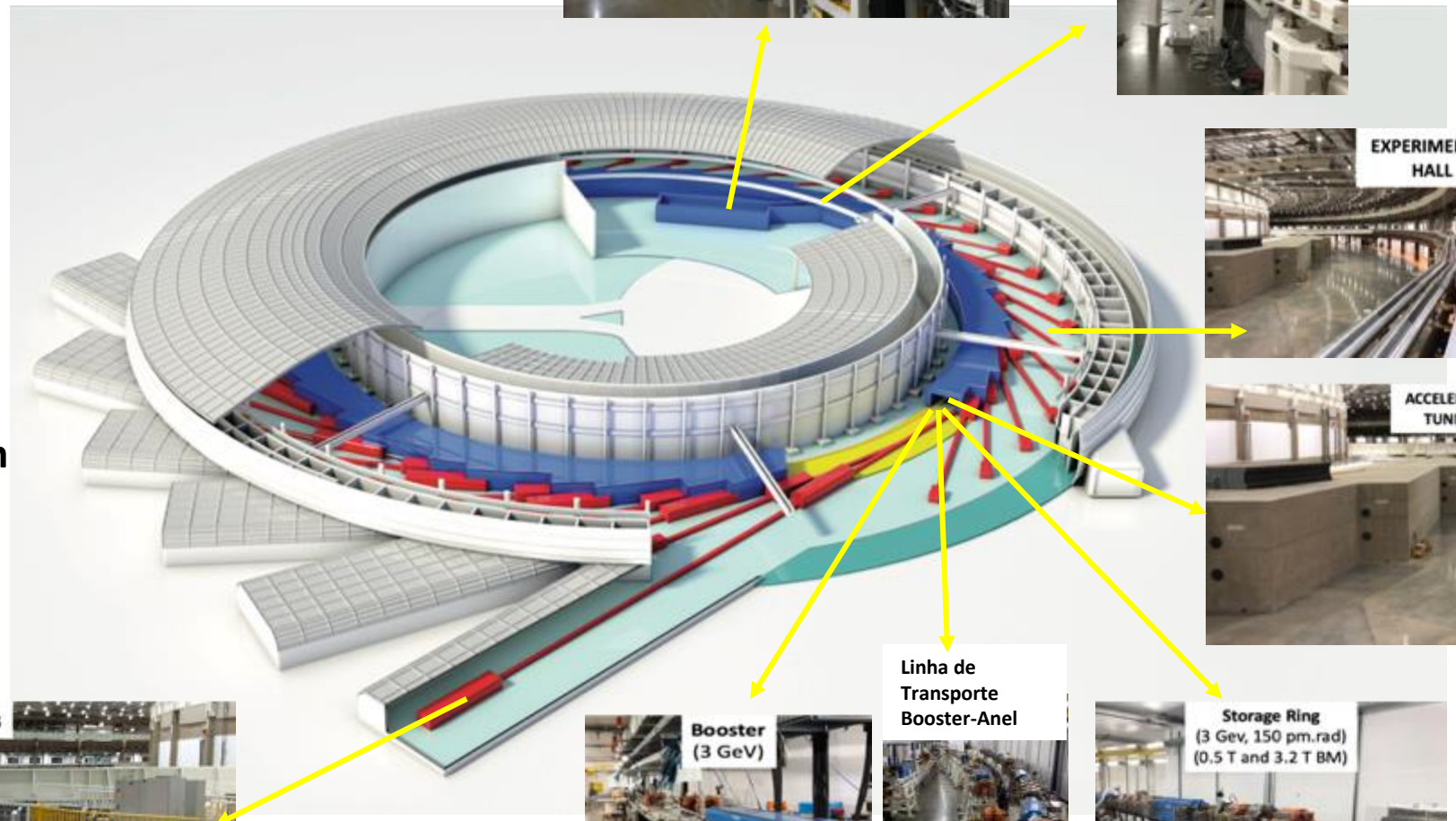




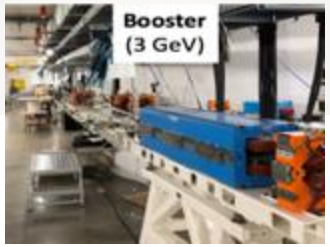
$$Brilho = \frac{Fluxo}{Área \times Divergência}$$

