



**Indústria  
2027**  
mei MOBILIZAÇÃO EMPRESARIAL PELA INOVAÇÃO

**Indústria 2027:  
Riscos e Oportunidade para o Brasil diante Inovações Disruptivas**

**Produto 3  
Síntese dos Estudos dos Clusters Tecnológicos**

***Mapa de Clusters Tecnológicos e Inovações Relevantes para Competitividade***

**16 de outubro de 2017**

Execução Técnica:



Iniciativa:



Confederação Nacional da Indústria

**CNI. A FORÇA DO BRASIL INDÚSTRIA**

Realização:



Iniciativa da CNI - Confederação  
Nacional da Indústria

# Sumário



- 1. Introdução**
- 2. Mapa dos Clusters Tecnológicos**
- 3. Impactos das Tecnologias Relevantes para a Competitividade dos Sistemas Produtivos**
- 4. Balanço e Implicações**

# Objetivos do Projeto Indústria 2027



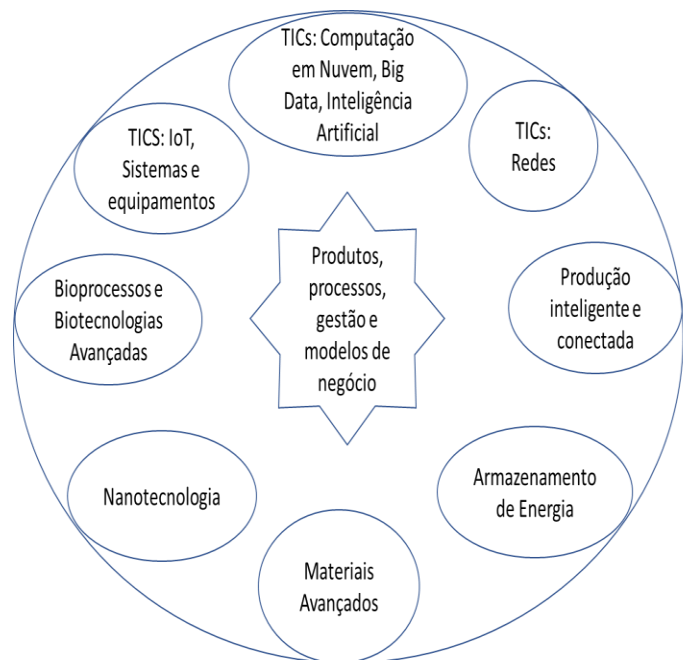
- Identificar e **avaliar impactos de tecnologias disruptivas** sobre diferentes sistemas produtivos no horizonte de cinco a dez anos
- Avaliar capacidade do Brasil e seu sistema empresarial, defletir riscos, acompanhar, absorver e **aproveitar oportunidades** derivadas de inovações disruptivas
- Prover insumos para o planejamento estratégico de empresas e **subsídios para a formulação de políticas públicas** para a construção de uma estratégia de emparelhamento (*catching-up*)

# Os Desafios do Projeto Indústria 2027

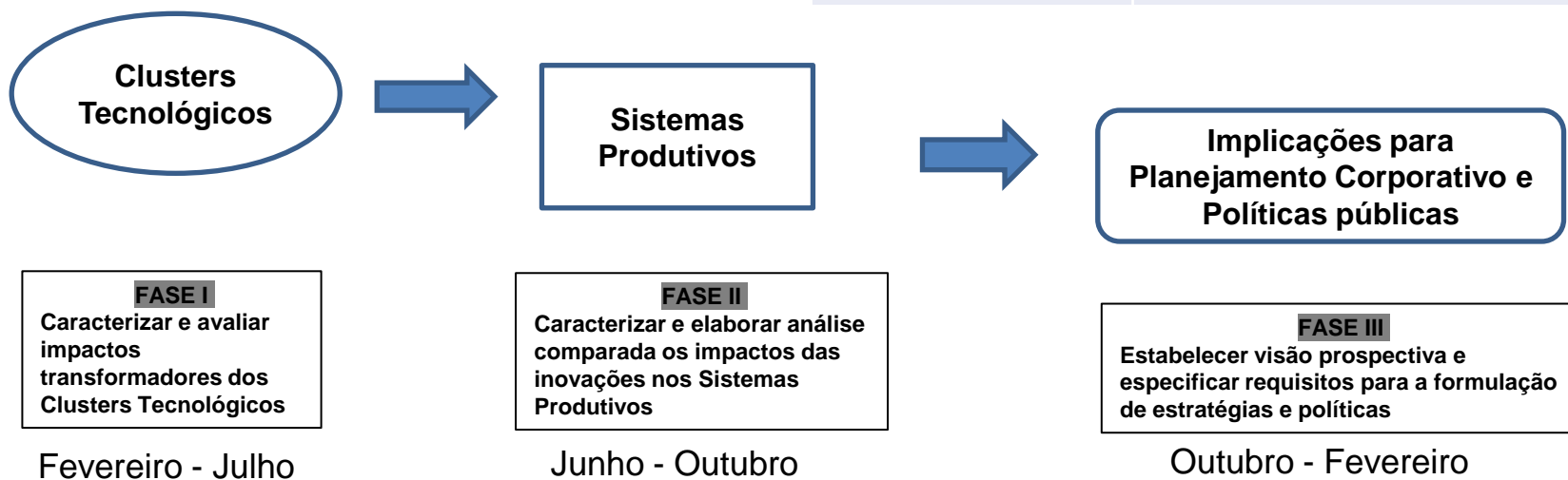


- Inovações disruptivas transformam sistemas produtivos, contestam posições de mercado, deslocam líderes, abrem espaços para entrantes
- Inovações disruptivas se originam em clusters convergentes de tecnologias integradas, conectadas e inteligentes em introdução ou já em difusão que terão fortes impactos sócio-econômicos nos próximos anos (entre 5 e 10 anos)
- Inovações disruptivas implicam riscos e necessidades diferenciadas para a indústria brasileira em vista da variedade de estágios de evolução intra e entre setores. Como aproveitar oportunidades emergentes?

# Campo de Estudos e Fases do Projeto Indústria 2027



Sistemas Produtivos	Focos Setoriais
Agroindústrias	Alimentos Processados
Insumos Básicos	Siderurgia
Química	Química verde
Petróleo e Gás	E&P em Águas Profundas
Bens de Capital	Máquinas e Implementos Agrícolas, Máquinas Ferramenta, Motores Elétricos, Equipamentos de GTD
Complexo Automotivo	Veículos Leves
Aeroespacial, Defesa	Aeronáutica
TICs	Sistemas e Equipamentos de Telecom, Microeletrônica, Software
Farmacêutica	Biofármacos
Bens de Consumo	Têxtil e Vestuário



# FASE I: Clusters Tecnológicos

## Objetivos

- Identificar tecnologias relevantes e examinar tendências de evolução, impactos potenciais, transformações esperadas e constrangimentos à geração e difusão das inovações para orientar a análise da indústria

## Amplitude temática

- Principais tecnologias disruptivas emergentes
- Horizonte temporal e expectativas de uso efetivo no âmbito industrial
- Pertinência e importância de tecnologias relevantes para sistemas produtivos
- Impactos potenciais das tecnologias relevantes sobre sistemas produtivos

## Construção do Mapa de Clusters Tecnológicos

- Análise dos Clusters por especialistas
- Elaboração de Sumários para cada Cluster contendo (i) inovações prováveis em 5-10 anos; (ii) evolução recente e prospectiva e constrangimentos à difusão; (iii) potencial de uso genérico e em cada sistema produtivo.
- Construção de Mapa Síntese de Clusters Tecnológicos

## Grupo 1. Categorias relacionadas ao processo de inovação

### Especificação

#### Natureza da Inovação

Grau de novidade da inovação com referência ao estado da arte da tecnologia. Pode ser:

- i. incremental (aperfeiçoamentos em tecnologias existente);
- ii. radical (“destruição criadora” da trajetória tecnológica); ou
- iii. incremental com potencial radical (incremental hoje podendo evoluir até tornar-se radical no futuro)

#### Contribuição do Cluster

Grau em que o progresso de um cluster potencializa as inovações nos demais. Pode ser:

- i. Instrumental geral (quando são habilitadoras de inovações em todos os demais clusters); ou
- ii. Instrumental específica (quando favorece o apenas o próprio cluster ou clusters específicos).

#### Prospectiva Tecnológica

Grau percebido de previsibilidade quanto as soluções tecnológicas prevaletentes em 10 anos, considerando incertezas técnicas e de mercado. Pode ser

- i. madura: padrão de soluções já estabelecido e previsível,
- ii. em seleção: soluções conhecidas mas em competição; ou
- iii. em mutação: novas soluções ainda por serem introduzidas

# Quadro Analítico (cont.)

## Grupo 2. Categorias relacionadas à adoção da inovação

### Tipo de Inovação

Área de incidência na Empresa/Cadeia de Valor. Podem ser:

- i. de processo;
- ii. de produto;
- iii. organizacional;
- iv. de insumos ou infraestruturas; ou
- v. de criação de mercados

### Espectro de Aplicação

Amplitude de aplicação das inovações em diferentes atividades econômicas. Pode ser:

- i. de propósito geral; ou
- ii. de propósito específico

### Intensidade do Impacto das Inovações

Transformações causadas em modelos de negócio, padrões de concorrência e estruturas de mercado. Pode ser:

- i. Moderado: aumentam a competitividade das empresas sem transformar as condições de concorrência;
- ii. Disruptivo: provocam mudanças que contestam o status quo concorrencial; ou
- iii. Potencial Disruptivo: impacto moderado hoje mas que pode evoluir na direção de se tornarem disruptivos até 2027



# Mapa dos Clusters Tecnológicos

<b>Categorias analíticas</b>	<b>Inteligência Artificial (IA), Big Data, Nuvem</b>	<b>Redes de Comunicação</b>	<b>Internet das Coisas (IoT)</b>	<b>Produção Inteligente e Conectada (PIC)</b>	<b>Materiais Avançados (MA)</b>	<b>Nanotecnologia (NANO)</b>	<b>Biociências (BIO)</b>	<b>Armazenamento de Energia (AE)</b>
<b>Natureza da Inovação</b>	Incremental com potencial radical	Predomina incremental	Incremental com potencial radical	Incremental com potencial radical	Predomina incremental	Predomina radical	Incremental com potencial radical	Predomina incremental
<b>Contribuição</b>	IoT, REDES, PIC, MA, NANO, BIO, AE	IA, IoT, PIC, AE	IA, REDES, PIC, MA, NANO, BIO, AE	MA, NANO, BIO	REDES, NANO, AE	IoT, REDES, PIC, MA, BIO, AE	MA, NANO	IoT, REDES, PIC
<b>Prospectiva</b>	Predomínio de tecnologias em mutação	Convivência de tecnologias maduras e tecnologias em seleção	Predomínio de tecnologias em mutação	Convivência de tecnologias em seleção e em mutação	Convivência de tecnologias maduras, em seleção e em mutação	Convivência de tecnologias em seleção e em mutação	Convivência de tecnologias maduras para sequenciamento e em mutação, para edição genômica	Convivência de tecnologias maduras e em seleção
<b>Tipos de inovações</b>	Inovações de processo, de produto, insumos, organizacionais, infraestrutura e mercado	Inovações de produto, infraestrutura e mercado	Inovações de processo, produto, insumos, organizacionais, infraestrutura e mercado	Inovações de processo, organizacionais e mercados	Inovações de produto, insumos e mercados	Inovações de produto, insumos, processos e mercados	Inovações de produto, insumos, processos e de mercados	Inovações de produto, processo e de mercado
<b>Espectro</b>	Tecnologias de propósito geral	Tecnologias de propósito geral	Tecnologias de propósito geral	Tecnologias de propósito específico a processos produtivos em qualquer indústria	Tecnologias de propósito específico	Tecnologias de propósito geral	Tecnologias de aplicação específica na medicina, agroindústrias, química	Tecnologias de propósito específico para eletrificação autônoma e conservação de energia
<b>Intensidade do Impacto</b>	Predomina potencial disruptivo até 2027	Convivência entre moderado e potencial disruptivo até 2027	Predomina potencial disruptivo até 2027	Predomina potencial disruptivo até 2027	Convivência de moderado, potencial disruptivo e disruptivo dependendo da família de produtos	Predomina potencial disruptivo até 2027	Disruptivo	Predomina moderado

# Síntese dos Impactos Esperados dos Clusters sobre os Sistemas Produtivos

## Para cada Sistema Produtivo

- 1- Identificação das tecnologias relevantes e seus usos de cada Cluster Tecnológico
- 2- Classificação e especificação da intensidade dos impactos em até 10 anos: (i) moderado; (ii) potencial disruptivo até 2027; (iii) disruptivo
- 3- Elaboração de síntese do impacto das tecnologias relevantes por sistema produtivo



2017 2027

**Impacto moderado  
(em 2017 e em 2027)**



2017 2027

**Impacto potencial disruptivo até  
2027**



2017 2027

**Impacto disruptivo  
(em 2017 e até 2027)**

# Impactos Esperados dos Clusters sobre Sistemas Produtivos -2017-2027-

	Agro	Insumos Básicos	Química	Petróleo & Gás	Bens de Capital	Automotiva	Aeroespacial & Defesa	TICs	Bens de Consumo	Farma
Inteligência artificial										
Redes de Comunicação										
Internet das Coisas (IoT)										
PIC										
Materiais Avançados										
Nano										
Bioteχνologia		n/a		n/a	n/a	n/a	n/a		n/a	
Armaz. de Energia										

**Legenda:**

n/a: não aplica		<b>Impacto moderado</b>		<b>Impacto potencialmente disruptivo</b>		<b>Impacto disruptivo</b>	
			17 27		17 27		17 27

# Balanço: Processo de Inovação (Grupo 1)



Categoria Analítica	Balanço
<u>Natureza da Inovação</u>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Inovações radicais são pouco frequentes e mais presentes no Cluster Nano</li><li>✓ Nos demais, há predomínio de inovações incrementais</li><li>✓ Há potencial de surgimento de inovações radicais no horizonte até 2027 em IA, Big Data e Nuvem; IoT; Produção Inteligente e Conectada; e Biotecnologia</li></ul>
<u>Contribuição do Cluster</u>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Convergências entre tecnologias de diferentes Clusters são a norma.</li><li>✓ Destacam-se IA, Big Data e Nuvem; IoT; e Nano, que são instrumentais gerais</li></ul>
<u>Prospectiva Tecnológica</u>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ De modo geral, convivem nos Clusters tecnologias em seleção e em mutação</li><li>✓ Em IA, Big Data e Nuvem; e IoT há predomínio de tecnologias em mutação, o que induz a uma maior imprevisibilidade.</li><li>✓ Em Redes; Materiais Avançados; Biotecnologias; e Armazenamento de Energia verifica-se relevância de tecnologias maduras.</li></ul>

# Balanço: Processo de Adoção (Grupo 2)



## Categoria Analítica

## Balanço

### Tipo de Inovação

- ✓ Os tipos de inovações são em geral variados, sendo que em IA e IoT ocorrem todos os tipos
- ✓ Em todos os Clusters são esperadas inovações criadoras de novos mercados, o que reforça o potencial transformador dessas tecnologias

### Espectro de Aplicação

- ✓ Clusters IA, Big Data e Nuvem; Redes, IoT; e Nano contemplam tecnologias de propósito geral
- ✓ Materiais Avançados; Biotecnologias; e Armazenamento de Energia abrigam tecnologias de propósito específico

### Intensidade do Impacto das Inovações

- ✓ Impactos muito diferenciados sobre os sistemas produtivos
- ✓ Predomínio de situações de **impacto moderado** hoje com potencial disruptivo até 2027
- ✓ Exceções:
  - IA, Big Data e Nuvem cujo com impactos disruptivos já no presente
  - Materiais Avançados e Armazenamento de Energia com impactos moderados no horizonte temporal de 10 anos

**O decréscimo acentuado dos custos de adoção de tecnologias chave em todos os Clusters sinaliza para a aceleração da taxa de difusão das inovações.**

**Esta é a principal razão pela qual é crucial que as empresas brasileiras se mobilizem desde já em direção à incorporação destas inovações.**

# Implicações de política: constrangimentos à geração e difusão de inovações

## Inteligência Artificial, Redes, IoT, Produção Inteligente

### Éticos e Regulatórios

- Liberdade de escolha. Direito à privacidade e confidencialidade de dados.
- Propriedade e acesso aos dados (indivíduos vs. empresas)
- Segurança pessoal e usos negativos sobre a vida do indivíduo. Proteção contra vandalismo e roubo de dados
- Grau de autonomia das máquinas.
- Responsabilização e penalização por violações de acesso a dados e usos indevidos, prejuízos ou acidentes.
- Segredos Industriais

### Normativos

- Padrões abertos vs. padrões proprietários
- Normas técnicas para rastrear decisões
- Proteção criptográfica
- Disponibilidade, qualidade, integridade e tratamento dos dados.
- Compatibilidade e sensorização de legacy systems.

