

# O V<sup>o</sup> sistema técnico-económico 2000–2070

Uma apresentação

José Félix Ribeiro



FUNDAÇÃO  
CALOUSTE GULBENKIAN

## INDICE

<b>I. Introdução</b>	<b>5</b>
1.1. As vagas de inovação e os sistemas técnico económicos	5
1.2. Os sistemas técnico – económicos no longo período – 1800 – 2020	6
1.3. Breve “visita” a quatro sistemas técnico económicos – 1800 – 2020	8
<b>II. O Vº sistema técnico-económico</b>	<b>10</b>
2.1. Forças motrizes de mudança tecnológica em curso	10
2.2. O Vº sistema técnico económico e o seu potencial de transformação da economia e da sociedade – uma visão de conjunto	15
<b>III. O Vº sistema técnico económico -telecomunicações, internet e ciberespaço</b>	<b>19</b>
3.1. Telecomunicações	19
3.2. A internet e o ciberespaço – revolucionando o funcionamento dos mercados e a geoeconomia	20
3.3. Dos sensores à internet of things	23
<b>IV. O Vº sistema técnico económico – informática e microeletrónica – avanços em curso</b>	<b>27</b>
4.1. A internet e o equipamento informático – os routers e os servers	27
4.2. A internet e o equipamento informático – a revolução dos smart phones	29
4.3 Microeletrónica – a revolução dos processadores multicore nas cpu e das graphic processing units (gpu)	30
<b>V. Vº sistema técnico económico – internet, big data e machine learning</b>	<b>34</b>
5.1. Big data e analytics	34
5.2. Da big data à machine learning	34
5.3. Subindo na complexidade – os super computadores com processamento paralelo maciço	37
5.4. Próximas fronteiras da computação no Vº sistema técnico económico – a abordagem da exascale computing	42
5.5. Próximas fronteiras da computação no Vº sistema técnico económico (2) – o exemplo do neuromorphic computing	44

<b>VI. O Vº sistema técnico-económico e a robótica</b>	<b>48</b>
6.1. Dos robots humanóides aos cobots nas fábricas	48
<b>VII. O Vº sistema técnico-económico e as tecnologias de produção ciberfísicas</b>	<b>51</b>
7.1. Fabricação aditiva (ou impressão 3d)	51
7.2. Impressão 3d (e robótica) – mudanças nas cadeias de produção – e no comércio internacional	54
<b>VIII. O Vº sistema técnico-económico e a mobilidade – inovações radicais e incrementais</b>	<b>57</b>
8.1. Inovações radicais na mobilidade	57
8.2. Mobilidade – renovando o automóvel	64
<b>IX. O Vº sistema técnico -económico e a energia – uma fase de transição no paradigma energético mundial</b>	<b>77</b>
9.1. Introdução – uma visão de conjunto	77
9.2. O Vª sistema tecnico económico e a energia – quatro vetores de intervenção	78
<b>X. O Vº sistema técnico-económico e a instrumentação</b>	<b>84</b>
10.1. Instrumentação – um setor em rápido crescimento e afirmação no Vº sistema técnico económico	84
10.2. Do microscópio de efeito de túnel à nova fronteira das nanotecnologias	84
10.3. Dos sequenciadores de DNA à engenharia genética	86
10.4. Dos novos telescópios à dark matter e à dark energy	90
10.5. Dos plasmas e dos lasers a novas formas radicais de transformação energética	91
<b>XI. O Vº sistema técnico-económico e os materiais</b>	<b>94</b>
11.1. A utilização das nanotecnologias	94
11.2. O papel central dos materiais derivados do carbono	95
<b>XII. O Vº sistema técnico-económico e as tecnologias da saúde</b>	<b>99</b>
12.1. As biotecnologias: revolucionando o diagnóstico e a terapêutica	99
12.2. Biotecnologia, química, nova instrumentação e tecnologias da informação - uma nova abordagem em drug discovery	102
12.3. Biologia sintética – os primeiros passos	105
12.4. A biologia sintética transformado a agricultura – novos avanços	109

<b>XIII. O Vº sistema técnico económico e a alimentação</b>	<b>111</b>
13.1. Tendências pesadas e sua interação	111
13.2. As transformações na alimentação no Vº sistema técnico económico	112
<b>XIV. O Vº sistema técnico-económico: o espaço exterior, o oceano profundo e a defesa</b>	<b>114</b>
14.1. O Vº sistema técnico – económico e a exploração do espaço exterior – novas tendências	114
14.2. O Vº sistema técnico económico e a utilização dos recursos do oceano profundo	122
14.3. O Vº sistema técnico económico e tendências nas indústrias da defesa	126
14.4. O enquadramento estratégico e ambiental do Vº sistema técnico económico exige uma mudança radical de paradigma energético, para além do que se pode esperar deste Vº sistema	130

# INTRODUÇÃO

## 1.1. As vagas de inovação e os sistemas técnico económicos

A abordagem que foi utilizada para descrever e compreender a evolução das tecnologias ao longo do tempo parte da identificação de **vagas de inovação** que realizam mudanças tecnológicas substanciais num conjunto de funções na economia e na sociedade, mudanças tecnológicas que se relacionam e se suportam mutuamente.