CNPEM
Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais

- Obras Civis – 68.000 m²
- Perímetro Externo ~ 800 m
- Perímetro Acelerador Principal ~ 518 m
- Piso Especial de alta estabilidade e outros elevados requisitos técnicos



Linha de Transporte LINAC-Booster



Linha de Transporte Booster-Anel

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
PÁTRIA AMADA BRASIL GOVERNO FEDERAL

Montagem Aceleradores

CNPEM
Brazilian Center for Research
in Energy and Materials

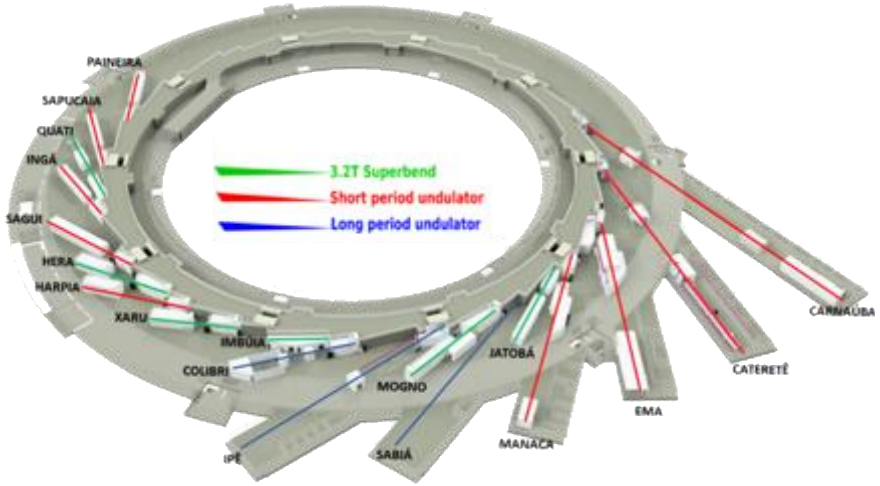
MINISTRY OF
SCIENCE, TECHNOLOGY,
INNOVATION AND COMMUNICATION

PÁTRIA AMADA
BRASIL
BRAZILIAN GOVERNMENT

Aceleradores montados e em vácuo

Linhas de Luz

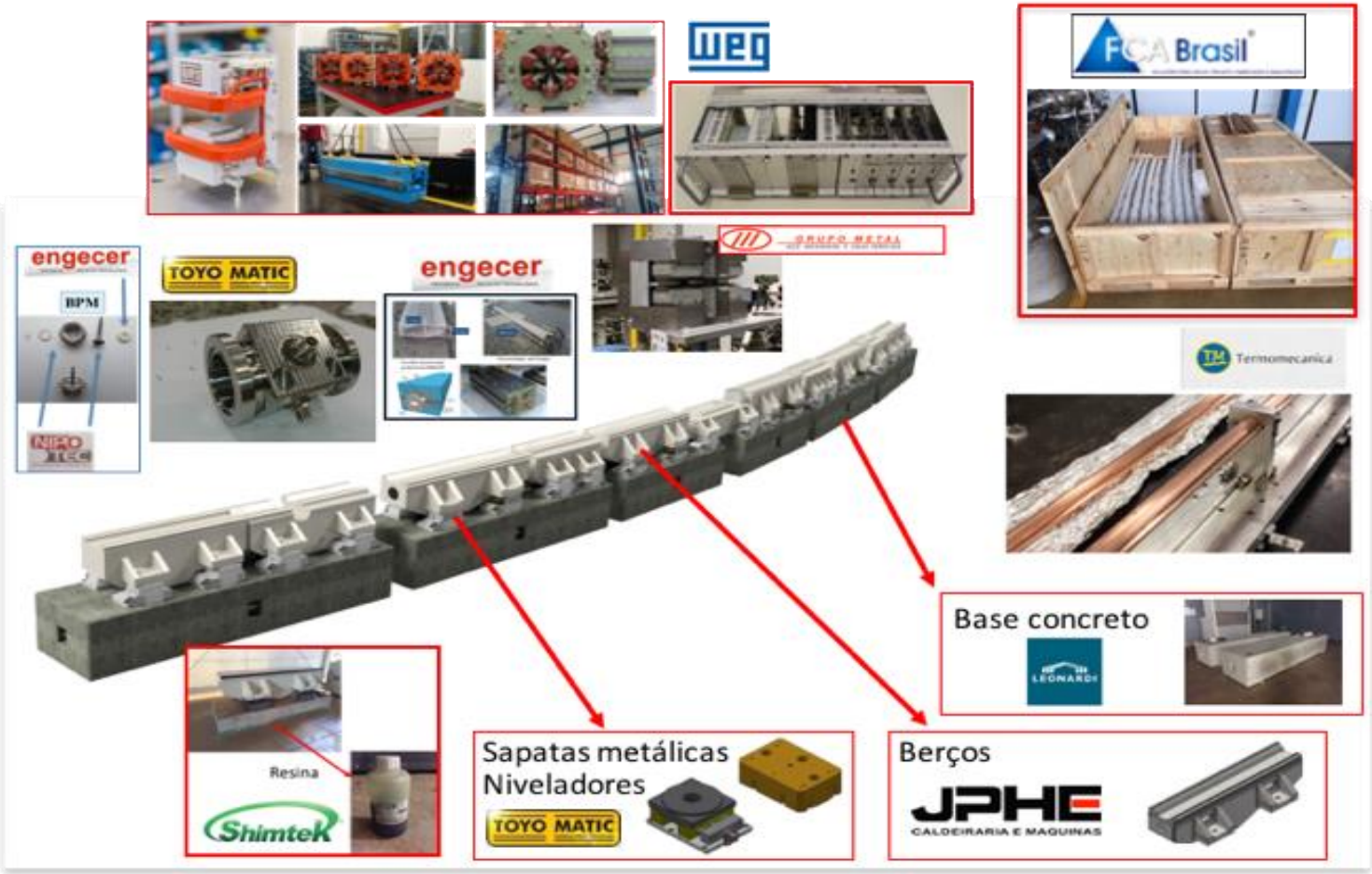
- Sirius poderá ter até ~ 40 Linhas de Luz
- **Projeto atual prevê 13 Linhas de Luz**