### Tecnoeconômicos

- Capacitações técnicas e organizacionais adaptadas ao uso

### Socioambientais

- Aceitação social
- Efeito sobre meio-ambiente e saúde (antenas)
- Reciclagem e descarte de equipamentos, insumos e bens

## Materiais Avançados, Nanotecnologia, Biotecnologia, Armazenamento de Energia

### Ético e Regulatórios

- Regras e limitações a armamentos (materiais e nanotecnologia)
- Uso e manipulação de genomas humano e animal/vegetal
- Segurança de organismos modificados
- Poder econômico derivado de propriedade intelectual

### Normativos

- Tecnologias abertas vs. tecnologias proprietárias
- Ausência ou lentidão de amadurecimento de normas técnicas
- Rigidez de normas existentes como fator impeditivo à inovação

### Tecnoeconômicos

- Capacitações técnicas e organizacionais adaptadas ao uso
- Desenvolvimento da bioinformática e custo-performance de processamento; aperfeiçoamento e adaptação de algoritmos para uso clínico.
- Desenvolvimento de bancos de biodados (biobancos).
- Disponibilidade de redes de recarga para automóveis elétricos.
- Tempo de recarga rápida e de duração (autonomia).

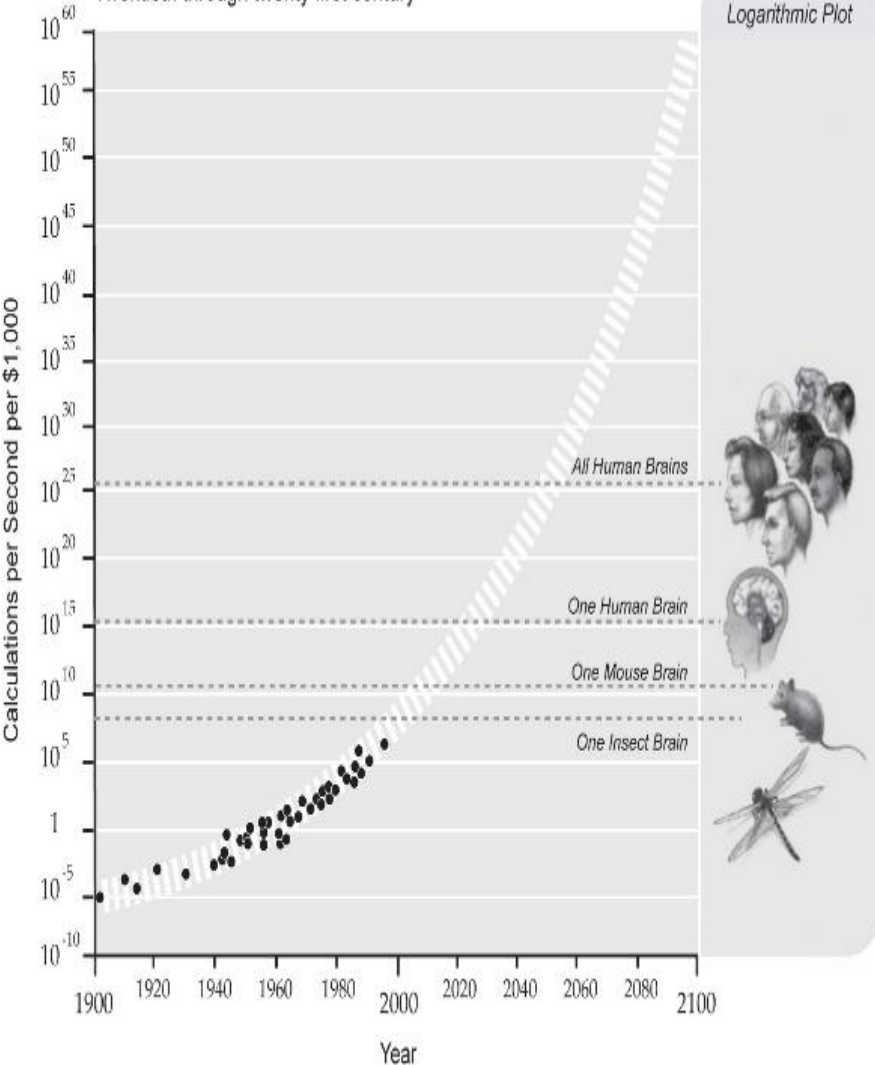
### Socioambientais

- Aceitação social
- Riscos à saúde e descarte de materiais, nanotecnologia e biotecnologia
- Reciclagem e descarte de equipamentos, insumos e bens

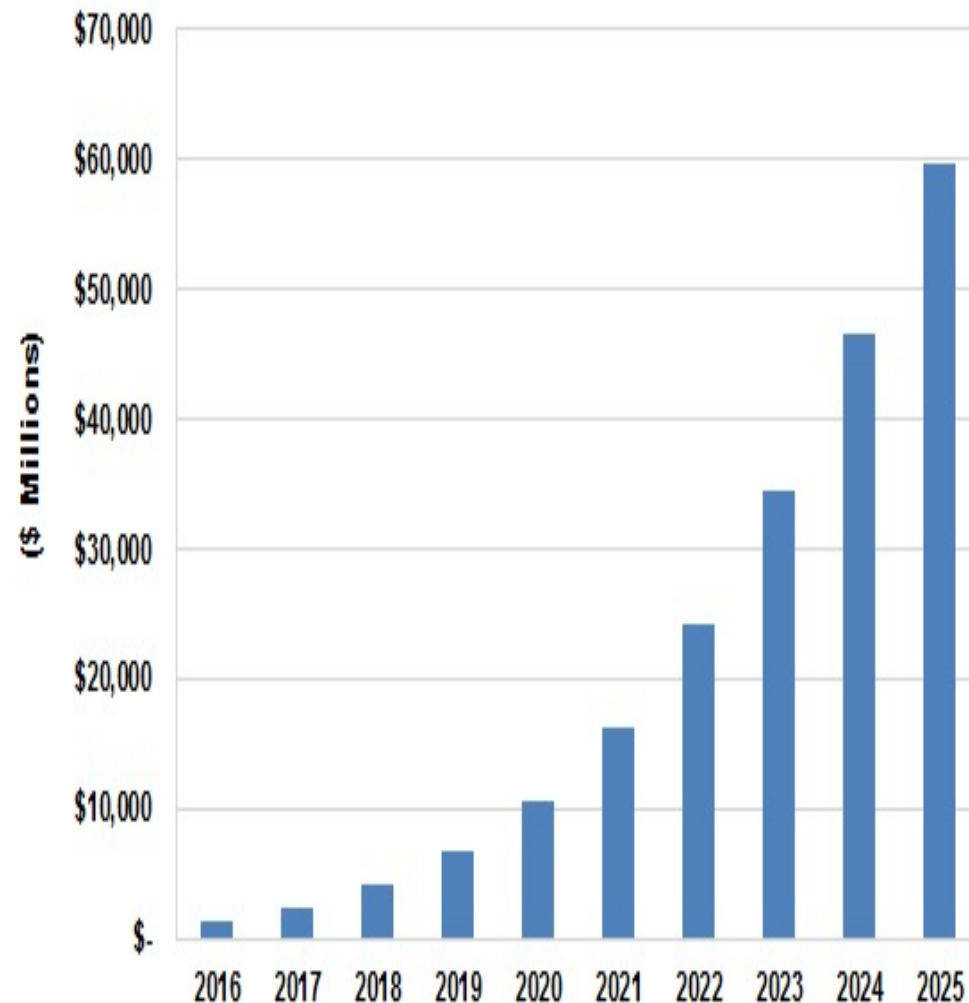
# Inteligência Artificial: evolução da capacidade de computação e mercado potencial

**Exponential Growth of Computing**

Twentieth through twenty first century



**Artificial Intelligence Revenue, World Markets: 2016-2025**



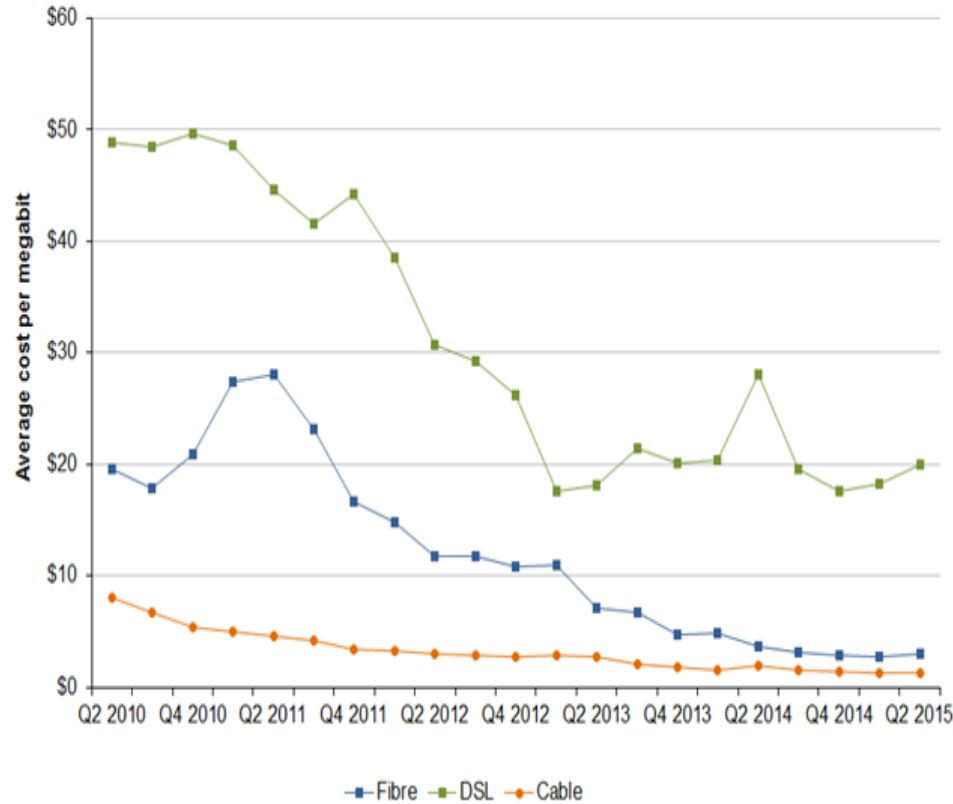
Fonte: <https://www.tractica.com/newsroom/press-releases/artificial-intelligence-software-revenue-to-reach-59-8-billion-worldwide-by-2025/>

Fonte: <http://singularity.com/images/charts/ExponentialGrowthofComputing.j>

# Custos e difusão de tecnologias de Redes de Comunicação

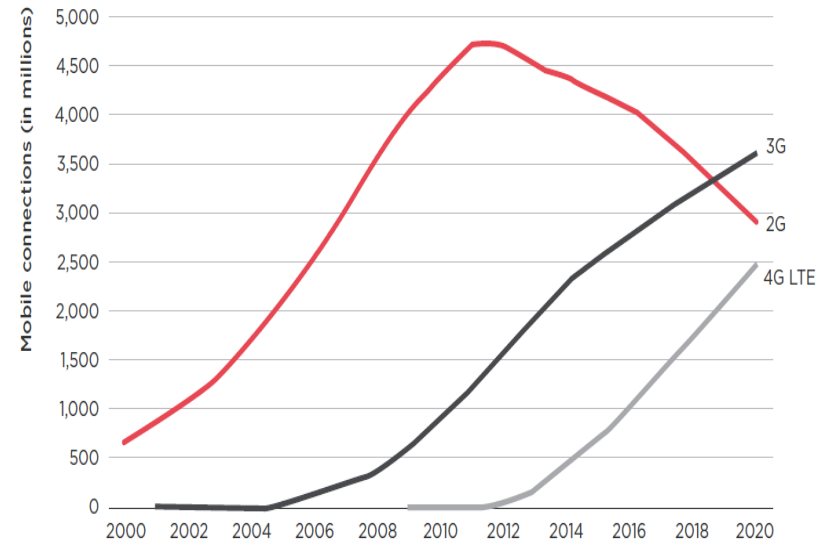
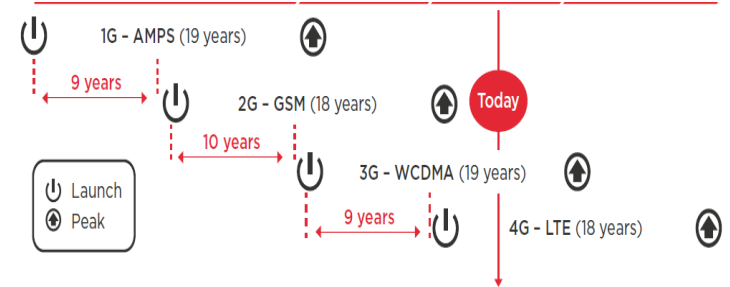
## Global - trends over time

Changes in average cost per megabit of business services, USD at PPP rates



Fonte: <http://point-topic.com/free-analysis/broadband-tariff-trends-over-time-q2-2010-to-q2-2015/>

## Evolução das gerações tecnológicas

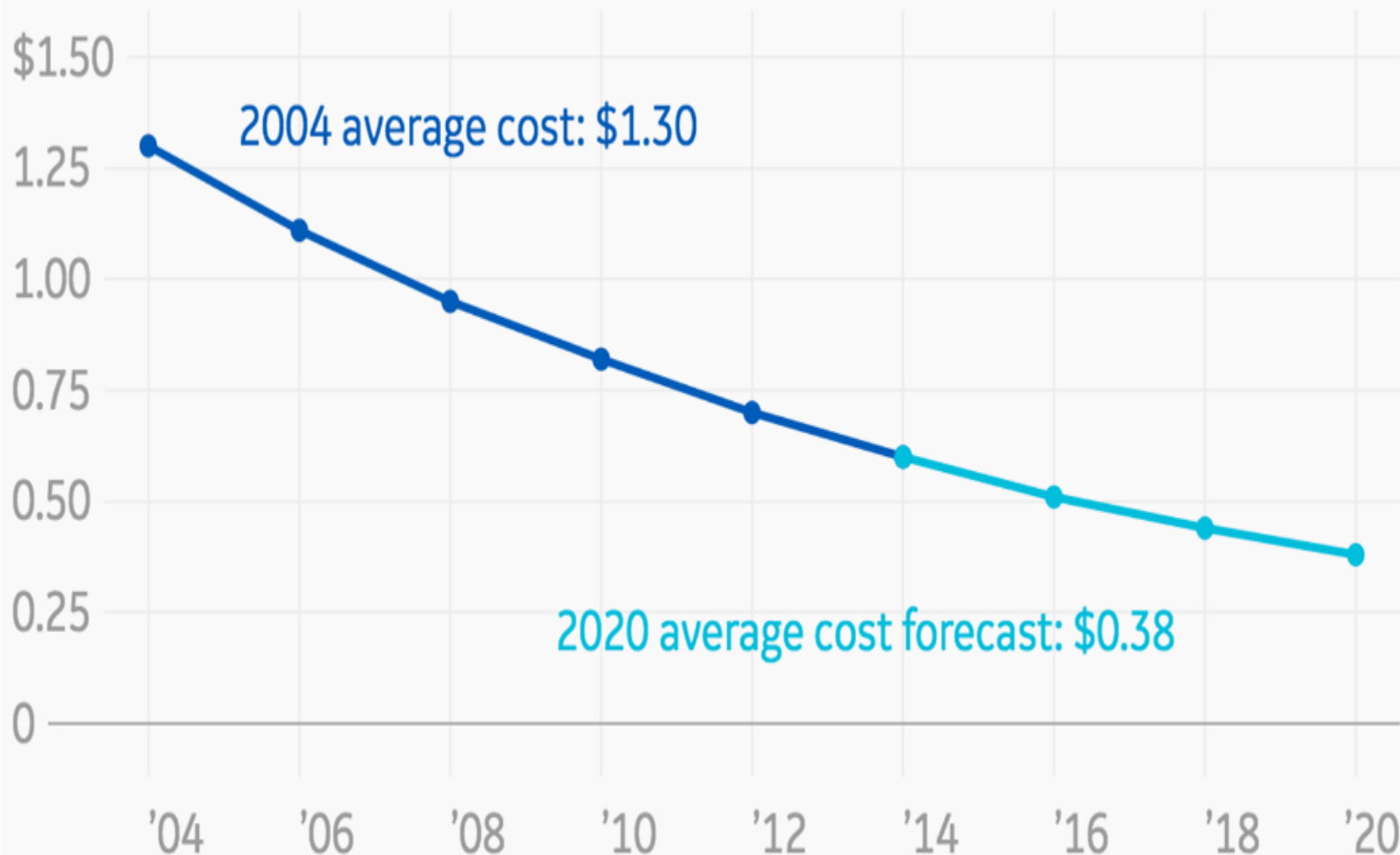


Fonte: GSMA INTELLIGENCE (2014)