**As vagas de inovação são realidades empíricas**

Esta abordagem assenta na identificação de uma dinâmica de sucessão de Vagas em que a cada Vaga sucede a uma outra que inicia a sua formação e estruturação num período ainda dominado pela Vaga anterior. E quando passa a ser a Vaga dominante contribui para a renovação de atividades que foram motoras na vaga anterior, mas que agora passam a existir já com base em tecnologias típicas da Vaga Nova. Esta dinâmica caracteriza um processo evolucionário longo de produção de variedade e posterior seleção

Os Sistema técnico Económicos são **conceitos** que procuram definir a coerencia das transformações que as vagas produzem. Para tal considerámos que em cada Vaga se destacam as seguintes **componentes estruturantes**:

- As tecnologias com impacto na formatação funcional do espaço – redes de transportes e redes de comunicações e de difusão de informação – e o modo como são fabricados os produtos chave com que essas funções são preenchidas na Vaga em estudo;
- As tecnologias com impacto na base energética – energias primárias e tecnologias de transformação energética – que suportam a atividade económica
- As tecnologias que permitem aumentar a produtividade do trabalho aplicado em setores dos recursos naturais, da indústria e dos serviços;
- As tecnologias que têm maior impacto na reprodução humana, quer porque garantem uma oferta maior de alimentos a custos acessíveis por camadas mais vastas da população, quer porque permitem reduzir o impacto de doenças e epidemias que caracterizam a sociedade no início de cada Vaga ou ainda porque permitem controlar a natalidade.
- As tecnologias que permitem alterar a condução da guerra – combinando as soluções de mobilidade, poder de destruição, obtenção de informação, bem como o comando, controlo e comunicação

**Os Sistemas Técnico-económicos que se sucedem não realizam mudanças de profundidade em todas estas Componentes. Pelo contrário, distinguem-se pela diferença das componentes que nelas realizam transformações mais profundas.**

**A análise que se segue procura também ilustrar a hipótese de que, cada intervalo de tempo que consideremos não é caracterizado apenas por um único sistema que teria sido capaz de mudar em profundidade as soluções dominantes em cada uma das principais áreas funcionais nesse intervalo de tempo, mas sim pela sobreposição de soluções de diferentes sistemas que se foram implantando em**

momentos diferentes, cada um deles abrangendo privilegiadamente apenas um certo número de áreas funcionais.

Na análise que se vai seguir, procura-se ilustrar a ideia de que o progresso tecnológico se estrutura numa sucessão de conjuntos articulados de tecnologias, cobrindo várias áreas funcionais e realizando um conjunto de transformações no aparelho produtivo e na organização social. Cada um desses conjuntos que designámos por “Sistemas Técnico-Económicos”:

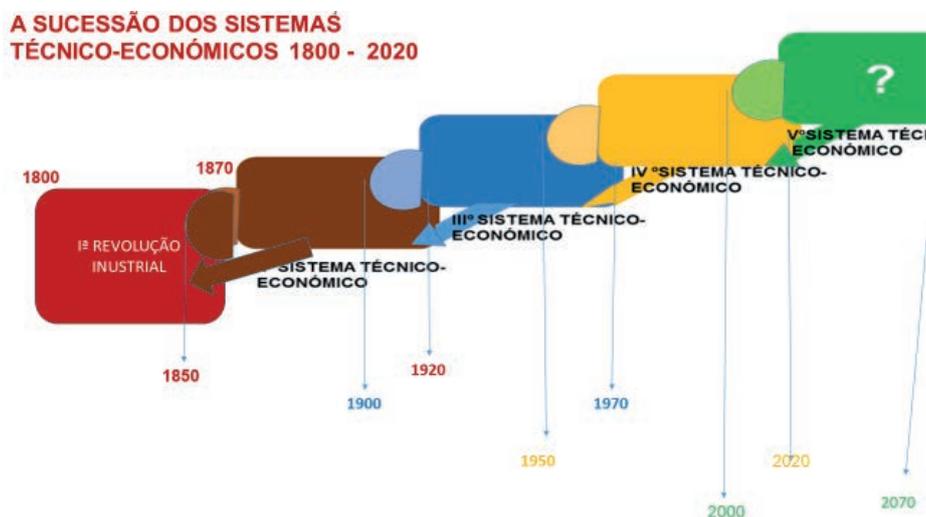
- Engloba uma série de articulações técnicas entre inovações tecnológicas que se podem traduzir por viabilizações mútuas, fertilizações cruzadas, ou exploração paralela da mesma base de avanços científicos;
- Assenta no desenvolvimento de um conjunto de sectores de atividade que corporizam a introdução de inovações tecnológicas radicais em várias áreas funcionais; bem como um conjunto específico de infraestruturas e indústrias de rede” que as suportam
- Desenvolve um segundo tipo de articulações sob a forma de grandes transformações que se realizam nas estruturas económicas, no funcionamento das economias e nos modelos de negócio predominantes bem como na organização das sociedades, nomeadamente nas atividades diretamente associadas á reprodução humana, pela ação conjunta de vários desses novos sectores ou inovações tecnológicas.
- Caracteriza-se sempre por novos modos de conduzir a **guerra** e de intervir no **combate ás doenças** – duas componentes sem aparente ligação técnica, mas que apresentam a mais densa relação das tecnologias com a destruição e a morte – produzindo-a ou afastando-a, mesmo que só temporariamente

## 1.2. Os sistemas técnico – económicos no longo período – 1800 – 2020

Os cinco Sistemas Técnico -Económicos que considerámos no longo período-1800-2020 – incluindo um Vº Sistema em formação, a que dedicamos este estudo – são indicados na Figura I com a respetiva datação utilizada

**Figura 1**

5 Sistemas técnico-económicos no período 1800-2020



As Fases típicas da “vida” de um Sistema Técnico Económico

Considerámos **QUATRO fases** na dinâmica de formação e na sucessão dos cinco sistemas técnico-económicos que identificámos:

- a) Cada Sistema Técnico Económico começa por se formar no interior do sistema anterior, através da emergência de tecnologias bem distintas das que tinham estruturado e pelo início do seu cruzamento, sem serem ainda estruturantes das economias, das sociedades e da “arte da guerra”.
- b) Num período de transição, o sistema anterior deixa de gerar inovações de rutura nas áreas tecnológicas que o estruturaram e nos seus setores motores – ou seja, nos setores que registaram forte crescimento durante a fase de consolidação do sistema e do seu papel de reorganizador das economias, do funcionamento das sociedades e da “arte da guerra” e permitiram, igualmente, o crescimento de setores complementares.
- c) No período seguinte as novas áreas tecnológicas emergentes desenvolvem múltiplas sinergias entre si e tornam-se dominantes na reorganização sob muitos aspetos do funcionamento das economias e das sociedades, definindo igualmente a maneira de “fazer a guerra” durante décadas. Durante esta fase assiste-se igualmente ao investimento por parte das tecnologias do novo Sistema na transformação de produtos e sistemas que se implantaram no sistema anterior e que passam a funcionar num novo modo.
- d) A partir de certo momento o sistema técnico económico entra numa fase em que deixa de gerar no seu interior inovações radicais, nos produtos ou nos processos, com base nas tecnologias que o caracterizaram. Frequentemente vão ser as tecnologias do sistema seguinte que irão contribuir para a inovação incremental.