Capacitação Tecnológica

~ 85% Gastos no Brasil

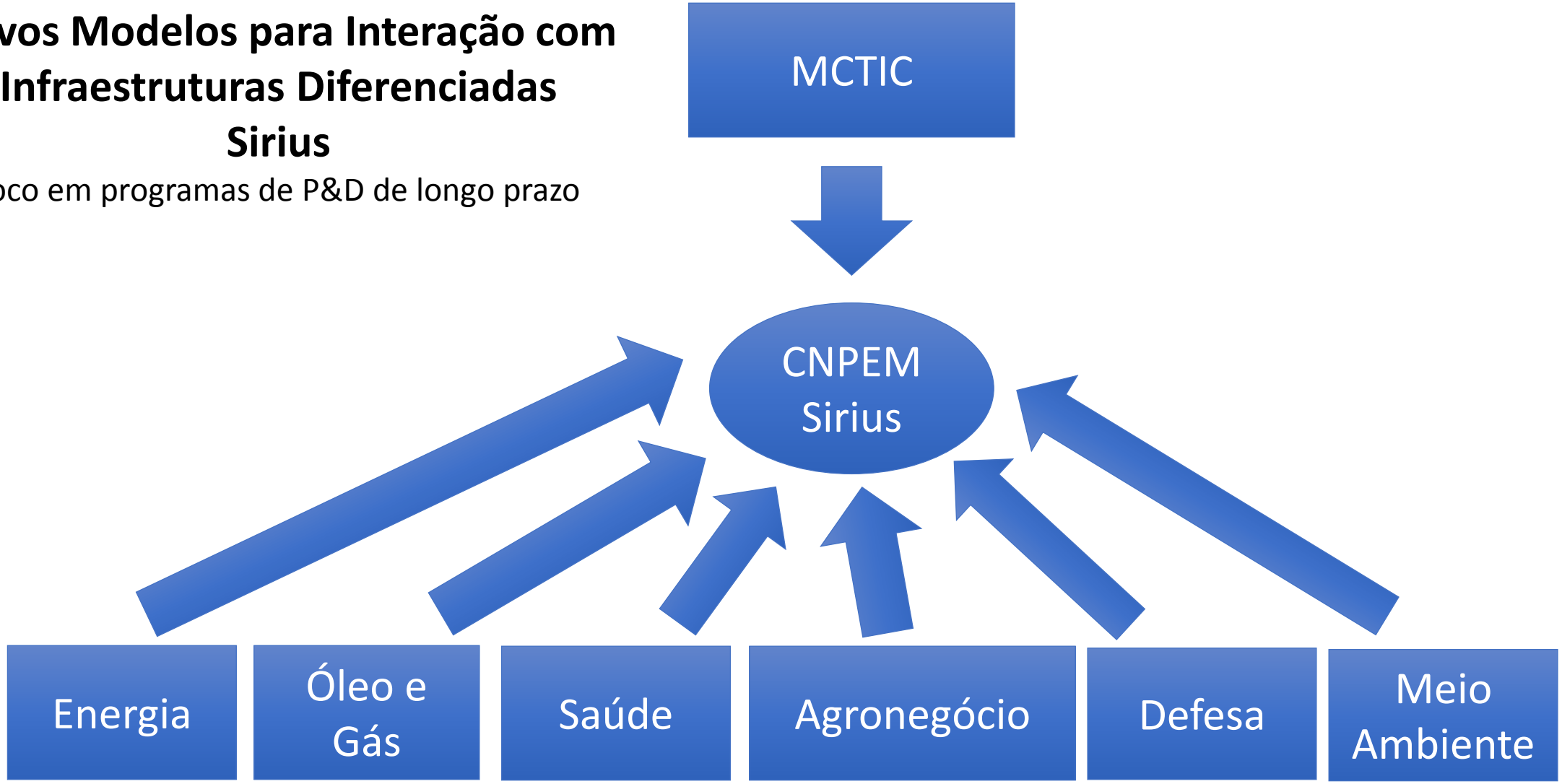
Interação com empresas brasileiras inovadoras em parcerias de desenvolvimento de produtos/processos/produção para o Sirius