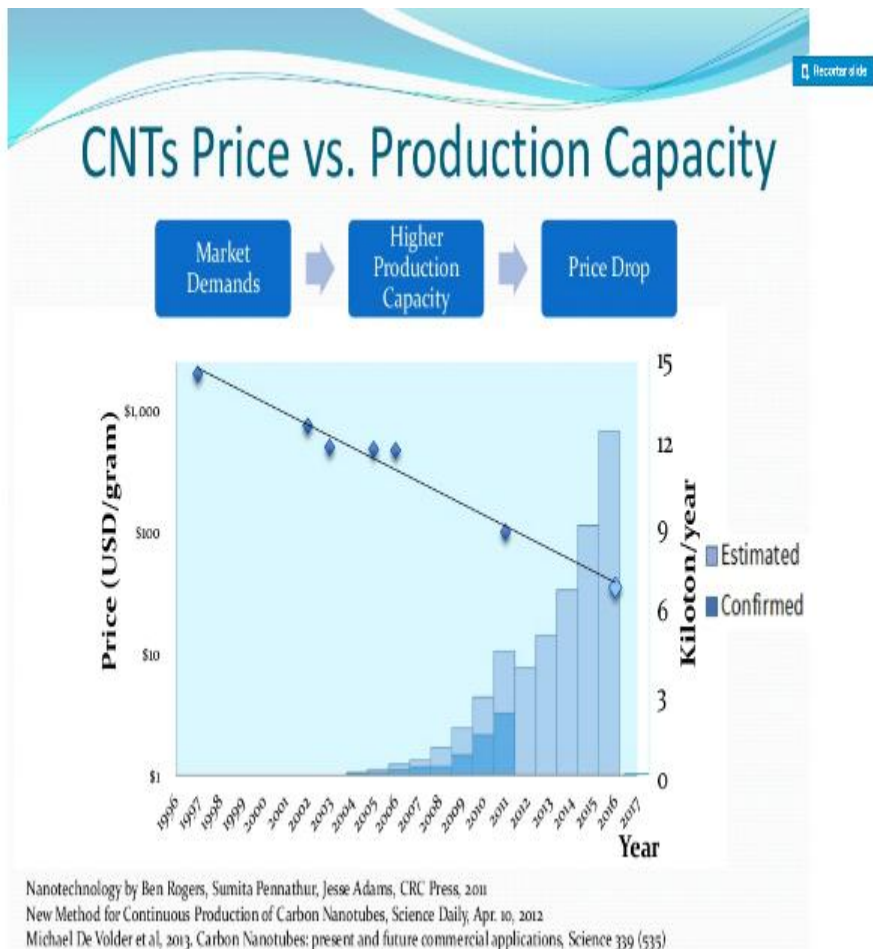
# IoT: evolução do custo de sensores

## The average cost of IoT sensors is falling



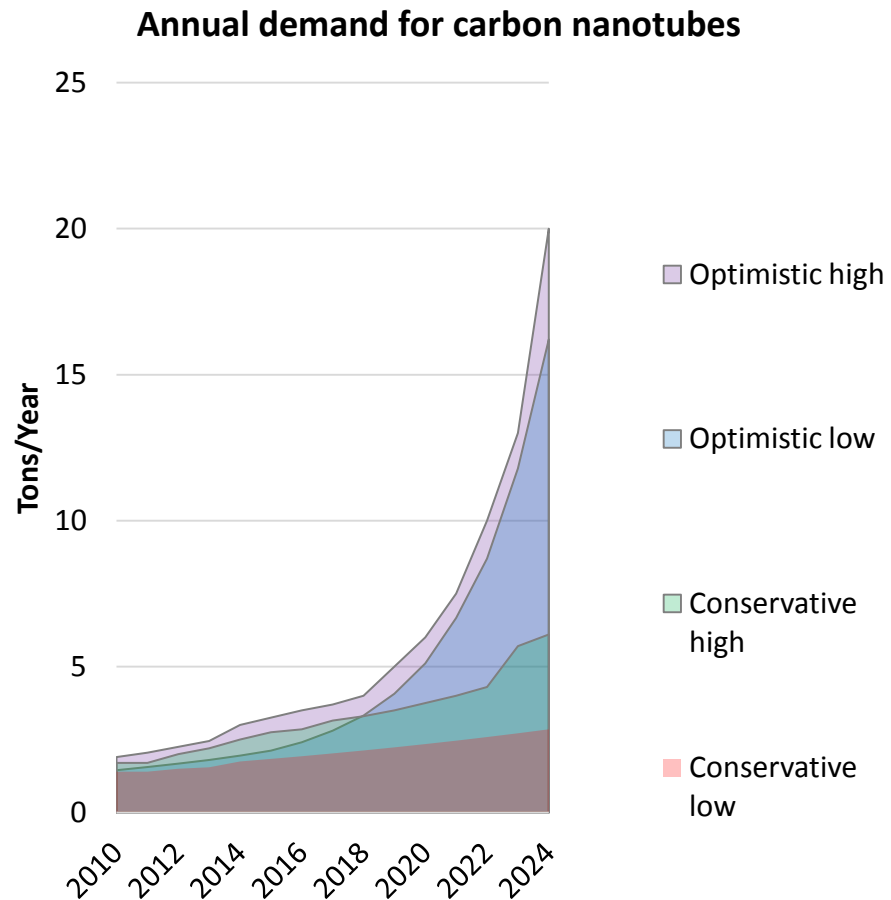
# Evolução do custo e demanda de nanotubos de carbono

- Evolução do custo de nanotubos de carbono e capacidade instalada



Fonte: <https://pt.slideshare.net/Funk98/mt5009-group-revolvecarbonnanotubefinal/22>

- Demanda por nanotubos de carbono

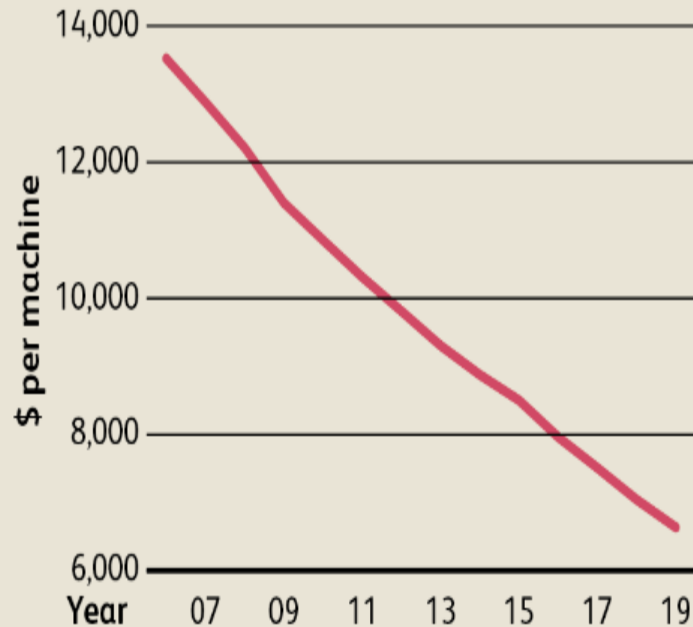


Fonte: Future Markets (2014)

# Evolução do custo de tecnologias para Produção Inteligente e Conectada

## Custo de Máquinas para Manufatura Aditiva

### 3D Printing Machines – Benchmark Price



SOURCE: IBISWorld

## Custo operacional de robôs em relação ao custo do trabalho

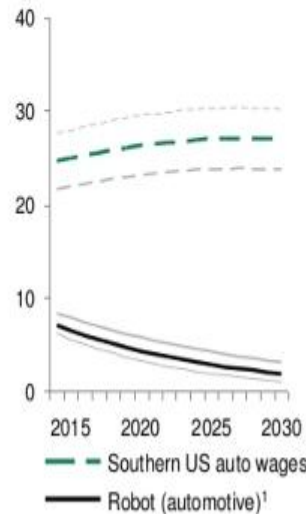
*Indústrias selecionadas (EUA)*

Within the US automotive and electrical equipment industries, robotic price/performance is better than or near parity with manual labor costs

### US automotive industry

2013 industrial robot shipments (units)	10,320
---	--------

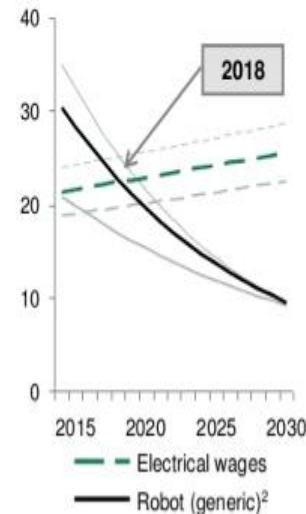
Price/performance-adjusted nominal wages and operating cost (\$/hour)



### US electrical equipment industry

2013 industrial robot shipments (units)	3,328
---	-------

Price/performance-adjusted nominal wages and operating cost (\$/hour)

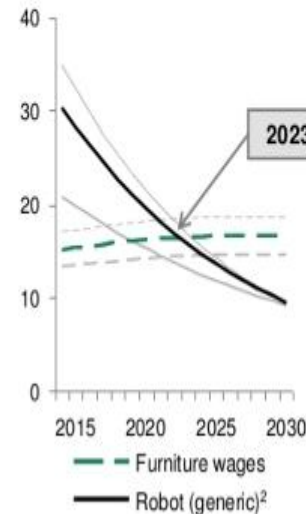


In other industries, robotic systems may surpass manual labor in the next 10 years

### US furniture industry

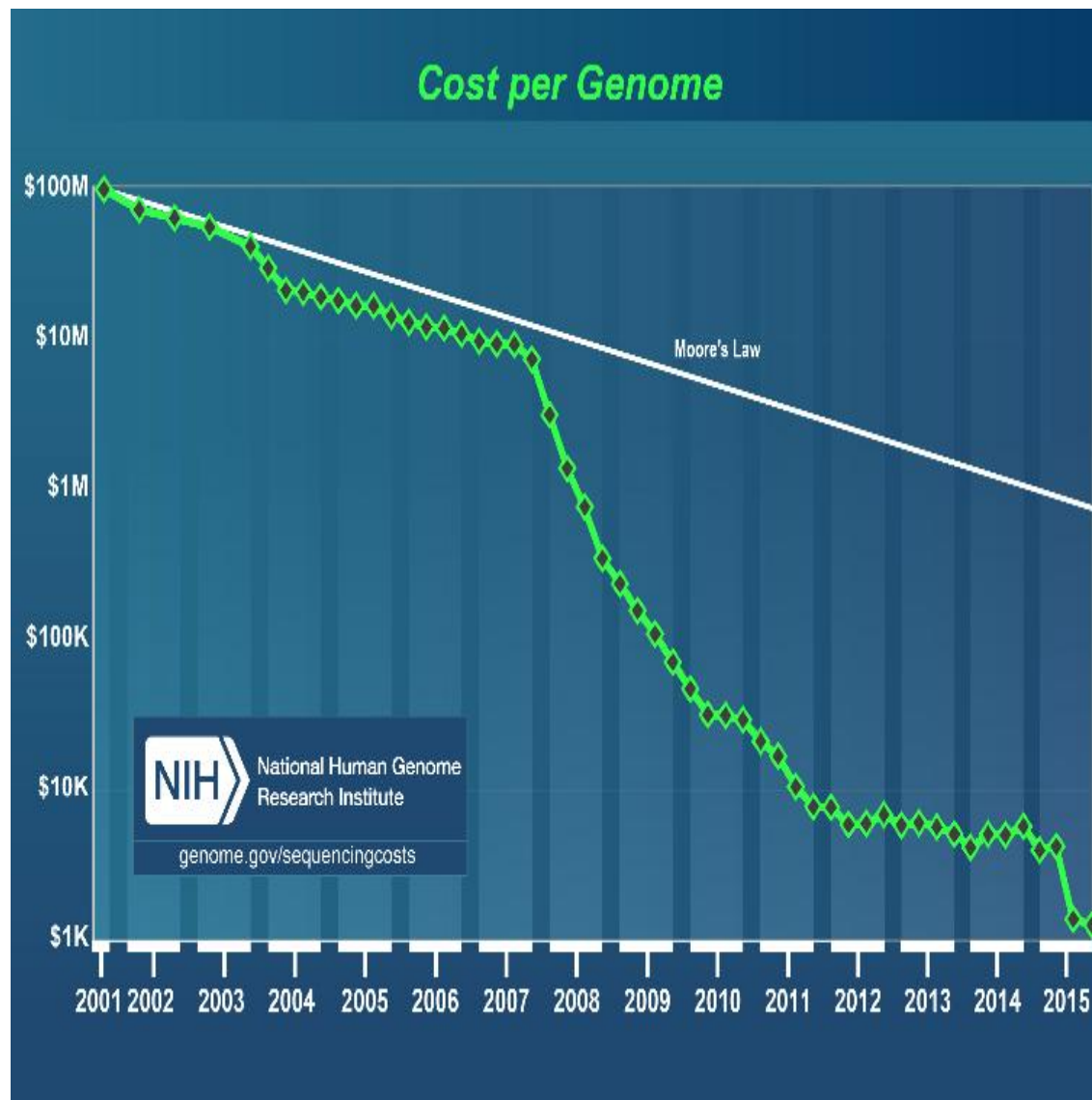
2013 industrial robot shipments <sup>3</sup> (units)	23
--	----

Price/performance-adjusted nominal wages and operating cost (\$/hour)



<sup>1</sup>Robot system cost is for a typical spot welding application in the US automotive industry. <sup>2</sup>Example is a general robotic system, such as the ABB IRB 2400. <sup>3</sup>Includes other wood products  
 Note: Assumes 8% price and performance improvement rate. Gray lines represent high (thin lines) and low (thick lines) scenarios around baseline scenario. Labor hourly rates include benefits and overhead (~50% increase over base hourly pay). All values shown in nominal 2014 US dollars.  
 Sources: US Bureau of Labor Statistics, Industrial Federation of Robotics, company websites, expert interviews, IFR "World Robotics - Industrial Robotics 2014," BCG analysis

# Evolução do custo de sequenciamento do genoma humano



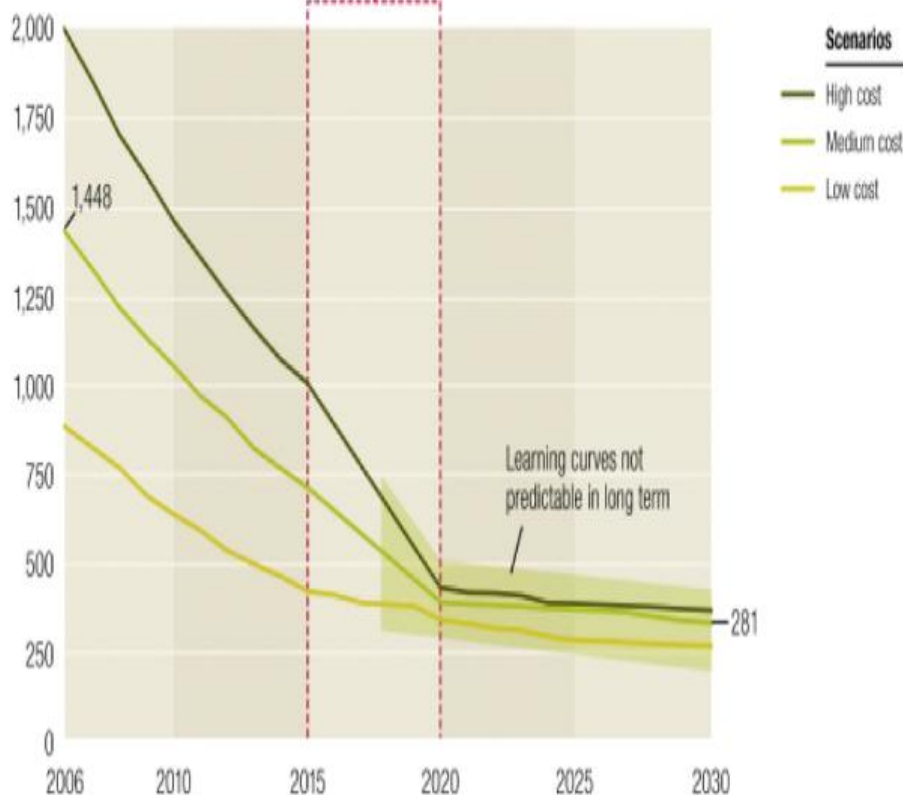
Fonte: <https://www.genome.gov/sequencingcostsdata/>