**A data com que tentamos balizar o “fim” de cada sistema diz respeito à entrada nesta fase. Não significa que os objetos que caracterizaram o sistema deixem de existir – podem continuar a estar presentes no funcionamento das economias e das sociedades durante longos períodos, após a entrada nesta fase de muito reduzida inovação, até serem substituídos por outros.**

Nas Tabelas seguintes resumimos as principais inovações CIVIS de quatro dos Sistemas Técnico Económicos, tendo também incluído como referência inicial as inovações do Sistema Técnico Económico da Revolução Industrial – anterior a 1850.

### 1.3. Breve “visita” a quatro sistemas técnico económicos – 1800 – 2020

#### 1º SISTEMA TÉCNICO ECONÓMICO -1ª REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

Introdução da máquina a vapor, para transporte na minas, para utilização em locomotivas para redes ferroviárias e para acionamento central de máquinas operativas em instalações fabris (acionamento comum destas máquinas, através de correias ligadas a um veio central acionado diretamente pelas máquinas a vapor)

Criação de rede ferroviárias regionais e nacionais

Instalação de redes telegráficas em cidades /regiões e também acompanhando as redes ferroviárias para sua gestão

Carvão como fonte de energia primária com inovação nos métodos de mineração

Novos métodos de produção de ferro de melhor qualidade, como material estrutural de utilização crescente

Desenvolvimento da mecânica, para produção em larga escala de objetos, assegurando interoperabilidade de peças

Mecanização da indústria têxtil algodoeira, com produção de algodão no exterior da Europa

Melhoria das condições de salubridade nas cidades e difusão de novos hábitos de higiene pessoal. Com uso do sabão produzido, primeiro de forma artesanal, e depois em fábricas da indústria química

**1800 – 1870**

#### IIº SISTEMA TÉCNICO ECONÓMICO

Redes de Caminho de ferro continentais, com locomoção a vapor e transporte marítimo inter continental com navios a vapor

Cabos submarinos para telegrafia e telegrafia sem fios

Fontes de energia primária – carvão e energia hídrica, para hidro eletricidade –Inovação em turbinas hidráulicas

Difusão da eletricidade – em corrente contínua – para aplicações iniciais nas cidades –iluminação, sistemas de abastecimento de água, transportes elétricos – á superfície e subterrâneo (metros) ; redes telefónicas urbanas

Materiais-metálicos – produção massificada de aço (sucessão de tecnologias de produção) ; metalurgia do cobre

Química mineral e adubeira, Química da celulose e Carboquímica – Corantes

Mecânica – Máquinas ferramentas para trabalhar metal – máquinas universais ; máquinas de costura como equipamento doméstico

Máquina de escrever, Rotativas para impressão, massificação da imprensa diária

Fotografia e início do cinema

Extensão da produção agrícola fora Europa e transporte frigorífico de alimentos

Início de produção de medicamentos a partir de moléculas químicas selecionadas ; Multiplicação de vacinas para doenças infecciosas ; Imagiologia média; Raios X

**1850 – 1920**

Figura 2

IIIº Sistema Técnico – Económico



## O Vº SISTEMA TÉCNICO-ECONÓMICO

### 2.1. Forças motrizes de mudança tecnológica em curso

Começamos por identificar Forças Motrizes de mudança tecnológica neste período -traduzida por tecnologias e soluções tecnológicas emergentes -, com impacto em atividades de forte crescimento, e depois distinguíramos neste período dois subperíodos, separados pela crise financeira de 2008/2009 dados os seus impactos não só económicos mas também estratégicos, devido a mudanças de posicionamento ou de estratégias de potências. Distinção que levou a abordar, em primeiro lugar, a dinâmica geoeconómica deste período foi marcado nos EUA por duas crises financeiras e por duas guerras inconclusivas (em face do conjunto de objetivos iniciais) – Afeganistão e Iraque – e uma intervenção posterior no Médio Oriente, as designadas “revoltas árabes” c ontra regimes autoritários que ampliaram a turbulência na região, levando à formação de duas coligações antagónicas de Estados.

Considerámos que a mutação tecnológica atual resulta de uma convergência entre quatro forças motrizes:

- Tecnologias em fase de desenvolvimento acelerado e com elevado potencial de cruzamento entre si (ex: nova vaga de desenvolvimento das tecnologias da informação em torno do ciberespaço, das comunicações móveis, do desenvolvimento de algoritmos para apoio à decisão, da inteligência artificial, etc.);
- Tecnologias a chegar ao limite da sua utilização como base das Tecnologias de informação – como as tecnologias da microeletrónica que se desenvolveram de acordo com a Lei de Moore e já não podem continuar a fazê-lo;
- Pressão de desafios de longo prazo a que as economias e as sociedades pretendem responder, recorrendo necessariamente à inovação tecnológica;
- Mudança de fase na Globalização implicando uma nova localização de atividades, quer de produção de bens físicos, quer de bens intangíveis (dados, conteúdos e serviços), cada vez mais relevantes no funcionamento da economia global;
- Novas pressões de redireccionamento nas áreas da Defesa e do Espaço.