Parcerias em áreas de interesse econômico e social

Novos Modelos para Interação com Infraestruturas Diferenciadas Sirius

- Foco em programas de P&D de longo prazo



Dispêndio em P&D em relação ao PIB, 2011-2017

Grupo de comparação Brasil

Grupo 3

Canadá
Espanha
Portugal

Grupo 2

Alemanha
China
Estados Unidos
França

Grupo 1

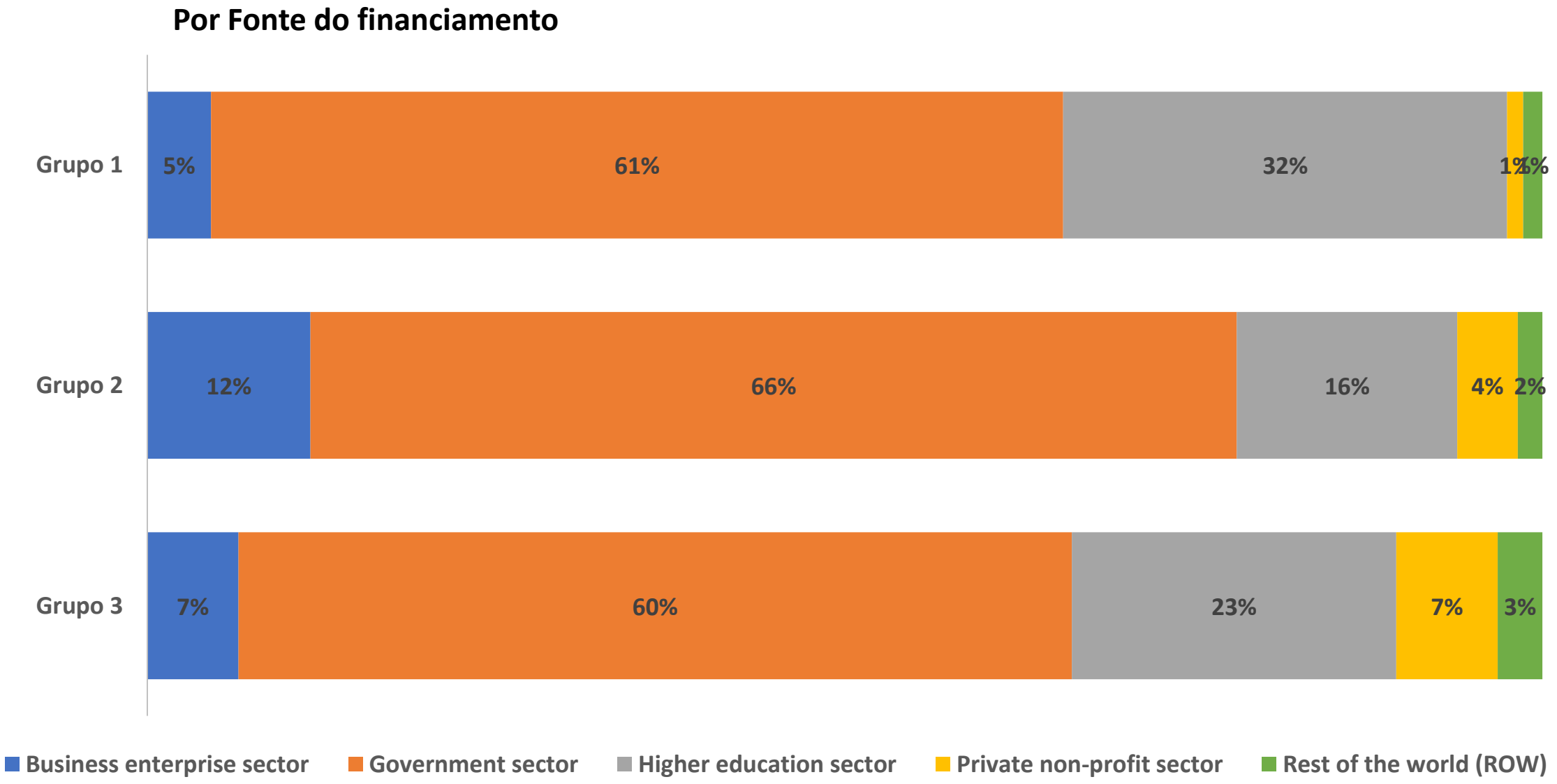
Coréia do Sul
Finlândia
Israel
Japão

Grupo	% P&D Total/PIB	% P&D Empresarial/PIB
3	1 a menos de 2%	0,5 até 1,2%
2	2 a menos de 3%	1,3 até 2%
1	acima de 3%	acima 2%