# Evolução do custo de baterias de li-ion

## Cost of Li-ion battery packs in BEV

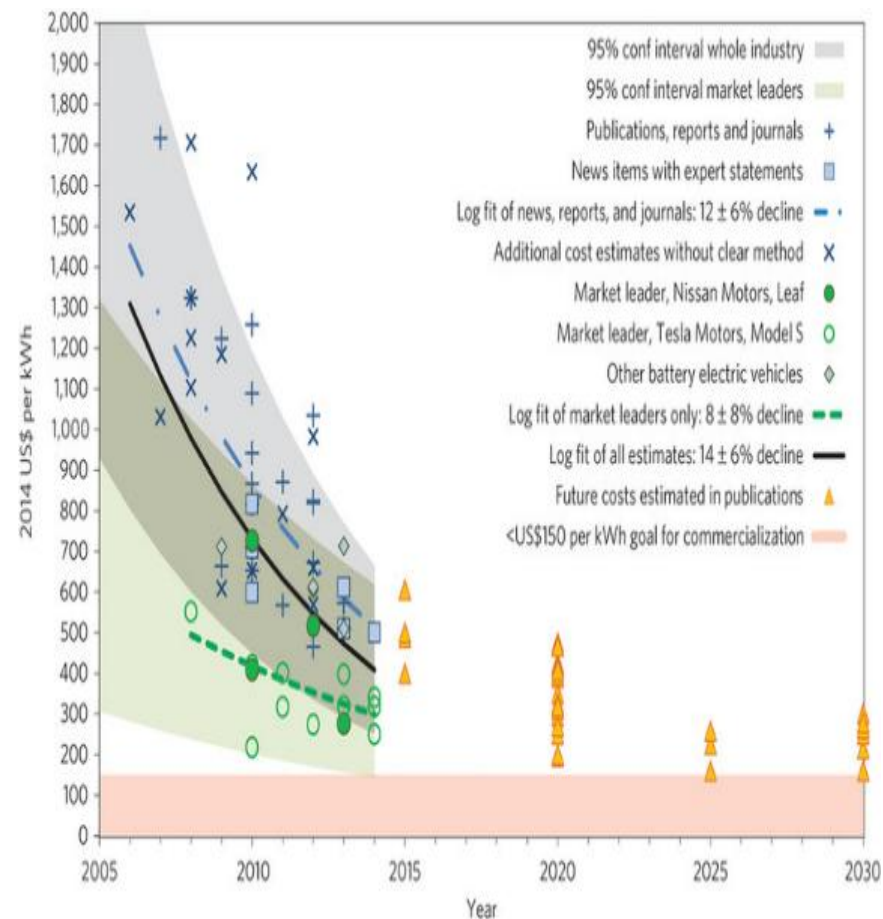
Lithium-ion battery cost assumptions,  
\$ per kilowatt hour (kWh), pack level

Projected breakthrough for materials and/or productivity, in addition to improvements in battery's state-of-charge window<sup>1</sup>



Fonte: Henseley et al (2009)

## Cost of Li-ion battery packs in BEV



Fonte:  
<http://www.nature.com/nclimate/journal/v5/n4/full/nclimate2564.html>



**Indústria  
2027**  
mei MOBILIZAÇÃO EMPRESARIAL PELA INOVAÇÃO

**Indústria 2027:  
Riscos e Oportunidade para o Brasil diante Inovações Disruptivas**

**Produto 3  
Síntese dos Estudos dos Clusters Tecnológicos**

***Mapa de Clusters Tecnológicos e Inovações Relevantes para Competitividade***

**16 de outubro de 2017**

Execução Técnica:



Iniciativa:



Confederação Nacional da Indústria

**CNI. A FORÇA DO BRASIL INDÚSTRIA**

Realização:



Iniciativa da CNI - Confederação  
Nacional da Indústria



**Indústria  
2027**  
mei MOBILIZAÇÃO EMPRESARIAL PELA INOVAÇÃO

**CNI – 18º Diálogos da MEI – 16 outubro 2017**  
**Projeto Indústria 2027 – Análise do cluster tecnológico *INTERNET DAS COISAS***  
***Antonio Bordeaux***

Execução Técnica:



Iniciativa:



Confederação Nacional da Indústria

**CNI. A FORÇA DO BRASIL INDÚSTRIA**

Realização:

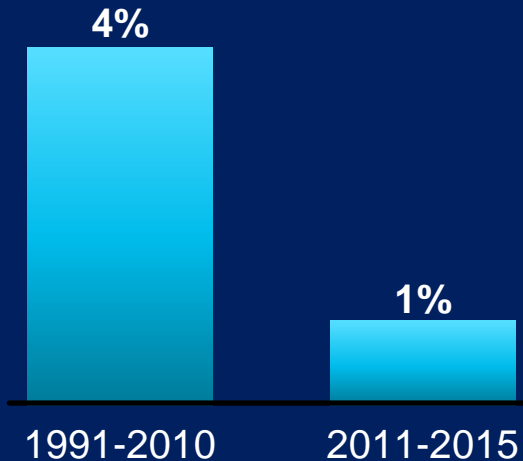


Iniciativa da CNI - Confederação  
Nacional da Indústria

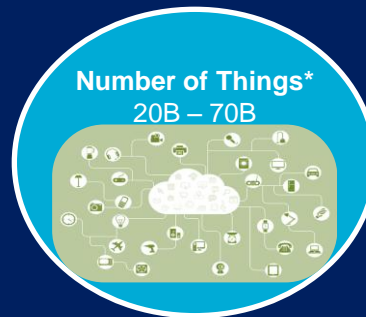
# Porque Industria brasileira precisa da Internet das Coisas (IoT)

The need for productivity and growth ... opportunities for driving innovation in industrial marketplaces

Global productivity



Global Growth – Internet of Things/ Industrial Internet



**Digital + Industrial → Productivity & Growth**

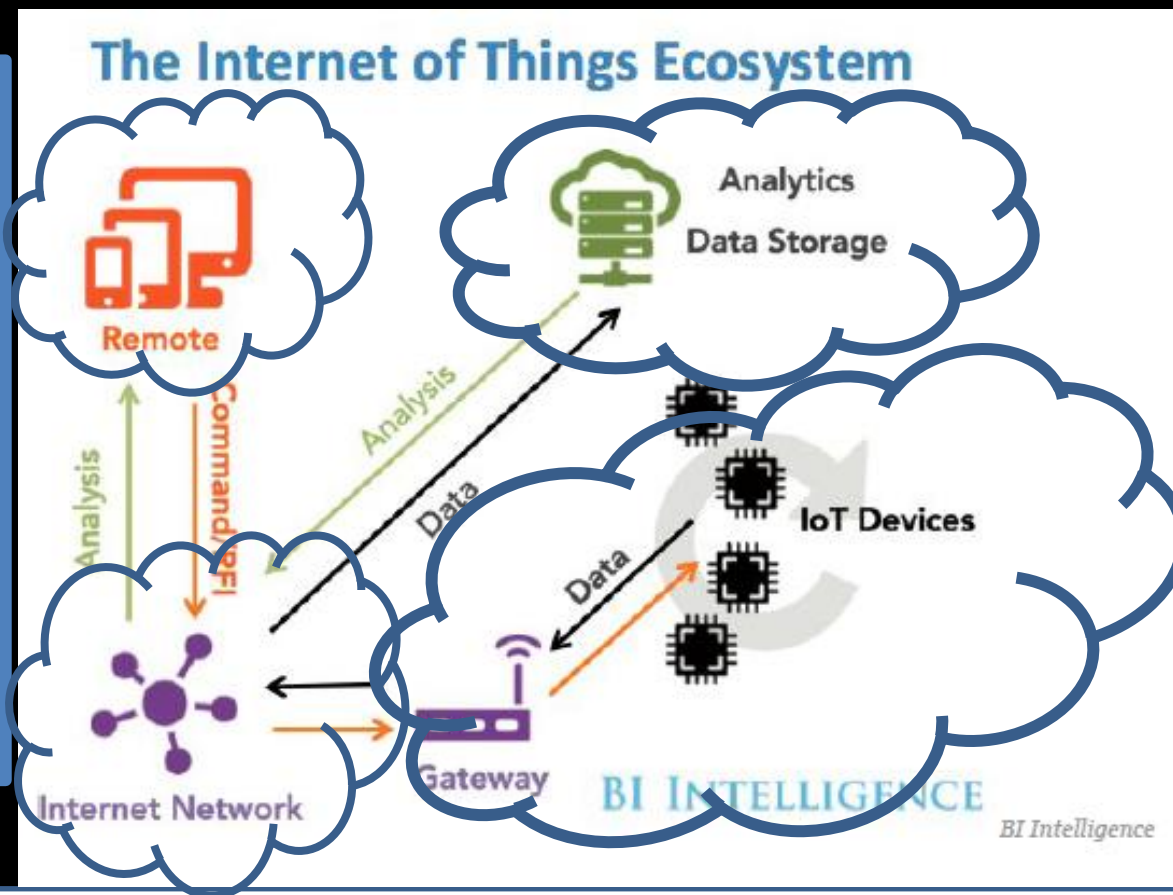
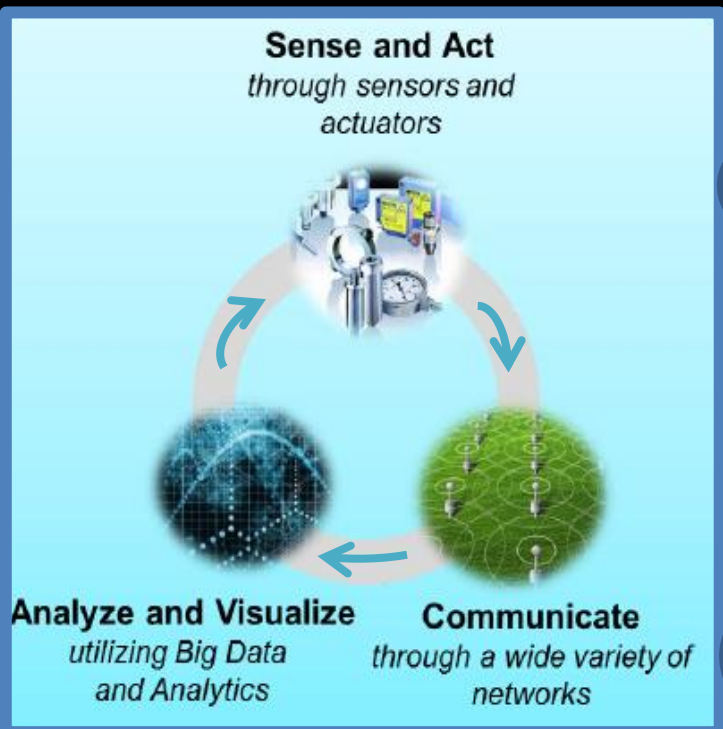
\* - Bain, McKinsey, GE, IHS, Forrester, Accenture, Gartner, AT&T



# Mas afinal, o que é IoT

?

ANÁLISE DO CLUSTER TECNOLÓGICO IoT - Bordeaux



# Conceito do IoT - Arquitetura de Referência

Information Technology



Convergência IT / OT

Operational Technology

## Conceito do IoT

- capacidade de **monitorar mais de perto** uma **linha de produção** em **tempo quase real**.
- vasto exército de **sensores e atuadores**
- analisando o "**quanto**" esta máquina é e será usado, para "**que**" e "**quando irá acontecer**"
- **o tesouro do IoT são os DADOS enviados para a nuvem**
- **computação em nuvem** fornece o **controle e gerencia operacional geral da fábrica**
- **computação em nuvem** fornece **Análise do Dados, Algoritmos de Decisão, SW Gestão de processos e Provisão de Serviços, Aplicações e relações com os clientes**

### Desafios Tecnológicos

- **Segurança**
  - i. 10-40% dos Dados do IoT são "sensíveis"
- **Ineficiência da Rede**
  - ii. Network bottlenecks
  - iii. Indústria precisa controle em tempo real
- **Latência**

### Desafios Industriais

- **Padronização e Interoperabilidade**
  - i. Dados do IoT, Protocolos, Sistemas e Software
- **Custo do Investimento**
  - ii. Demora do ROI
  - iii. Falta de Conhecimento e Especialistas
  - iv. Base instalada legada - *retrofit*

# O Poder da Digitalização da Indústria pela Arquitetura IoT



**Information  
Technology**

+



**Sensor  
Technology**

+



**Operational  
Technology**

## Desafios do IoT Manufacturing

**Controle de qualidade automático** para P&D baseado em especificações de amostras

**Painel de controle da produção em tempo real** para monitorar e controlar remotamente a linha de produção

**Otimização da cadeia de suprimentos**  
Monitoramento autônomo dos níveis de estoque usando sensores nas caixas

**Manutenção baseada em condições**  
Sensores monitoram continuamente a saúde da máquina e a manutenção é iniciada automaticamente

**Saúde e segurança**  
Sensores emitirão alerta para riscos potenciais

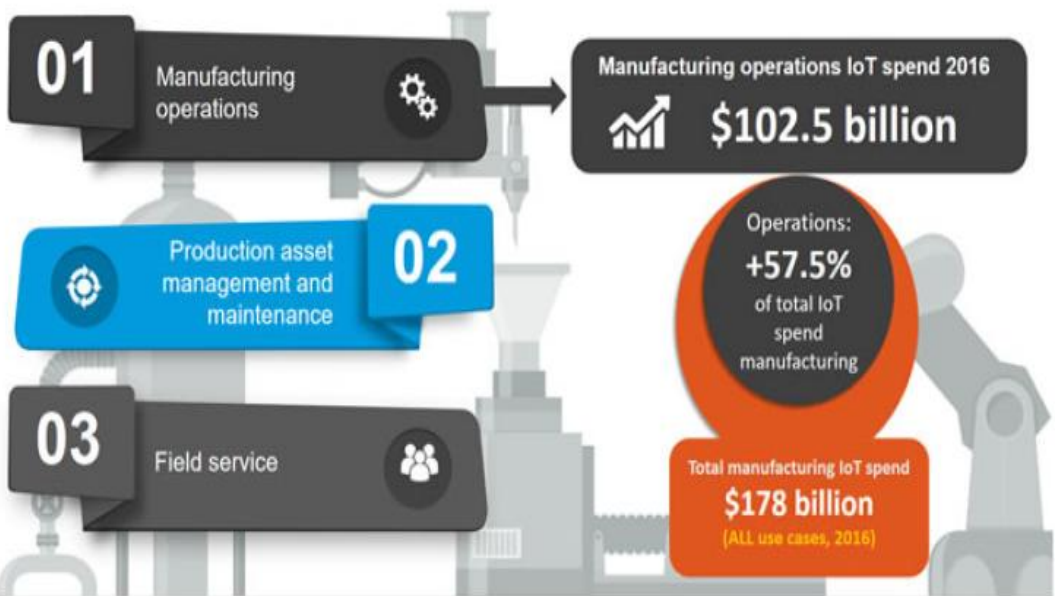
**Equipamentos com sensores automáticos**  
As configurações dos equipamentos são autoajustáveis de acordo com as condições do ambiente