#### a) Heranças Tecnológicas – Continuidades e Raturas

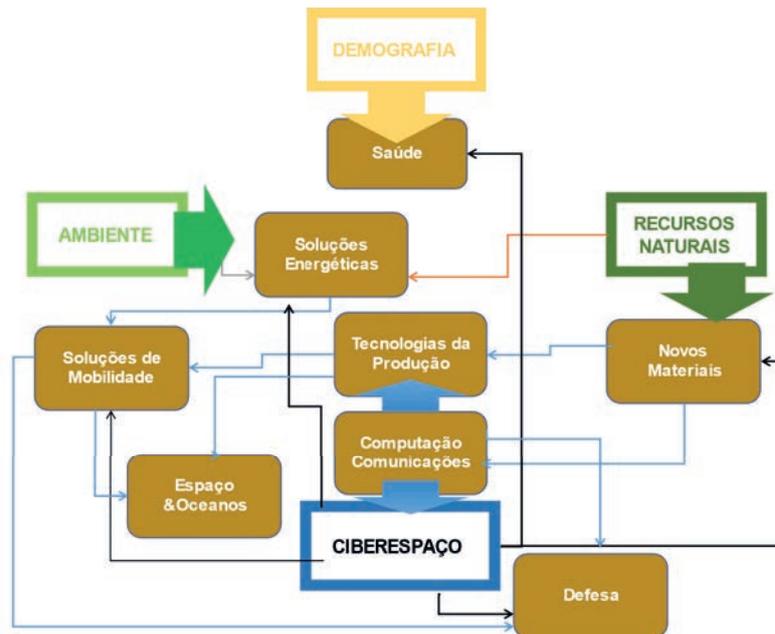
**No período de 2000 a 2020 começaram a desenvolver-se novas soluções tecnológicas resultantes de investigação científica levada a cabo nas décadas anteriores, bem como surgiram limitações físicas a tecnologias que haviam sido a base de inovação em áreas tecnológicas abrangentes (ex: Tecnologias da informação):**

- Tecnologias em fase de desenvolvimento acelerado e com elevado potencial de cruzamento entre si (ex: inteligência artificial, nanotecnologias, biologia sintética, tecnologias do hidrogénio).

- Tecnologias a chegar ao limite da sua utilização – como as tecnologias da microeletrónica que se desenvolveram de acordo com a Lei de Moore e já não podem continuar a fazê-lo exigindo novas abordagens – vd. computação quântica.
- Intenso I&D em áreas tecnológicas transformativas – fusão nuclear e computação quântica.

**Figura 3**

Fatores não tecnológicos motores da tecnologia – Exemplos



**b) Enquadramento – Demografia e Morbilidade**

Em que destacaríamos o envelhecimento da população total e da população ativa e mudanças no padrão de morbilidade nas sociedades mais desenvolvidas, com reforço da importância do cancro, das doenças crónicas como a diabetes e das doenças neurodegenerativas. Esta força motriz poderá desencadear:

- A introdução em larga escala da robótica colaborativa, inteligência artificial e novas tecnologias de produção para reforçar a produtividade de economias com populações em idade ativa em contração.
- Uma mudança de paradigma nas tecnologias da saúde e sua base científica pela necessidade de consolidar uma abordagem de diagnóstico precoce e prevenção, de definição de estratégias de intervenção ao longo do ciclo das doenças combinando meios de diagnóstico precoce, fármacos e novas formas de administração, novas próteses funcionais e órgãos artificiais, e uma personalização cada vez maior das abordagens terapêuticas.

**c) Enquadramento – Ambiente e Recursos**

Em que destacaríamos os desafios da mitigação das alterações climáticas, na parte em que a queima de combustíveis fósseis as determinam, a redução da intensidade de uso de recursos minerais e a corrida a novas bases de extração de recursos chave e escassos para as novas tecnologias. Esta força motriz irá desencadear:

- Surgimento de ruturas tecnológicas em torno da produção de eletricidade, quer em formas de elevada densidade energética (fusão nuclear compacta, por exemplo), quer em formas descentralizadas e de menor densidade mas com armazenagem associada (energias renováveis e baterias e células de combustível); eletrificação de funções que atualmente são realizadas com base na queima de combustíveis fósseis (ex: mobilidade elétrica e inteligente) e economia circular aplicada ao fecho do ciclo de carbono e do ciclo nuclear (em soluções que não contribuam para a proliferação de armas nucleares).
- Avanço cauteloso nas tecnologias de geoengenharia que possam contribuir para reduzir a concentração de gases com efeito de estufa na atmosfera.
- Redução significativa da intensidade de uso de recursos minerais para preenchimento de funções que hoje são grandes consumidoras de energia e minérios, o que envolve: uma evolução generalizada para equipamentos multifuncionais – em vez de equipamentos de uma só função; a utilização em larga escala dos hidrocarbonetos na produção de materiais estruturais e funcionais de largo espectro, nomeadamente os materiais com base no carbono; mas também a ampliação da base de extração de minérios no oceano profundo e/ou no espaço exterior para obter materiais-chave e escassos para as tecnologias de ponta (ex: do hélio 3 às terras raras e ao lítio).

#### d) Enquadramento – Mudança geoeconómica na Globalização

Traduzida em dois vetores principais:

- Na reorganização das cadeias de valor, evoluindo do atual paradigma de fragmentação geográfica das fases de produção, de acordo com o custo dos fatores mais intensivos em cada fase e com recurso maciço ao transporte utilizando combustíveis fósseis para um paradigma de encurtamento das cadeias de valor e das necessidades de transporte e sua organização em torno do ciberespaço, do *software* e de novas tecnologias de produção (ex: *additive manufacturing* e robótica colaborativa). Esse novo paradigma vai determinar uma quebra muito acentuada do comércio internacional entre macrorregiões.
- Na alteração profunda no setor energético no duplo sentido de uma nova abordagem na utilização dos hidrocarbonetos – orientada para a obtenção de combustíveis mais ricos em hidrogénio e de materiais estruturais e funcionais com base no carbono; tendência que se articulará com a generalização de formas descentralizadas de produção e armazenagem da eletricidade (ex: células de combustível e novas gerações de baterias), reduzindo o papel das grandes redes elétricas nacionais.