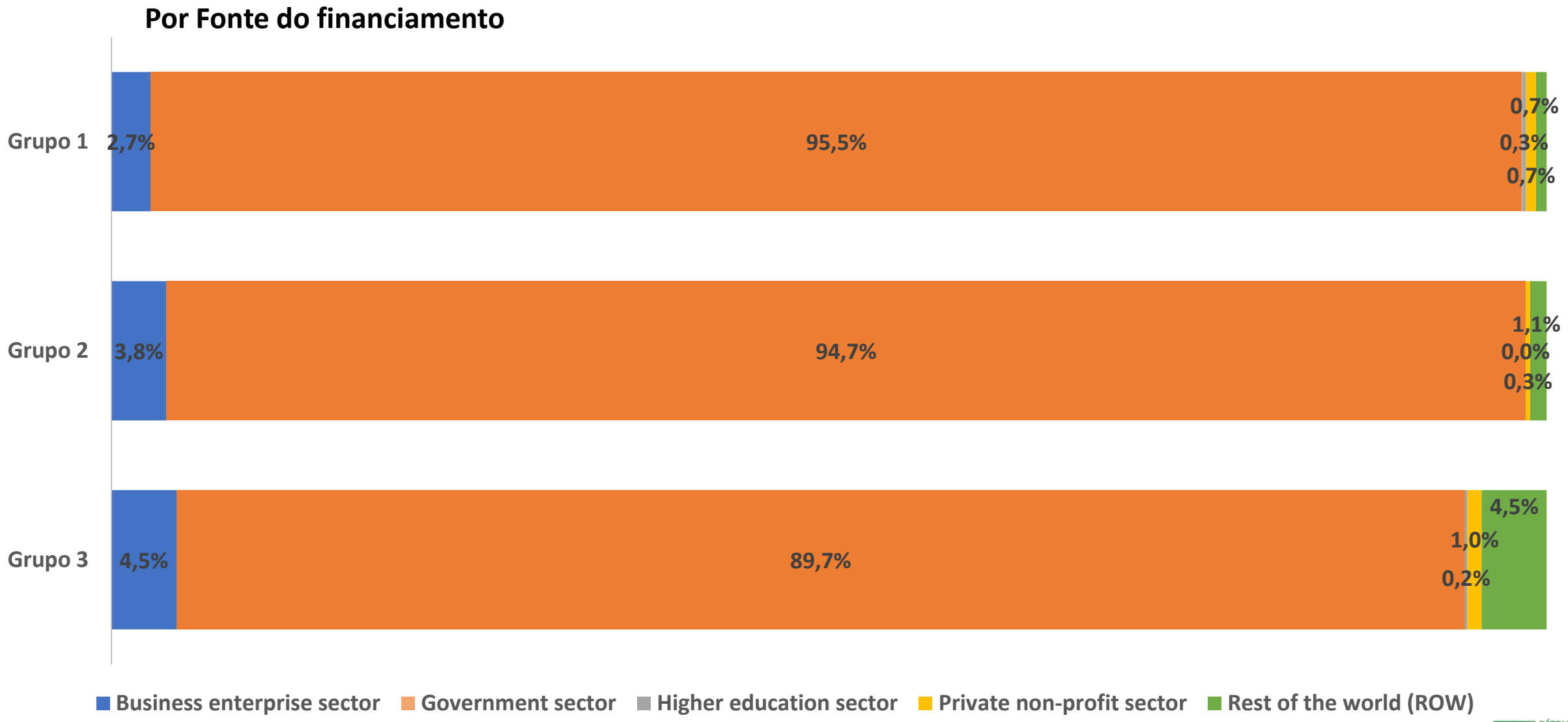
** Média para o período 2011-2017*

Fonte: OCDE. https://stats.oecd.org/#