**Veículos autodirigíveis**  
Rota de transporte dentro da fábrica e otimização prioritária



## The main benefits of Industrial Internet of Things adoption, according to research by Morgan Stanley are:

### Top 3 manufacturing IoT use cases



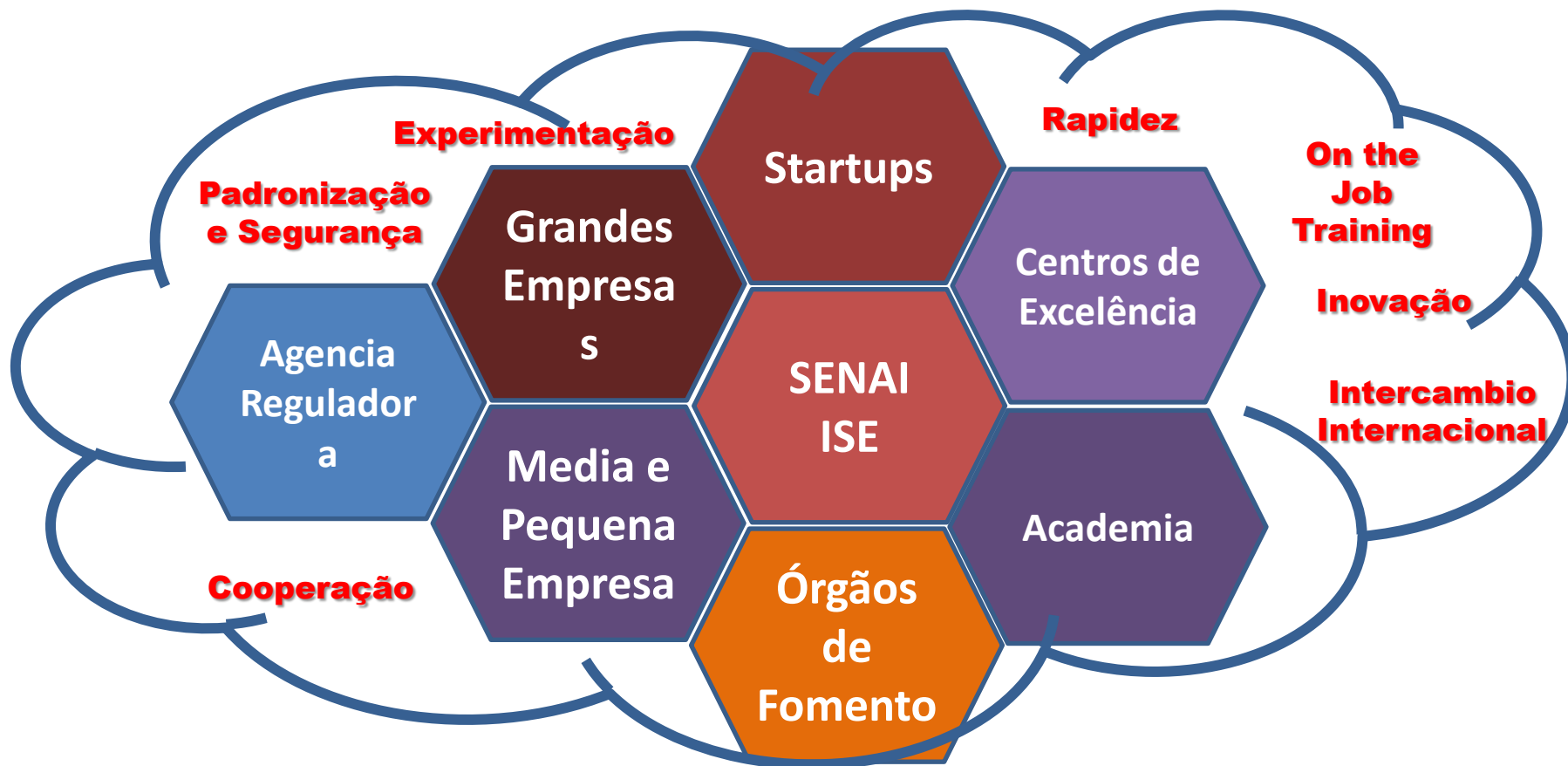
Manufacturing operations: + 57.5% of total IoT spend in manufacturing in 2016



Source: IDC, 2017 - more on <http://ow.ly/gQKu307NntY>

1. Improving operational efficiency.
2. Maximizing Asset utilization.
3. Reducing downtime.
4. Improving productivity.
5. Creating new business opportunities.

## Ecosistema Industrial Brasileiro de IoT Oportunidades





**Indústria  
2027**  
mei MOBILIZAÇÃO EMPRESARIAL PELA INOVAÇÃO

# Obrigado!

**Bordeaux Rego, Antonio Carlos**  
**Technology Innovation Consulting & Startup**  
**Mentor**  
[bordeauxreg@gmail.com](mailto:bordeauxreg@gmail.com)  
**+55 19 99796.5798**

Execução Técnica:



Iniciativa:



Confederação Nacional da Indústria

**CNI. A FORÇA DO BRASIL INDÚSTRIA**

Realização:



Iniciativa da CNI - Confederação  
Nacional da Indústria





**Indústria  
2027**  
mei MOBILIZAÇÃO EMPRESARIAL PELA INOVAÇÃO

# Redes de Comunicação

Claudio de Almeida Loural

16/10/2017

Execução Técnica:



Iniciativa:



Confederação Nacional da Indústria

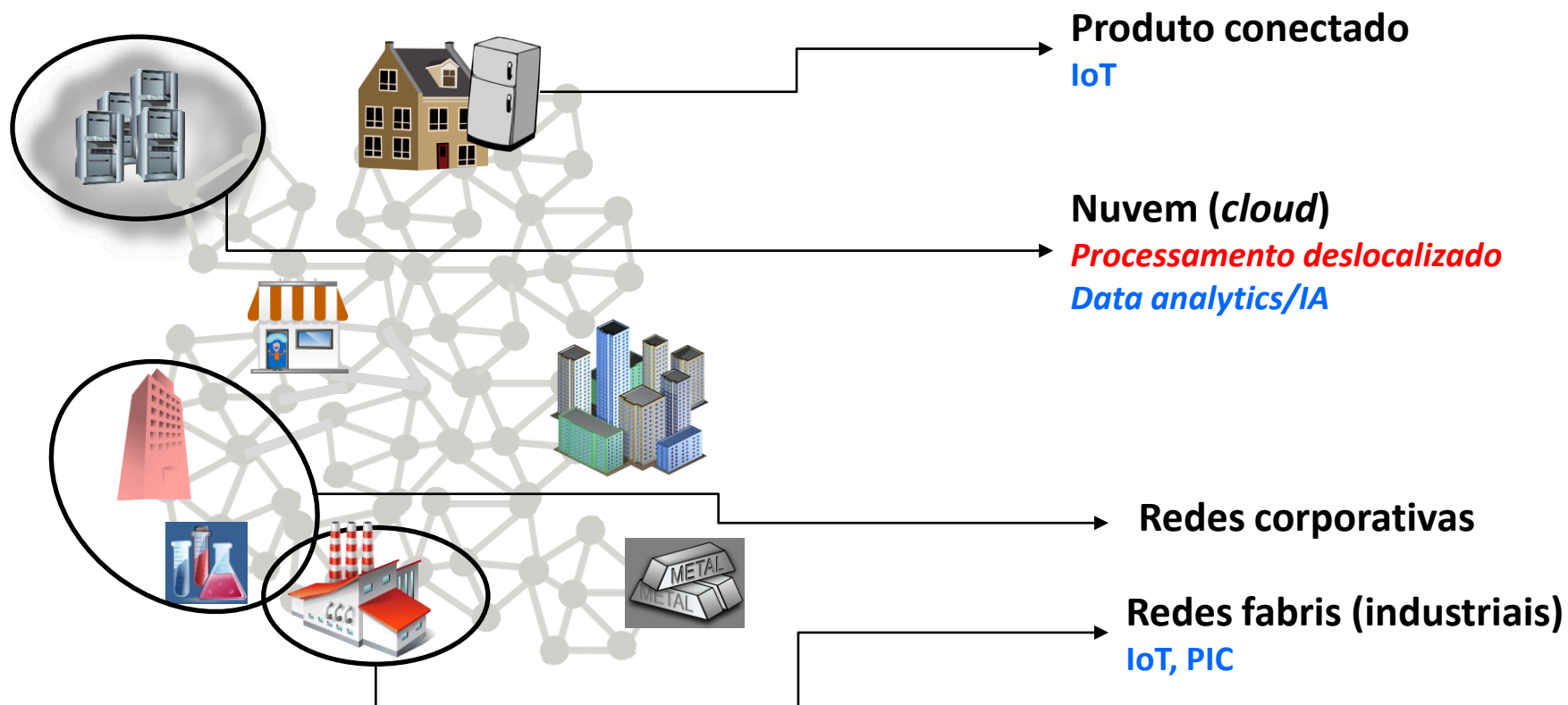
**CNI. A FORÇA DO BRASIL INDÚSTRIA**

Realização:

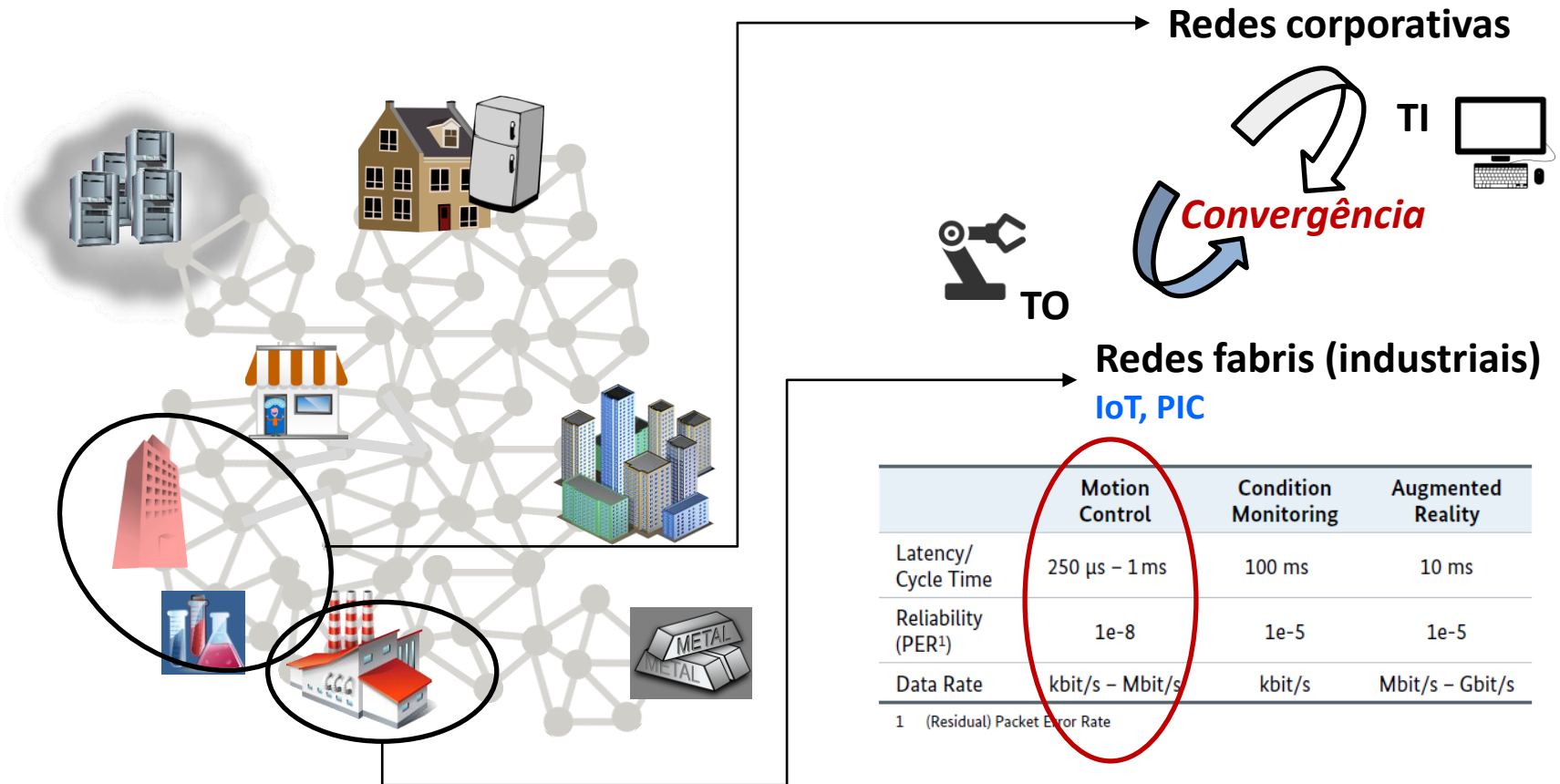


Iniciativa da CNI - Confederação  
Nacional da Indústria

# Conectividade, redes e processamento

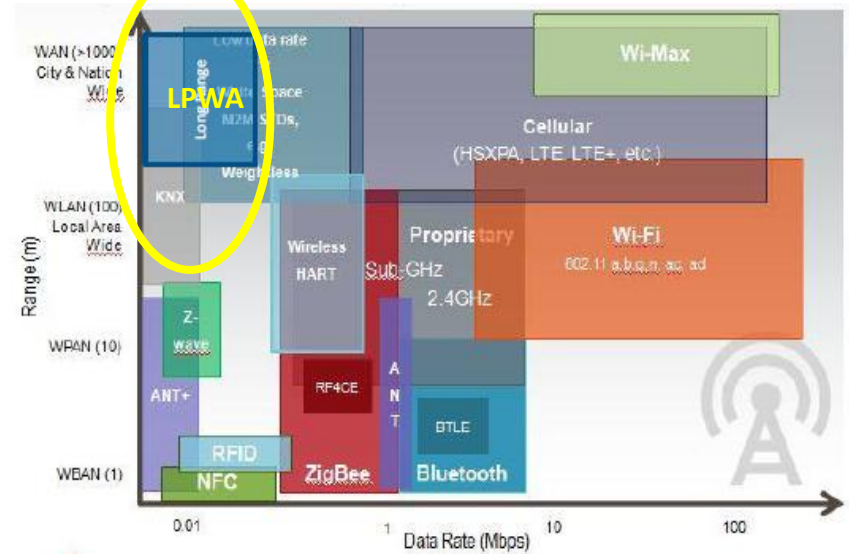
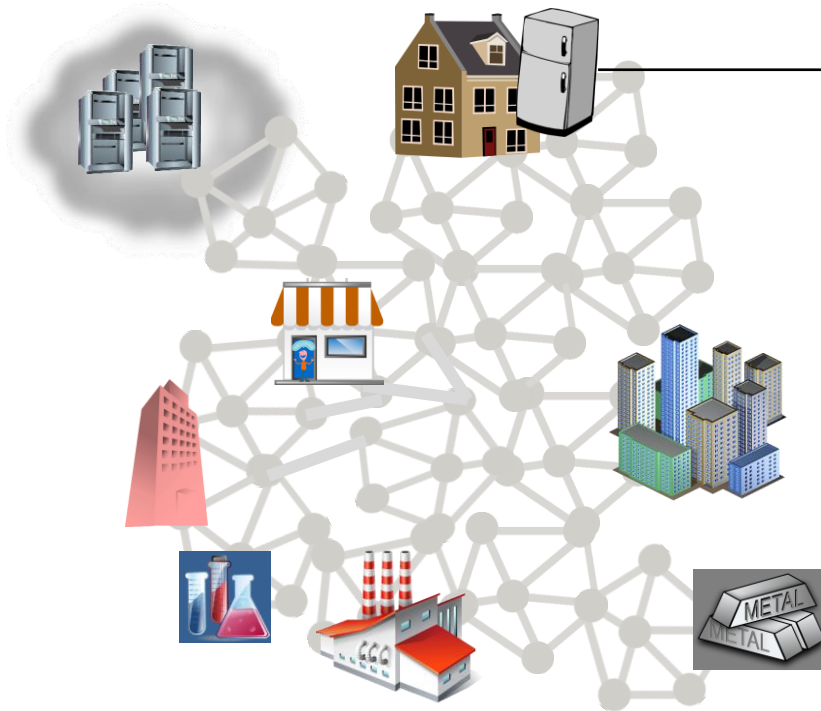