#### e) Enquadramento -Mudança nos desafios estratégicos

Envolvendo reorientação de prioridades tecnológicas na área da Defesa e do Espaço das potências principais. Destacaríamos para análise futura as cinco tendências seguintes:

- A competição estratégica entre as potências – EUA, China, Índia, Rússia e Irão – vai concentrar-se na disputa do controlo de quatro “flúidos estratégicos” – Oceanos, Espaço Aéreo, Espaço Exterior e Ciberespaço – muito mais do que no combate por expansão territorial e no desenvolvimento de meios de combate terrestre.
- A dependência crescente em que as economias mais desenvolvidas se estão a colocar face ao ciberespaço vai tornar cada vez mais importantes as armas e as formas de guerra orientadas – não para a “destruição maciça”, como durante a guerra fria com as armas nucleares – mas para sistemas de “paralisia total

ou parcial”, quer por ataques às infraestruturas que suportam parte do ciberespaço e às infraestruturas que suportam o funcionamento das sociedades e podem ser atacadas a partir do ciberespaço, o que envolverá quer a ciberguerra quer a utilização de EPW – *electromagnetic pulse weapons*.

- O ataque de precisão a muito longa distância e a necessidade de vencer barreiras de defesa antimíssil “clássicas” vai levar, por um lado, à continuação do desenvolvimento de formas híbridas de avião – avião aeroespacial capaz de sair e reentrar na atmosfera a velocidades elevadíssimas e com grande precisão; a uma evolução de um paradigma de armas com explosivos, para as *armas híper rápidas* e para as armas de energia dirigida, sejam elas armas de energia cinética ou armas lasers. Qualquer destas armas supõe um avanço rápido para a “eletrificação da guerra” devido à exigência de uma potência elétrica muito elevada – o que, por sua vez, exige alcançar a fusão nuclear em formas compactas (e não em gigantescas máquinas como o ITER na Europa ou a *National Ignition Facility* nos EUA).
- O revigoramento da exploração espacial em três patamares: o recomeço de viagens tripuladas a planetas do sistema solar, começando por Marte; a mineração robótica de asteroides e a exploração de Helium 3 (para fusão por confinamento eletrostático) na Lua; a utilização do espaço exterior para soluções de geo engenharia. E para as viagens mais longínquas, a propulsão química que dominou a 1ª fase de exploração espacial pode vir a ser substituída pela propulsão eletromagnética.
- O surgimento, com um papel central neste Sistema, de motores e/ou sistemas de propulsão que estejam na base quer de novas soluções de transporte a longa distância, quer de novas plataformas e de armas de energia dirigida – como sejam os motores elétricos lineares e os novos sistemas de propulsão aeroespacial – os *scramjets*.

A figura 2 ilustra um conjunto de áreas tecnológicas em que se estão a operar avanços que consideramos podem caracterizar este novo Sistema Técnico Económico

**Figura 4**

○ Vº sistema técnico-económico em formação – principais áreas de inovação



**UM NOVO SISTEMA TÉCNICO ECONÓMICO EM FORMAÇÃO, NUMA FASE DE TRANSFORMAÇÃO DAS RELAÇÕES ENTRE POTÊNCIAS – 3 FASES DO SEU POSSIVEL DESENVOLVIMENTO**

Componentes individuais deste novo Sistema surgiram como Tecnologias Emergentes na década de 80 e 90 do Século XX, mas consideramos que **foi no período 2000-2020 que se assistiu ao desenvolvimento e início de cruzamento de tecnologias chave deste novo Sistema, após a difusão na economia e na sociedade das tecnologias emergentes transferidas da área militar para a área civil – por exemplo a internet e o GPS.** E consideramos em termos geoeconómicos, geopolíticos e estratégicos dois subperíodos, que enquadraram o surgimento deste Vº Sistema.

### 2000-2020

Na transição entre sistemas técnico económicos e entre formas de organização do sistema internacional – um período turbulento em termos económicos e geopolíticos

Os EUA experimentaram até 2020 duas crises financeiras – uma em 2000, com o crash das dotcom – ou seja, o rebentar de uma bolha especulativa assente numa nova família de tecnologias digitais e outra, em 2008, na sequência de uma bolha especulativa, esta em torno do preço da terra – ou seja, uma bolha imobiliária que rebenta já num sistema financeiro completamente assente no mercado de capitais – a crise das hipotecas subprime. s quais e veio acrescentar, a nível mundial em 2020 a recessão desencadear pela pandemia Covid -19

Enquanto em termos geopolíticos e estratégicos os EUA travam duas guerras no Grande Médio Oriente – no Iraque e no Afeganistão -, com o duplo objetivo de derrotar a Al Qaeda e de manter o controlo estratégico sobre o Golfo Pérsico, ao mesmo tempo que, em termos geoeconómicos, procuraram enfraquecer o controlo da OPEP sobre os preços do petróleo num período de forte aumento expectável da procura e delimitação da oferta de petróleo fora dos Estados da OPEP. **Estas duas guerras determinaram um aumento substancial das despesas com a Defesa, ao mesmo tempo que dentro destas e das despesas da exploração espacial, os gastos com novos sistemas e projetos começaram a ser objeto de limitações por razões orçamentais.**

Nesse subperíodo, os EUA mantiveram – a níveis de intensidade distintos – as boas relações com o Japão, a China e Coreia do Sul, enquanto melhoraram o seu relacionamento com a Índia.

Os EUA saíram mais cedo da recessão provocada pela 2ª das crises financeiras do que as outras economias desenvolvidas – Europa e Japão – e as suas empresas lideram a utilização global da internet e da construção de um novo espaço geoeconómico global – o ciberespaço. Mas nesse mesmo subperíodo-2000-2030 em termos estratégicos, a situação mundial alterar—se-ia a China consolida-se não só como economia emergente mas como potência regional em competição com os EUA, prosseguindo um exigente programa de modernização militar com focos no poder naval, no poder aéreo e na utilização militar do espaço exterior e do ciberespaço, enquanto os EUA, por decisões resultantes de uma alteração política interna, retiram rapidamente do Iraque – deixando uma situação caótica – e começam por reduzir a presença militar no Afeganistão (para, posteriormente, serem obrigados a rever esta decisão).