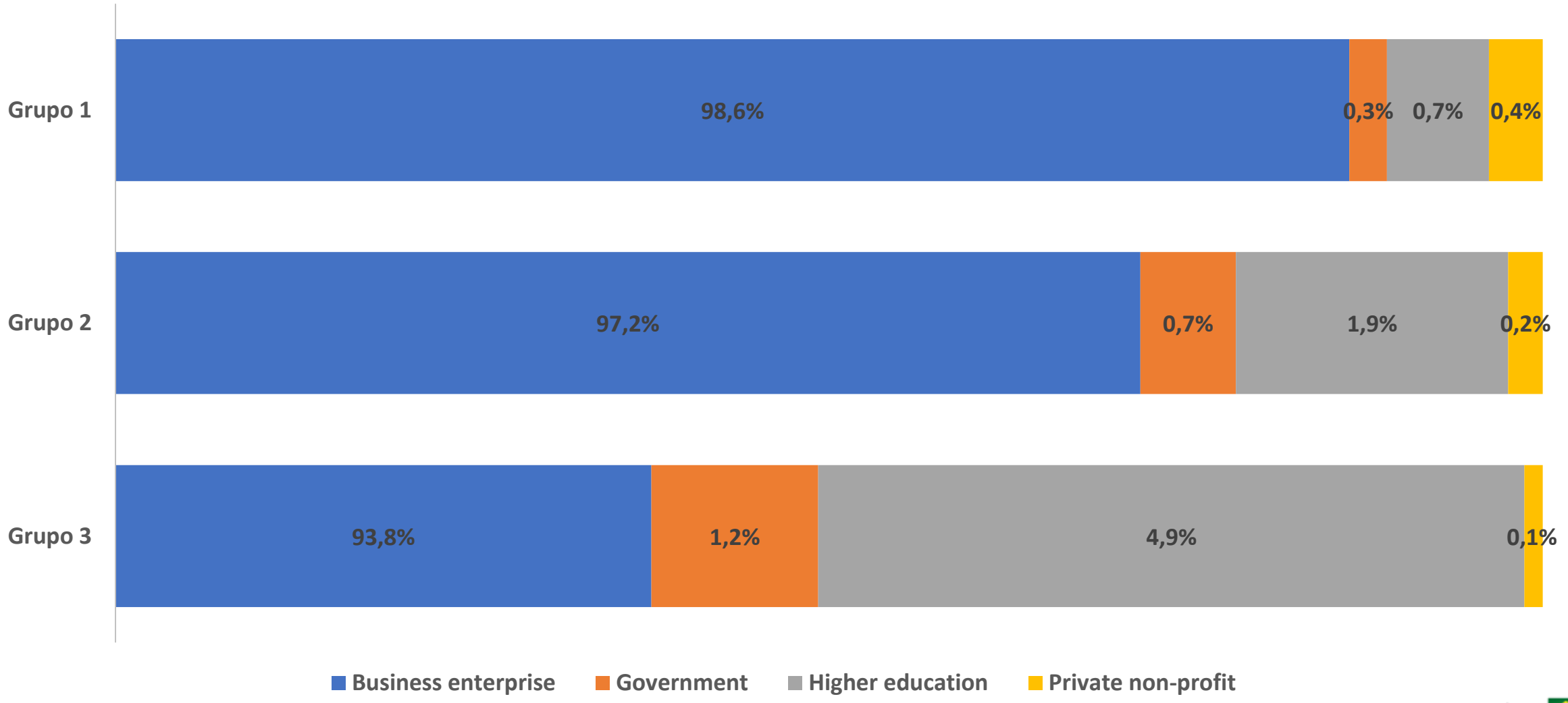
Investimento em P&D no setor de ensino superior, por grupo de países