# Desafios tecnológicos



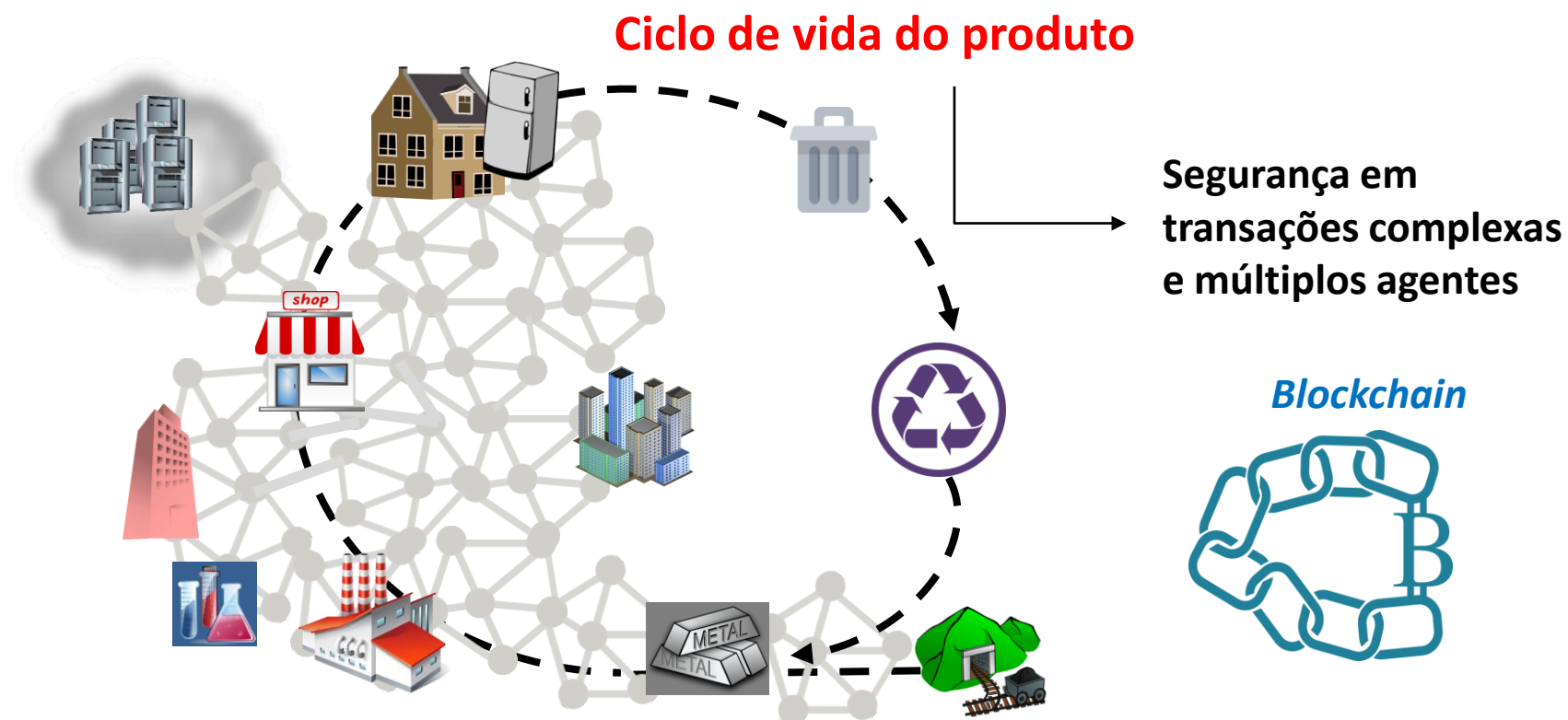
# Desafios tecnológicos

**Produto conectado**  
**IoT**

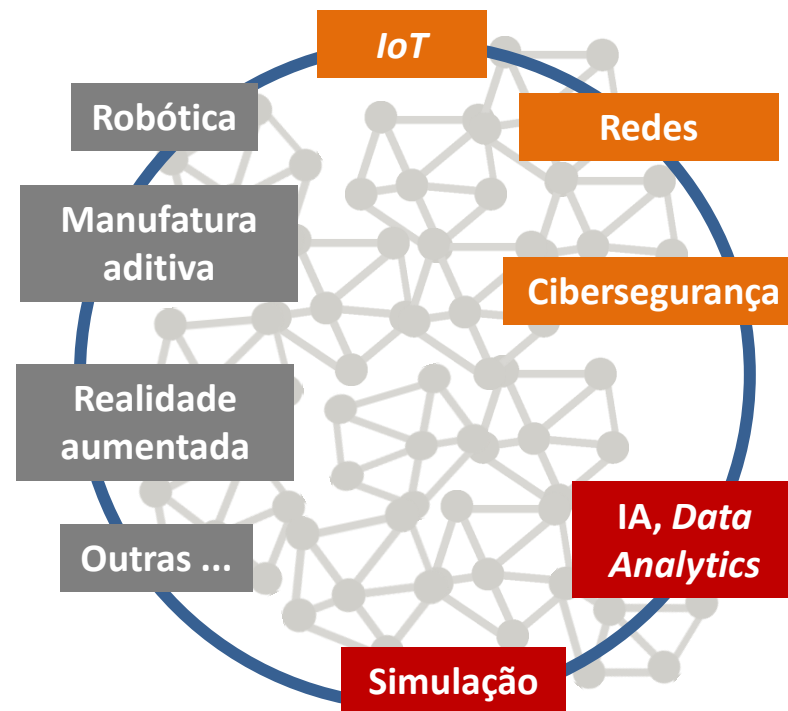


(Porret 2014)

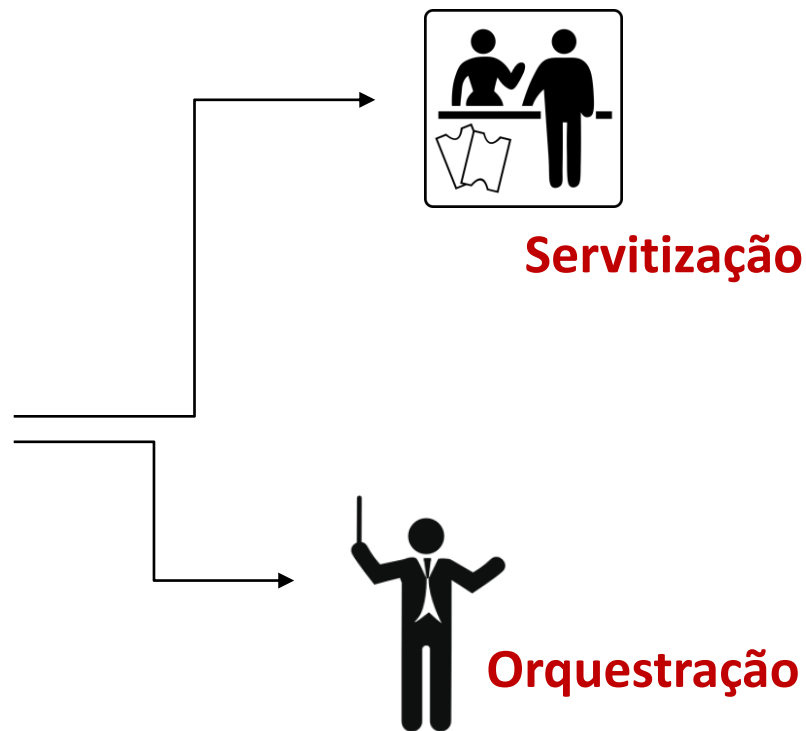
# Desafios tecnológicos



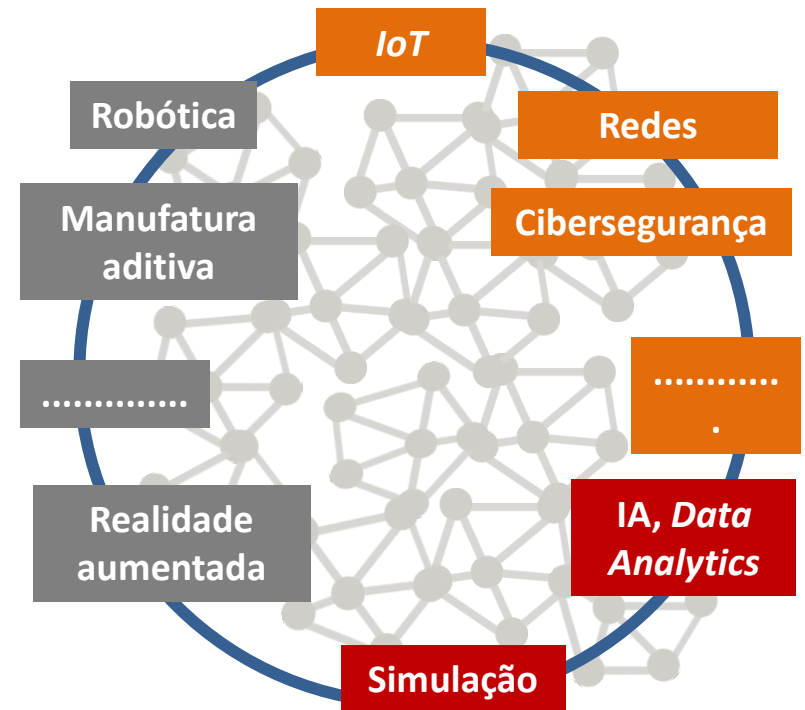
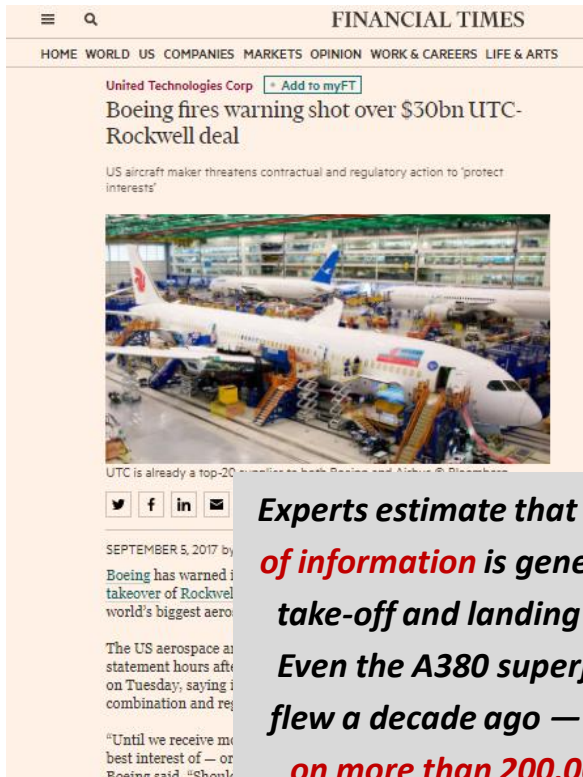
# Dados, redes e fluxos de informação



# Dados, redes e fluxos de informação: impactos

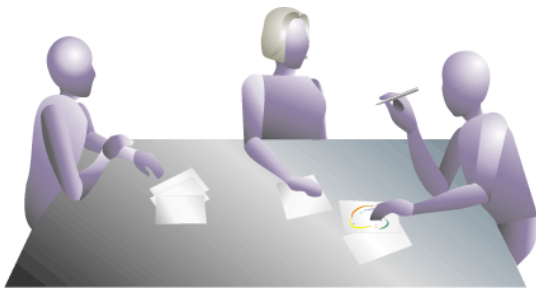


# A informatização da manufatura





# Participação e absorção de conhecimento: fóruns e *testbeds*



Fonte:  
Industrial Internet Consortium



ODVA



*etc .....*



Fonte: NIST



**Indústria  
2027**  
mei MOBILIZAÇÃO EMPRESARIAL PELA INOVAÇÃO

# Biotecnologia: Oportunidades & Desafios

Prof. Dr. Carlos A. Moreira-Filho

Departamento de Pediatria  
Faculdade de Medicina da USP

[carlos.moreira@hc.fm.usp.br](mailto:carlos.moreira@hc.fm.usp.br)

Execução Técnica:



Iniciativa:



Confederação Nacional da Indústria

**CNI. A FORÇA DO BRASIL INDÚSTRIA**

Realização:



Iniciativa da CNI - Confederação Nacional da Indústria

**Biotecnologia:** Obtenção de produtos e processos utilizando e modificando seres vivos ou partes deles.

**Biotecnologia vermelha** - aplicação de biotecnologias às áreas de saúde humana e animal, com uso crescente de *omics* (genômica, proteômica, metabolômica), tecnologias avançadas de biologia celular e imagem, bioinformática/e-Science (big-data), dentre outras.

**Biotecnologia verde** - aplicação de biotecnologias à agricultura e à produção de alimentos: melhoramento de variedades vegetais utilizando seleção por marcadores moleculares, micropropagação, e tecnologias de DNA recombinante e edição de DNA (CRISPR).

**Biotecnologia branca** – aplicação de biotecnologias em processos industriais: uso de enzimas e organismos modificados para processar e produzir compostos químicos, materiais e energia; biologia sintética.

As três áreas de aplicação têm trajetórias tecnológicas comuns.

# Timeline: The Three Revolutions



1953: Discovery of DNA

1976: Biotech sector emerges with founding of Genentech

mid-2000s: Academic sectors start exploring convergence

2009: NAS releases A New Biology report

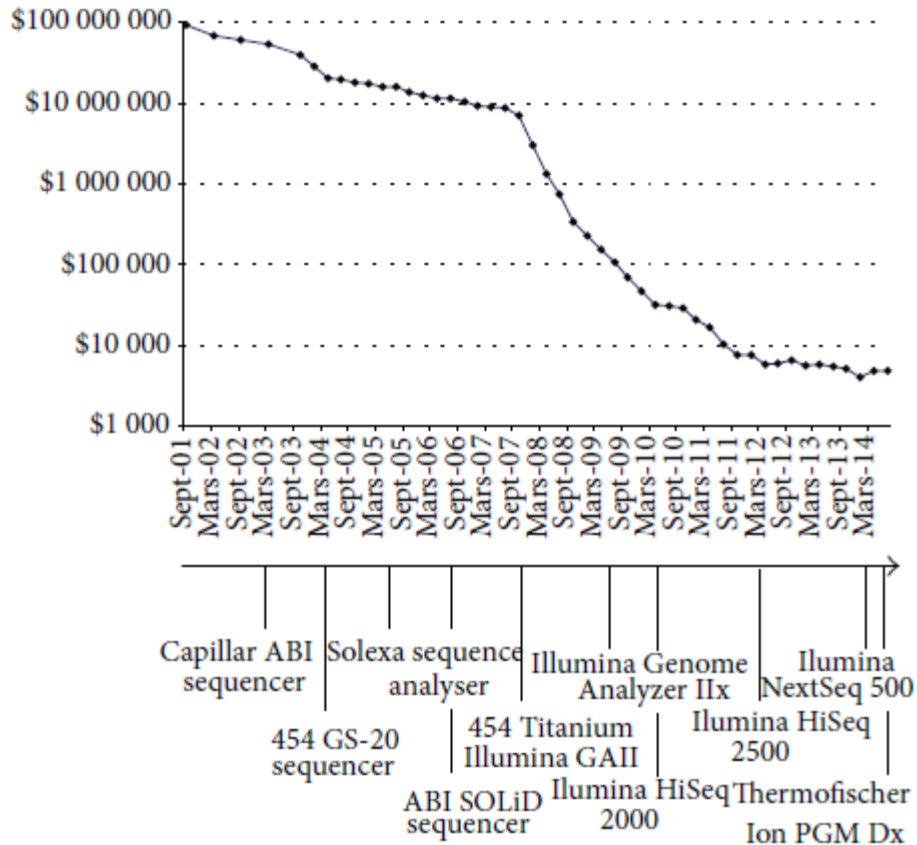


1969: Salvador Luria, theorist of molecular biology, awarded Nobel Prize



2001: Human Genome Project, Celera publish working draft of human genome





Genômica: custos declinantes viabilizarão o emprego do sequenciamento de DNA para diagnóstico e individualização da terapia, desde que articulado com plataformas eficientes de bioinformática e big-data

FIGURE 1: *Human genome sequencing costs.* Evolution of the costs between mid-2001 and nowadays, the different important technologies are indicated.

de Brevern 2015 Biomed Res International ID 904541



Figure 3 The portable MinION — the first handheld nanopore DNA sequencer

# Visão estratégica para inovação em Saúde



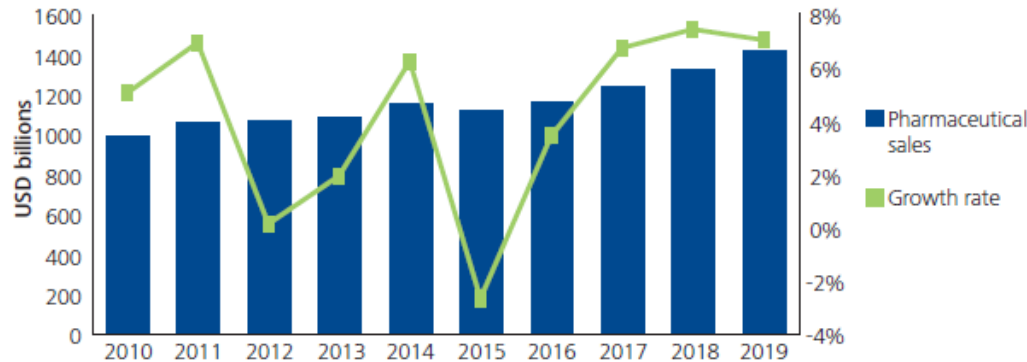
- Mudança de paradigma na Medicina: i) tratamentos largamente empíricos cedem lugar a terapias baseadas no mecanismo molecular da doença; ii) individualização da terapia (*precision medicine*); iii) a intervenção, muitas vezes, ocorre antes e não após a constatação da doença.
- Cenário de convergência tecnológica envolvendo genômica, imagem, bioinformática e nanotecnologia.
- A qualidade da assistência dependerá, crescentemente, de equipes multidisciplinares capacitadas a lidar com recursos tecnológicos num ambiente de contínua inovação. Capacitação em *technology assessment* para evitar escalada de custos. Ênfase em treinamento e educação continuada.