Reduziram as despesas com Defesa, reorganizaram m o seu dispositivo militar e durante a Administração Obama cortaram m no financiamento a vários programas de desenvolvimento de novas gerações de armas e de novas iniciativas no espaço exterior que tinham sido definidas no final da Administração de George W.Bush. Neste subperíodo, os EUA promoveram uma intervenção no Grande Médio Oriente, especialmente com as designadas “revoltas árabes” contra regimes autoritários, que ampliaram a turbulência na região, acrescentando-se à situação caótica no Iraque e levando à formação de duas coligações antagónicas de Estados.

Uma liderada pelo Irão – contando com o apoio da Rússia – e outra liderada pela Arábia Saudita, com o apoio dos EUA. E, para tornar a situação mundial ainda mais tensa, os EUA apoiaram a decisão da União Europeia de disputar a Ucrânia à influência da Rússia, levando ao agravar das tensões da Rússia com o Ocidente para o nível mais elevado que se verificara desde a implosão da URSS.

A Administração Trump seria a primeira que teve que lidar com esta turbulência .Tendo realizado avanços no Médio Oriente, estabelecido uma parceria com India e procurado criar na Ásia um novo alinhamento no Indo pacífico, que envolvesse a Índia, o Japão e Austrália .Mas não conseguiu forjar internamente um novo consenso de politica externa – que seria muito menos marcado pela guerra fria.

### 2020-2050

*Período em que este Sistema atingirá a maturidade, com base no pleno desenvolvimento de cada um e nas sinergias entre os seus componentes funcionais . Mas ainda num quadro de intensa rivalidades entre Grandes Potências – EUA China, India e Rússia – e da afirmação de potências regionais procurando explorar as tensões entre as Grandes Potências, Tensões que se irão manifestar em grande parte no Espaço e no Ciberespaço e que serão agudizadas pelos conflitos em torno das opções para combate ás alterações climáticas e para custear as exigências de adaptação sentidas em vastas regiões do planeta. Particularmente nas zonas costeiras onde se vinham concentrando populações nos vários continentes*

### 2050-2070 ?

*Período em que uma nova vaga de tecnologias que tinham estado em desenvolvimento na fase anterior (2020-2050) e que surgem com um potencial de difusão capaz de contribuir simultaneamente para resolver as questões da energia e do clima e para gerar uma nova desigualdade de poder de coação entre as potências, desigualdade que favoreça uma nova ordenação no sistema internacional.*

*Entre estas tecnologias incluem-se a fusão nuclear compacta, a propulsão espacial eletromagnética, a computação quântica, os materiais supra condutores, a biologia sintética*

## 2.2. O Vº sistema técnico económico e o seu potencial de transformação da economia e da sociedade – uma visão de conjunto

**a)** Renova e amplifica o investimento na exploração do Espaço exterior, em **quatro patamares:**

- A competição /cooperação entre Estados pelo voo tripulado para Marte e o estabelecimento na órbita da Lua de uma estação de apoio ( Lunar Gateway – com EUA e possível cooperação da Rússia e da ESA )
- O início da instalação de bases permanentes na Lua (já planeadas pelos EUA, China e Japão) e da exploração de recursos – em que se incluirá o Hélio 3, útil para tecnologias de fusão nuclear
- A mineração dos asteroides, com inovação na forma de exploração dos minérios que deles se podem obter
- A multiplicação de um novo segmento de satélites artificiais em órbitas baixas cias – micro e nano satélites, integrados em constelações que podem constituir uma infraestrutura para acesso à internet e para observação e monitorização da terra

**b)** Marca o início em larga escala da exploração sustentável de recursos no oceano profundo-envolvendo:

- Recursos vivos em ambientes extremos – ex. junto de fontes hidrotermais) e que podem vir a ser utilizados pelas indústria farmaceutica

- Recursos minerais de alto valor, nomeadamente terras raras existentes em lamas ou depósitos no fundo do mar
- Utilização dos hidratos de metano, como reforço dos recursos em gás natural do planeta com exploração sustentável
- Avanços que permitam a exploração dos sulfuretos – recursos minerais abundantes que rodeiam as fontes hidrotermais – mas com impactos reduzidos ou nulos no macro ambiente marinho

Por sua vez a exploração espacial e a exploração do oceano profundo vão criar um mercado alargado para a **robótica móvel, com graus crescentes de autonomia.**

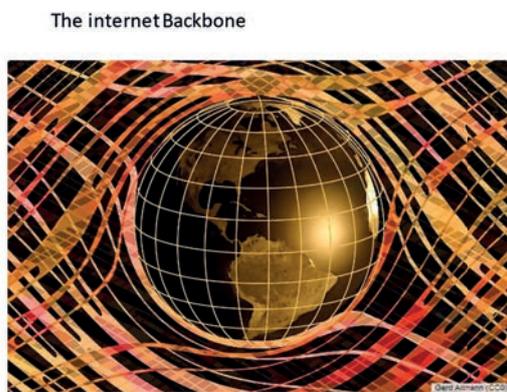
c) Organiza o funcionamento das economias e das sociedades em torno do ciberespaço como espaço de acesso global para comunicação, informação, transações e entretenimento, tendo como grandes organizadoras as plataformas digitais globais/multifuncionais, que pela primeira vez romperão com as fronteiras dos Estados, para criar as suas próprias “fronteiras” de fidelização de clientes oriundos dos mais diversos Estados do Mundo.