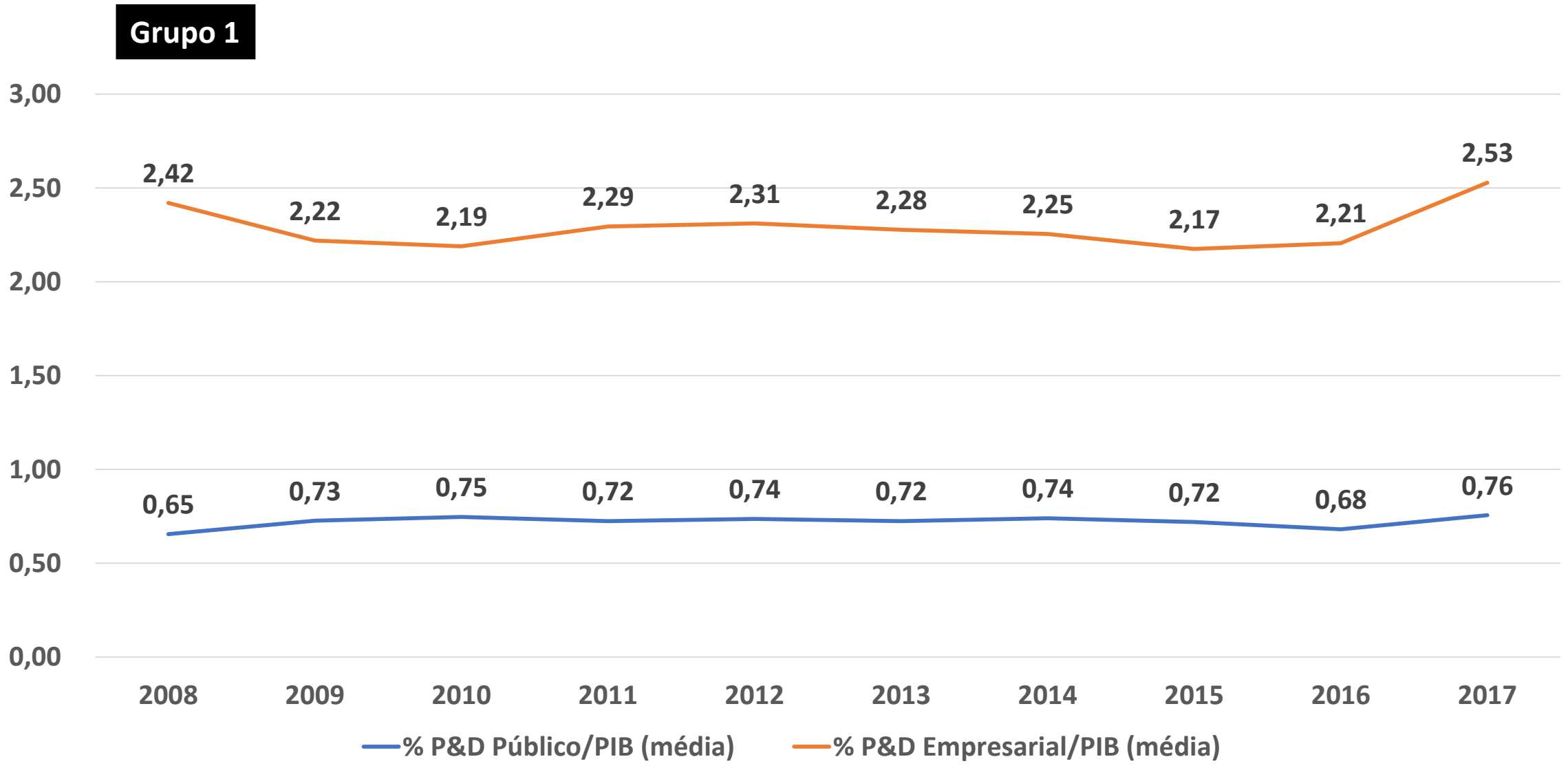
Investimento em P&D no setor governo, por grupo de países



Direcionamento do financiamento empresarial por setor, por grupo de países



Dispêndio em P&D em relação PIB, por setor, 2008-2017



Conclusões

- Investimentos em C&T são fundamentais para avanço do conhecimento, inserção em uma sociedade moderna, desenvolvimento tecnológico e inovação
- Interações são complexas e não-lineares
- Vários atores, ecossistemas
- Investimentos em RH, infraestrutura, fomento
- Transversalidade, Coordenação, Governança, Gestão
- Políticas Estratégicas e de longo prazo
- Prioridades, Agenda
- Financiamento privado no mundo focado em P&D interno às empresas (curto prazo)
- Financiamento público essencial para manter o Sistema Nacional de CT&I