# Produtos farmacêuticos, tecnologia médica e biotecnologia\*



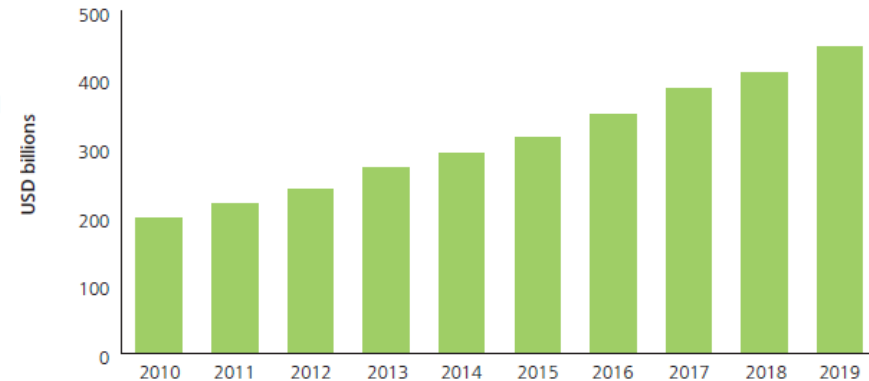
\*USA, China, Brasil & Rússia representam 50% das vendas

Figure 1: Global pharma segment sales



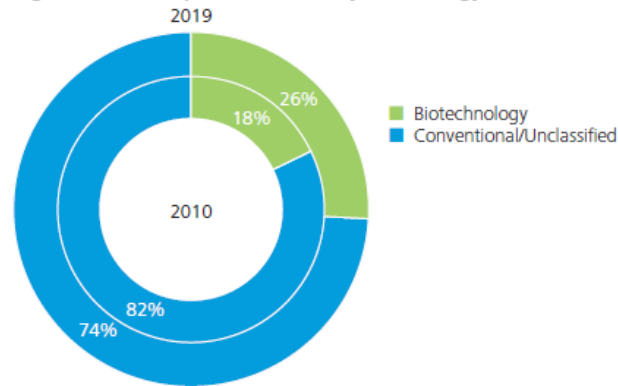
Source: D TTL Life Sciences and Health Care Industry Group analysis of EIU data

Figure 2: Global biotech market estimate



Source: D TTL Life Sciences and Health Care Industry Group analysis of Industry Report: Global Biotechnology, IBISWorld, January 2015

Figure 3: Global pharma\* sales by technology



\* Prescription drug and over-the-counter pharmaceuticals

Source: D TTL Life Sciences and Health Care Industry Group analysis of World Preview 2015, Outlook to 2020, EvaluatePharma, June 2015

Figure 4: Global medical technology segment sales

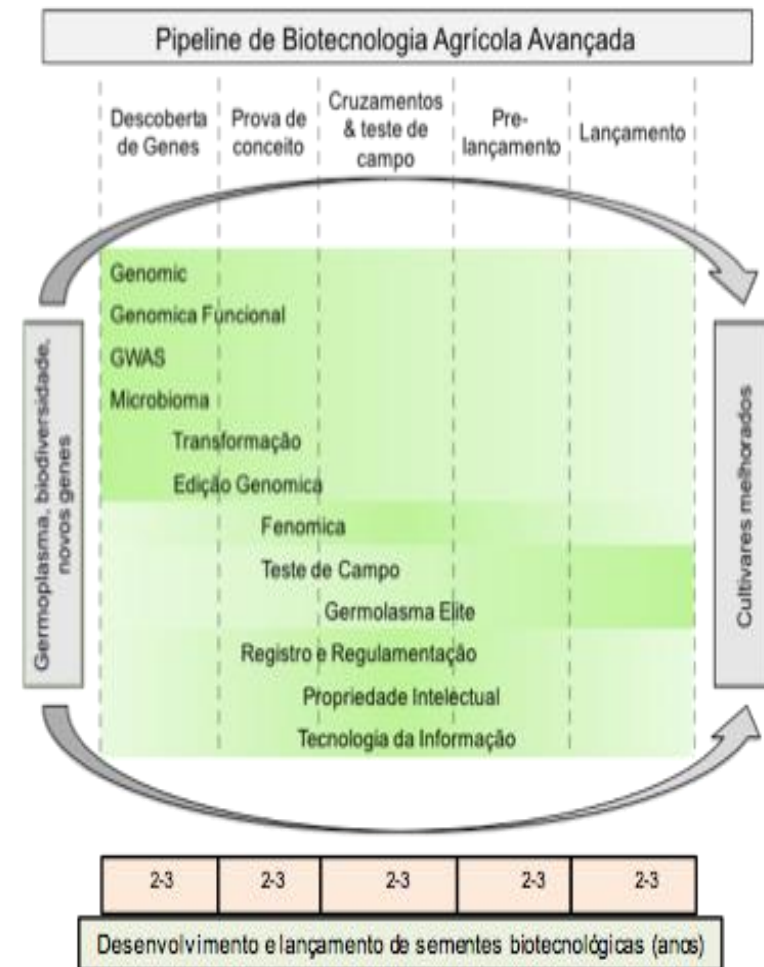


Source: D TTL Life Sciences and Health Care Industry Group analysis of World Preview 2014; Outlook to 2020, EvaluateMedTech, September 2014

**Inovações:** melhoramento assistido por marcadores (MAS); plantas transgênicas modificadas por engenharia genética e, futuramente, por edição de DNA.

**Impactos:** aumento de produtividade, variedades *taylor-made*; resistência à pragas e estresses abióticos.

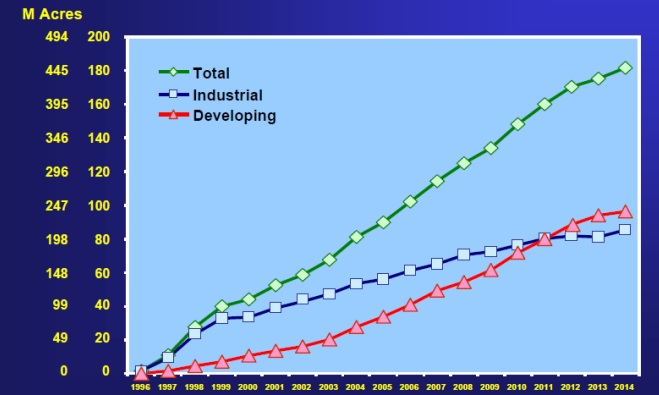
**Período de maturação:** O desenvolvimento de um cultivar geneticamente modificado leva de 10 a 15 anos (no caso das grandes empresas de biotecnologia).



**Figura 4.** Visão esquemática de um *pipeline* de biotecnologia avançada, mostrando as diversas fases, a multidisciplinaridade envolvida no processo e o tempo em anos desde descoberta de alvos até o desenvolvimento do produto

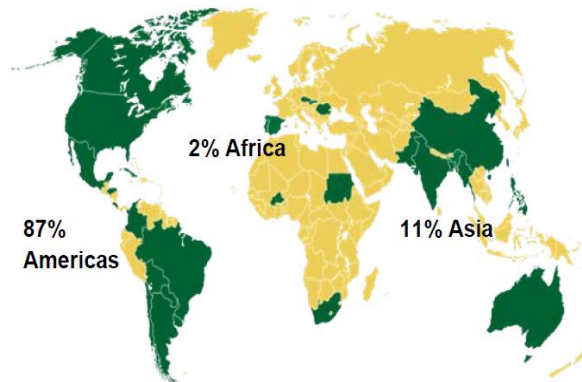


### Global Area of Biotech Crops, 1996 to 2014: Industrial and Developing Countries (M Has, M Acres)



Source: Clive James, 2014

### Global Area (Million Hectares) of Biotech Crops, 2014: by Country



#### Biotech Mega Countries

50,000 hectares (125,000 acres), or more

Million Hectares

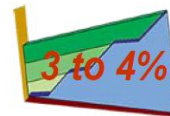
1. USA	73.1
2. Brazil*	42.2
3. Argentina*	24.3
4. India*	11.6
5. Canada	11.6
6. China*	3.9
7. Paraguay*	3.9
8. Pakistan*	2.9
9. South Africa*	2.7
10. Uruguay*	1.6
11. Bolivia*	1.0
12. Philippines*	0.8
13. Australia	0.5
14. Burkina Faso*	0.5
15. Myanmar*	0.3
16. Mexico*	0.2
17. Spain	0.1
18. Colombia*	0.1
19. Sudan*	0.1

#### Less than 50,000 hectares

Honduras*	Romania
Chile*	Slovakia
Portugal	Costa Rica*
Cuba*	Bangladesh*
Czech Republic	

\* Developing countries

Increase over 2013

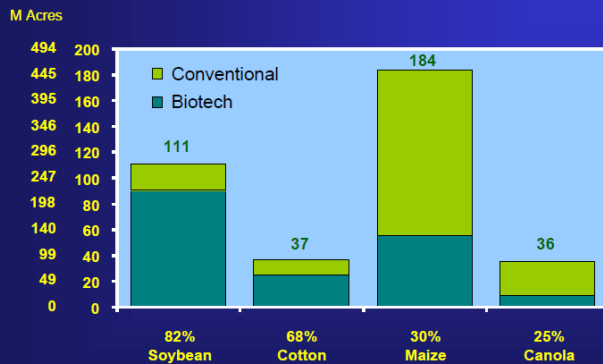


28 countries which have adopted biotech crops

In 2014, global area of biotech crops was 181.5 million hectares, representing an increase of 3 to 4% over 2013, equivalent to 6.3 million hectares.

Source: Clive James, 2014.

### Global Adoption Rates (%) for Principal Biotech Crops (Million Hectares, Million Acres), 2014

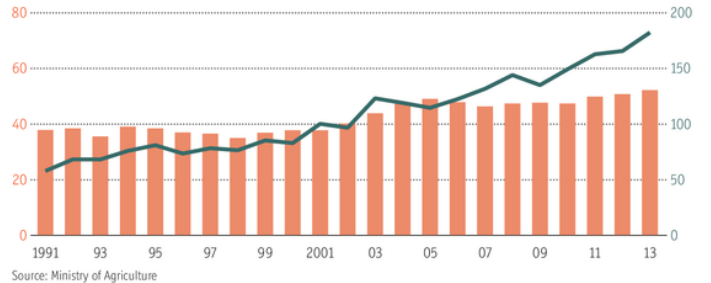


Source: Clive James, 2014  
Hectareage based on FAO Preliminary Data for 2012.

## More fruitful

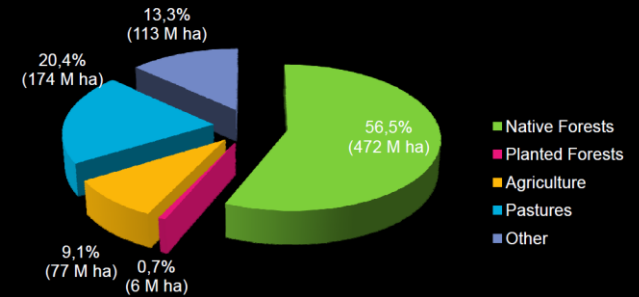
Harvested area, hectares m

Agricultural production, tonnes m



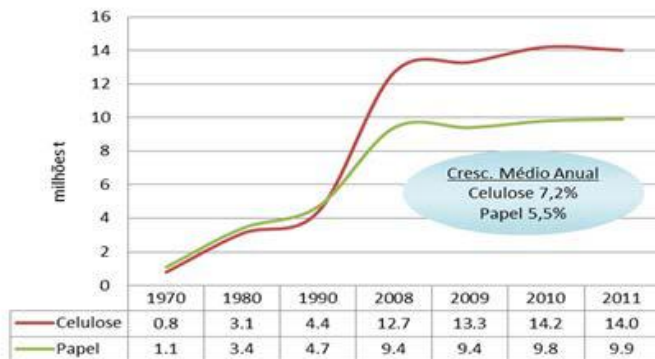
## TERRITORIAL OCCUPATION

Total Area = 851.5 M ha

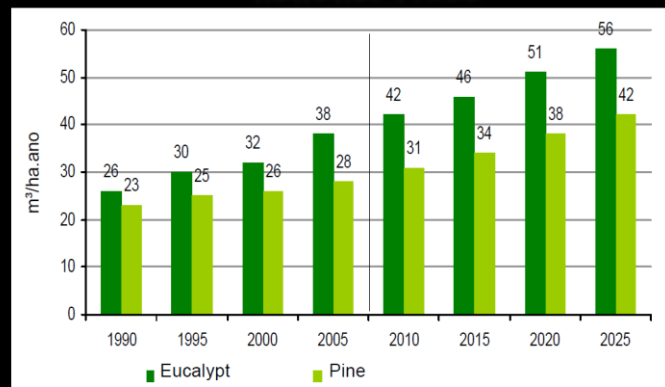


## Pulp and paper production, Brazil

Source: BRACELPA 2012

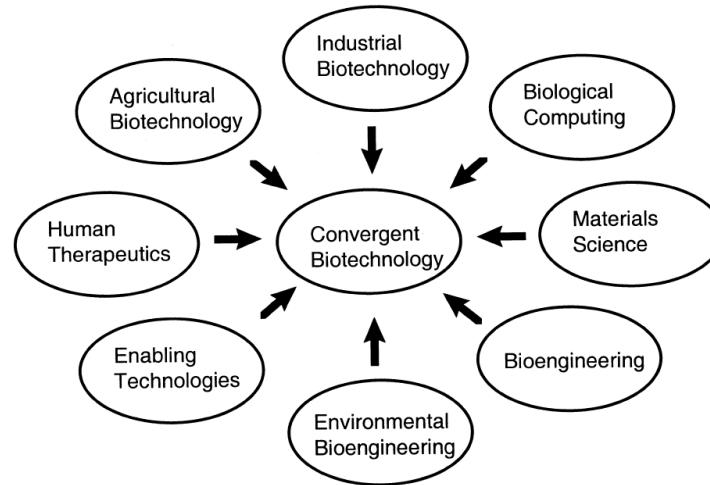


## PLANTED FORESTS— PRODUCTIVITY PERSPECTIVES

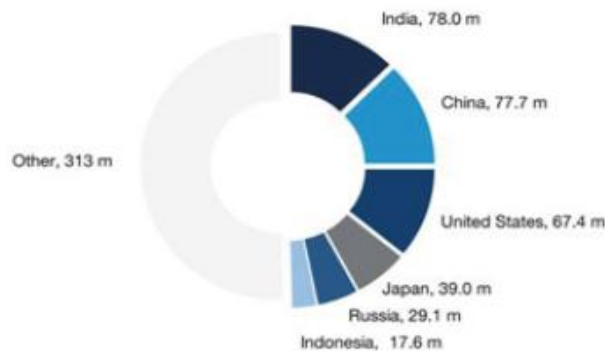


Source: STCP, 2007

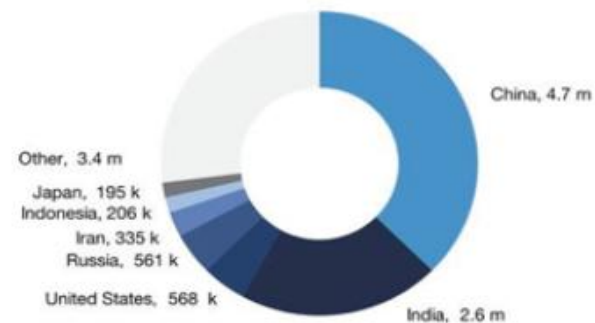
# Biotecnologia: convergência tecnológica e demanda por recursos humanos em C&T



Where are the world's university graduates?