Este novo funcionamento das economias e das sociedade – que privilegia a personalização dos serviços e dos conteúdos acedidos – assenta na disponibilização de terminais – os *smartphones* – que foram lançados nos EUA em 2007 e rapidamente se difundiram á escala mundial como bens de consumo de massa que permitem individualmente o acesso permanente e em tempo real à internet bem como o processamento dos dados em várias formas

O Ciberespaço funciona assente numa infraestrutura global de que as comunicações em fibra ótica são a espinha dorsal com uma componente de cabos submarinos permitindo as ligações intercontinentais e em que os Data centres são os locais onde se localizam os servidores de armazenamento e processamento dos dados que circulam na internet

**Figura 5**

**Infraestruturas da internet: o papel dos Data Centers**



The internet generates massive amounts of computer - to-computer traffic, and insuring all that traffic can be delivered anywhere in the world requires the aggregation of a vast array of **high-speed networks collectively known as the internet backbone**



Fonte: CISCO

At its simplest, a data center is a physical facility that organizations use to house their critical applications and data. A data center's design is based on a network of computing and storage resources that enable the delivery of shared applications and data. The key components of a data center design include routers, switches, firewalls, storage systems, servers, and application -delivery controllers.

Fonte:CISCO

d) O Vº Sistema Técnico Económico vai dar origem a novos avanços nas comunicações wireless com as redes 5G que irão permitir gerir a extensão da internet da comunicação global entre pessoas á comunicação entre objetos – através da articulação entre redes 5G e a Internet of Things -com o que se poderá caminhar para uma gestão mais eficaz – em termos da qualidade do desempenho funcional – e eficiente – em termos de mobilização de recursos – de sistemas complexos em várias áreas da economia e da sociedade, de entre os quais os que mais contribuem para alterar o clima, para a degradação do ambiente e para o não aproveitamento e valorização dos recursos humanos existentes

e) O Vº Sistema Técnico Económica permite reorganizar a generalidade dos serviços, mudando o seu funcionamento graças à combinação da conectividade digital, com a disponibilização de dados dos utilizadores à escala global e com algoritmos que, as empresas plataforma constroem e permitem analisar esses dados e deles retirar antecipação de comportamentos e orientações para abordagens mais personalizadas

O Vº Sistema Técnico Económico permite ampliar as capacidades humanas graças à presença de auxiliares em interação cognitiva (formas de *machine learning*/ inteligência artificial); **que exigem a este Vº Sistema inovação nas arquiteturas de computação, nos componentes eletrónicos e nos materiais com que são fabricados,**

f) Permite organizar a produção física de forma descentralizada – ultrapassando a organização atual em cadeias de produção lineares mono setoriais – distribuídas no espaço global de acordo com a combinação de qualidade/custos do trabalho humano – **em favor** de cadeias de produção multi setoriais – assentes na combinação da fabricação aditiva com a robótica, aproximando produção e consumo e podendo alterar por completo o padrão do comercio internacional.

g) Coloca os materiais derivados do carbono e os polímeros no centro do novo sistema técnico económico, quer em termos de materiais estruturais quer de materiais funcionais (ex: fibras de carbono, nanotubos de carbono, grafeno), a que se adicionam plásticos técnicos e seus compósitos; marcando o fim gradual das eras dos metais.

h) Permite organizar um período de transição no paradigma energético mundial, em que – não obstante o crescimento das energias renováveis (nomeadamente eólica e solar) e dos avanços na armazenagem da eletricidade produzida, imprescindíveis á sua difusão – os hidrocarbonetos continuarão a ser dominantes na base dos sistemas energéticos mas deixarão de ser diretamente utilizados como combustíveis. Para o que contribuirá o papel crescente do hidrogénio como produto intermédio com uma utilização cada vez mais diversa. E das três formas sustentáveis de obtenção do hidrogénio – hidrogénio verde, hidrogénio azul e hidrogénio turquesa será este ultimo o que melhor se integrará neste Vº Sistema – já que a partir do gás natural esta tecnologia de extração permite obter hidrogénio, mas também carbono em estado sólido, respondendo assim à procura crescente de materiais em carbono que irá caracterizar este Sistema técnico -económico como referimos Nessa transição energética integra-se igualmente a IVª geração de reatores nucleares de fissão, obedecendo a novos conceitos que permitem limitar vários das desvantagens associadas às anteriores gerações, além de reduzirem a dimensão de cada reator e permitir até a sua fabricação modular em série

Altera o padrão de utilização e as soluções de mobilidade. Reduz necessidades de mobilidade pela utilização maciça de comunicações móveis em banda larga e ciberespaço e, simultaneamente, introduz novas soluções de mobilidade inter metropolitana (ex: Hyperloop – utilizando motor elétrico linear) e novas formas de mobilidade autónoma aérea para utilização no transporte em espaço metropolitano de que destacaríamos os *drones* e os táxis aéreos (com propulsão elétrica, fabricados em materiais ultraleves e muito resistentes e com um capacidade de autonomia e de operação em *swarms*), aviões para ligações intercontinentais hipersónicas, utilizando novas

formas de propulsão (motores *scramjet* com utilização de hidrogénio) e novas configurações de aviões com propulsão a hidrogénio

i) Renova a forma de organizar os cuidados de saúde no triplo sentido de predomínio do paradigma de prevenção (ex: doenças oncológicas, doenças neuro degenerativas), de monitorização permanente e automática de parâmetros clínicos, de personalização dos tratamentos e do recurso mais frequente à substituição de órgãos (e não apenas a corretores de funcionamento de órgãos), cujo fabrico se tornará mais facilitado. E inclui uma componente de investigação sobre as possibilidade de extensão significativa da longevidade

ii) Acelera uma mudança na alimentação, começando no recurso à engenharia genética para melhoria de plantas – em termos de rendimento produtivo; capacidade de suportar stresses naturais e resistência a agentes patogénicos (sobretudo utilizando a engenharia na modalidade CRISPR); e envolvendo também a produção de tecidos nutricionais obtidos “em laboratório” (ex: tecidos para substituição de carne de origem animal) e a fabricação aditiva de alimentos confeccionados.