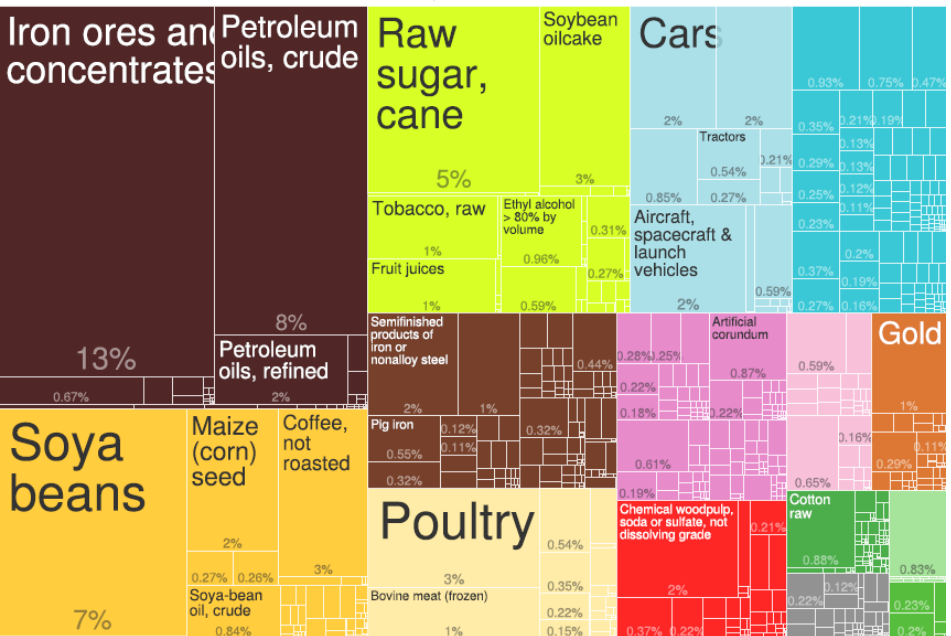
Where are the world's recent STEM\* graduates?



\* Science, Technology, Engineering and Mathematics

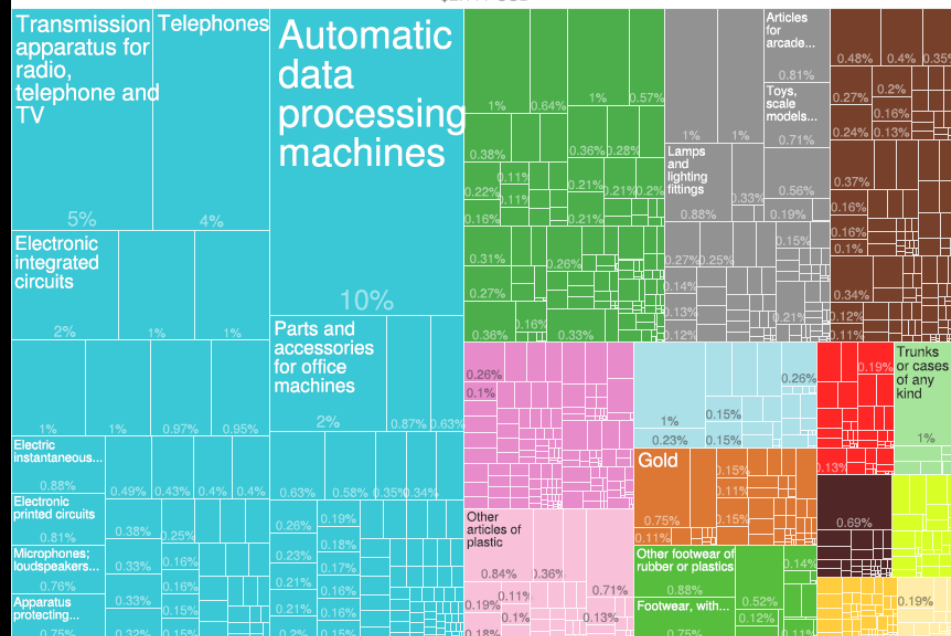
# Brazil exports 2012

\$246B USD



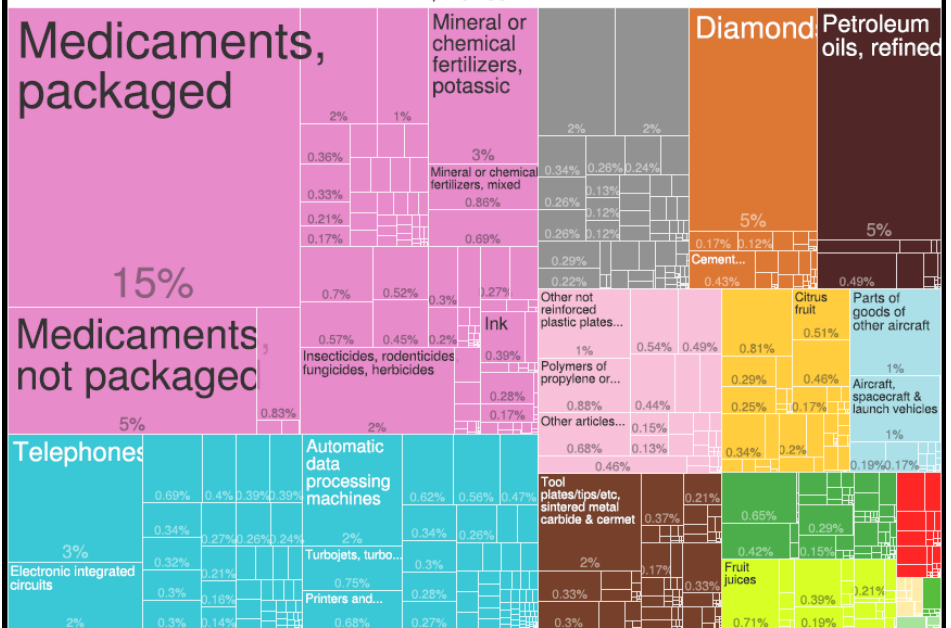
# China exports 2012

\$2.11T USD



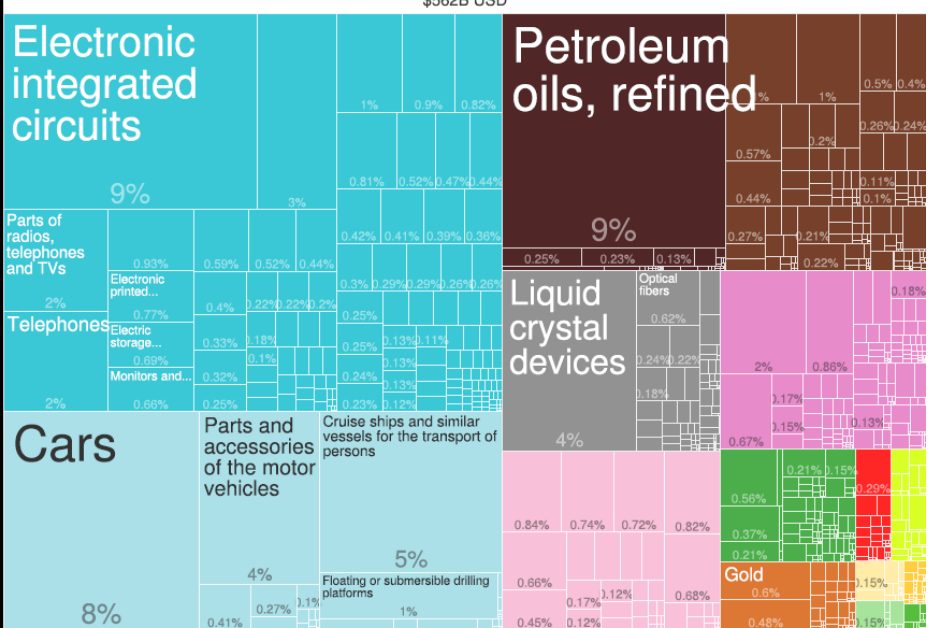
# Israel exports 2012

\$41.3B USD



# Korea exports 2012

\$562B USD



*Inovações disruptivas em  
nanotecnologia*

**Oswaldo N. Oliveira Jr.**  
**chu@ifsc.usp.br**

**Instituto de Física de São Carlos, USP**

## **Estudo, manipulação e exploração da matéria na escala nanoscópica**

**Integradora, multifacetada, multidisciplinar, transversal para a indústria.**

- **Remédios e terapias de última geração**
- **Dispositivos portáteis com grande capacidade de memória e processamento**
- **TV com LEDs de pontos quânticos**
- **Nanocompósitos em automóveis e embalagens**
- **Nanocosméticos**
- **Tecidos especiais – antimicrobianos, que não mancham, etc.**

# *Principais áreas de inovação*



## **1. Nanomedicina e Nanocosméticos –**

**Órgãos artificiais, nanopartículas usadas em cosméticos, biossensores para diagnóstico, novos remédios com liberação controlada.**

## **2. Nanoeletrônica e sistemas inteligentes**

**Veículos autônomos para as cidades, campo, indústrias e sistemas de aeronáutica e defesa.**

## **3. Dispositivos flexíveis e vestíveis**

**Integração de sensores e atuadores em roupas e utensílios, principalmente usando eletrônica flexível**

# *Principais áreas de inovação*



## **4. Sensoriamento para Internet das coisas**

**Sensores e atuadores com nanomateriais para conexão de dispositivos e equipamentos**

## **5. Nanotecnologia para energia**

**Células solares, células a combustível, bateriais, supercapacitores, armazenamento eficiente de hidrogênio**

## **6. Alimentos (agricultura e pecuária)**

**Sensores e instrumentação para agricultura de precisão e controle de qualidade, liberação controlada de nutrientes, embalagens inteligentes**



## Agroindústrias – Alimentos Processados

- Instrumentação para agricultura de precisão: sistemas automáticos de aquisição de dados, sensores, dispositivos inteligentes para dispersão de agrotóxicos, liberação controlada de nutrientes para o solo
- **Alimentos enriquecidos com nutrientes e remédios, e nanocomidas, embalagens inteligentes**
- Procedimentos e métodos para satisfazer requisitos da regulação internacional, principalmente no que concerne a protocolos de controle de qualidade

## Energia, Petróleo e Gás

- Rearranjo da matriz energética com novas células solares, células a combustível e baterias, supercapacitores.
- **Aumento da capacidade de extrair petróleo, nanocatalisadores para refinamento**
- Sensoriamento para monitorar equipamentos e segurança dos poços de extração, redução de perdas de energia durante produção com sistemas inteligentes
- **Criação de novos materiais derivados de petróleo**

## Indústria farmacêutica e saúde

- **Novos fármacos: biofármacos, fitomedicamentos. Liberação controlada do princípio ativo e combate a bactérias super-resistentes**
- **Novas Terapias: gênica, terapia fotodinâmica, termoterapia, imunoterapia.**
- **Medicina Personalizada: fármacos adaptados à genética do indivíduo e sistemas inteligentes de diagnóstico médico.**
- **Órgãos artificiais, pele artificial e engenharia de tecidos**

## Bens de capital e de consumo

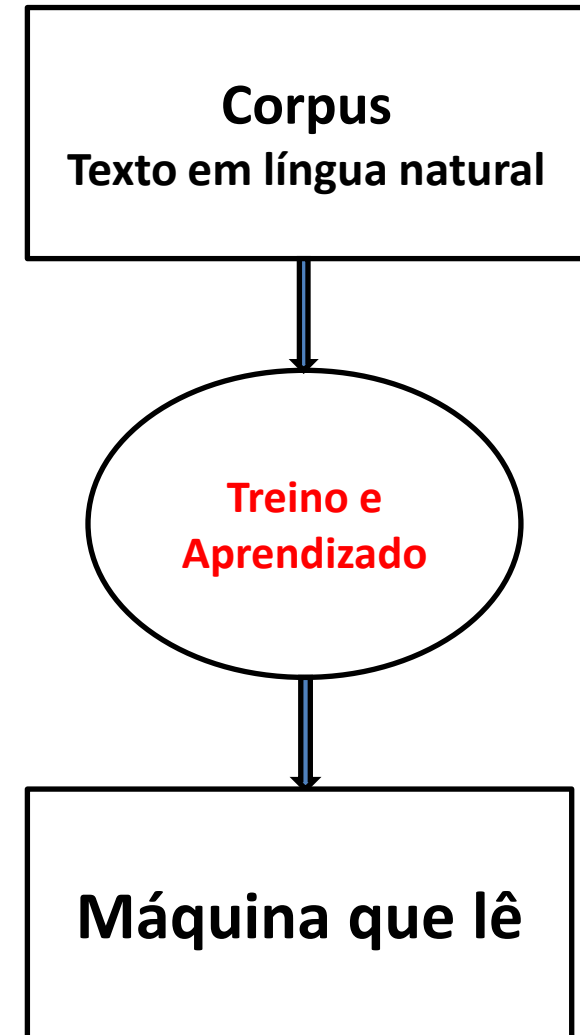
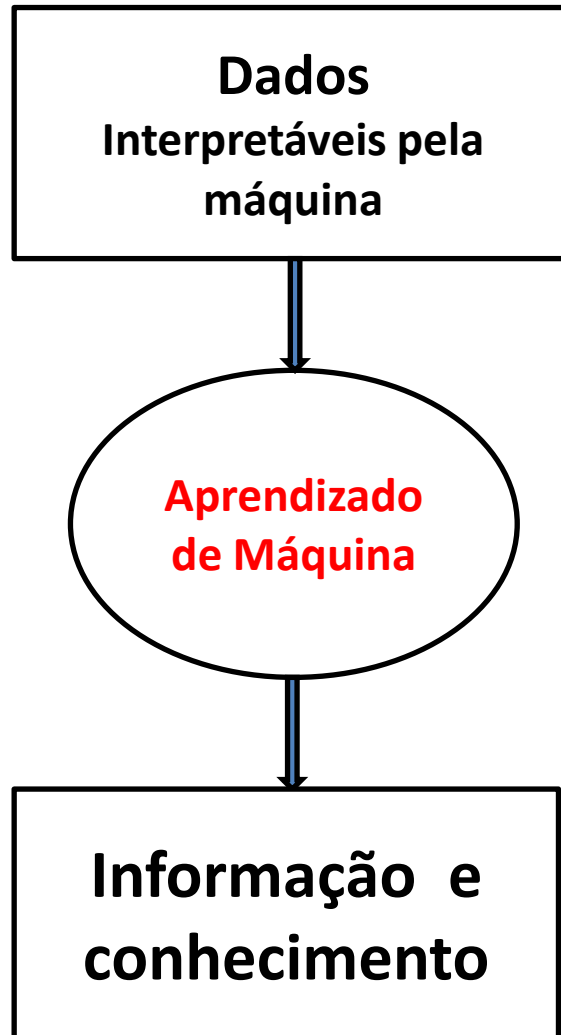
- **Veículos autônomos – carros, drones, aviões. Carros elétricos**
- **Compósitos e plásticos de alto desempenho**
- **LEDs orgânicos de grandes áreas para iluminação, que podem alterar completamente a indústria de lâmpadas e iluminação em geral.**
- **Tecidos especiais: repelentes a água, antichamas, bactericidas, anti-odor, com proteção contra radiação UV**
- **Sensores acoplados a roupas e itens de uso pessoal para Internet das Coisas, nova moda com cores e texturas obtidas de nanomateriais**

- Aumentar produtividade e estender mercados para o agronegócio
- **Aproveitar grande extensão territorial e incidência de luz solar para novas tecnologias de células solares**
- Desenvolver dispositivos de eletrônica flexível para Internet das Coisas, pois essa tecnologia ainda não está consolidada em outros países
- **Desenvolver sistemas inteligentes**
- Produzir nanocosméticos e novos medicamentos a partir da biodiversidade brasileira

- Alteração na matriz energética, sem tecnologia para acompanhar a evolução
- **Ausência de regulamentação para nanotecnologia e nanotoxicidade**
- Falta de competitividade para desenvolver veículos autônomos
- **Falta de tecnologia para superar barreiras sanitárias/comerciais para produtos brasileiros**
- Insuficiência de recursos humanos para desenvolver e/ou absorver nanotecnologias

**Preocupação com a China: campeã em Nano**

# *Sistemas Inteligentes*



**O aprendizado de máquina mudará o cenário de ciência e tecnologia no século XXI.**

**Em algumas décadas, a maioria das tarefas intelectuais será realizada mais eficientemente por máquinas.**

**A indústria está se preparando?**