Seguidamente iremos referir de forma breve esses desenvolvimentos que marcam a afirmação deste novo Sistema Técnico -Económico

# O Vº SISTEMA TÉCNICO ECONÓMICO -TELECOMUNICAÇÕES, INTERNET E CIBERESPAÇO

## 3.1. Telecomunicações

### 3.1.1. Evolução recente – A importância crescente dos dados

A infraestrutura base e as indústrias de rede deste novo sistema não se localizam – como nos anteriores sistemas – nas redes de transportes mas sim nas telecomunicações digitais com três componentes fundamentais: redes de telecomunicações óticas, redes de telecomunicações wireless e novos “terminais inteligentes”.

- As redes mundiais de telecomunicações óticas com uma componente intercontinental que constituem o *backbone* fundamental da internet. Estas redes foram construídas na sequência dos investimentos maciços realizados por empresas dos EUA na década de 90, quer no seu território, quer na construção de redes globais.
- A sucessão de gerações nas comunicações *wireless* em arquiteturas celulares. A 3ª geração (3G) de telefonia móvel procurou responder à expectativa de um crescimento muito intenso da comunicação de dados, impossível de responder com a 2G. Assim, esta geração introduziu o *packet switching* nas comunicações móveis, em vez do *circuit switching* utilizado até então, tendo o processo de standardização avançado igualmente em termos de exigências regulamentares, o que deu origem a uma intensa competição por *standards* e por linguagens.

As velocidades muito elevadas de conexão na 3G permitiram uma grande transformação – pela primeira vez, passou a ser possível o *streaming* de conteúdos áudio e vídeo para os terminais pessoais. Nos EUA, em meados da década de 2000, começou a ser implementado um aperfeiçoamento da 3G com a *High Speed Downlink Packet Access* (HSDPA). E só a partir de uma cobertura extensiva por redes 3G é que começaram surgir dispositivos específicos para permitir o acesso móvel à internet. Por sua vez, a 4ª geração (4G) procurou responder à expectativa de um crescimento exponencial da utilização da telefonia móvel para aplicações muito intensivas em banda larga. Estas novas tecnologias maximizam as suas funcionalidades para transmissão de dados. Na 4G o *circuit switching* foi abolido passando a dispor-se de redes integralmente em IP, incluindo VoIP.

### 3.1.2. As redes 5G

Consideramos as redes celulares com standard 5G inseridas no Vº Sistema Técnico Económico, já muito centradas nos dados, na sua transmissão e processamento próximo. As Redes 5 G destacam-se por um conjunto de características:

- A velocidade nas redes 5G é **100 vezes mais rápida do que nas 4G** e isto significa, na prática, o *streaming* a 4K e 8K é feito em segundos, sem falhas, com uma qualidade nunca vista e em qualquer lugar. O 5G pode atingir velocidades de 10 Gbps.

- A **redução da latência** para valores que aproximam vertiginosamente a comunicação em tempo real. (A latência é o tempo que medeia uma ação e a sua consequência noutro dispositivo — no fundo, o tempo de resposta da rede. Com a chegada do 5G a latência passará a menos de cinco milissegundos e isto abre um mundo de possibilidades, como as cirurgias remotas ou a condução à distância.
- Uma **superior capacidade da rede**

## REDES 5G – DOS DADOS EM SMARTPHONES PARA OS DADOS NA INTERNET OF THINGS

“Thanks to the so-called “3G” cellular standard, using mobile data with a cell phone was made possible, as 3G was the main driver to produce smartphones at the time. The fourth generation of mobile network standards was created some time later. Thanks to “LTE”, the data transfer rates have increased massively. Up until today LTE is the most popular and most-used network. Speeds of up to 100 megabits per second are no problem for the network and are already a reality in many areas of the economy and society.

LTE was primarily designed and optimized for use on smartphones, whereas 5G will be the mobile standard for all connected Things.

5G IoT reaches new dimensions in all aspects. The data throughput in the new network should reach up to 20 gigabits per second and allow shorter response times. As a piquant comparison, the first cell phone with 1G network connectivity is eight million times less than a 5G network. With 5G, it will also be possible to transmit data in real time. This means that 100 billion mobile devices around the world would be accessible at the same time. In other words, a connection density of approximately one million devices per square kilometer.

At the same time, the new technology brings an increase in the relative movement speed. This means that connection quality will be much more stable up to a speed of 500 kilometers per hour, which will bring enormous benefits, especially for rail travelers. Regardless of smartphones, increasing amounts of data are inevitable in other areas of application.

In addition to the Internet of Things, Industry 4.0, for example, will also benefit massively from 5G technology. The continuous data exchange between machines, systems, robots and people will become an integral part of industrial production. The number of connected devices and parts will increase enormously. For example, the control units of industrial robots are addressed in real time – and error probabilities are ultimately reducible to a minimum.

Fonte: EMnify blog December 10 – 2020

### 3.2. A internet e o ciberespaço – revolucionando o funcionamento dos mercados e a geoeconomia

A difusão da Internet na atividade civil nos EUA após 1995 fez com que um dos aspetos centrais deste período de gestação de um novo Sistema Técnico-Económico tenha sido a criação de um novo espaço comunicacional global e interativo (ao contrário do que acontece com a rádio e a TV) – o Ciberespaço -, integrando as funções transacionais, de partilha e acesso a informação e de entretenimento, suportado por uma infraestrutura intercontinental de redes de comunicações óticas e por redes wireless.

O Ciberespaço permitiu a criação de novos espaços de conectividade interpessoal – as redes sociais – Facebook, Twitter, You Tube – que, por sua vez, permitem às empresas que as gerem aceder gratuitamente a volumes maciços de dados sobre as preferências dos seus utilizadores que podem ser utilizados, antes de mais, para efeitos de *marketing* comercial ou político.

E multiplicaram-se plataformas digitais com distintas finalidades que permitem o acesso individual às diversas funcionalidades do ciberespaço, plataformas de alcance global geridas por um grupo restrito de empresas a nível mundial. Acompanhada pela multiplicação de software de aplicações que permitem aceder e utilizar a informação contida nessas plataformas para finalidades específicas.

Essas **empresas-plataforma** – de que são exemplos a Google, Amazon, Facebook, Alphabet, Apple, Uber – funcionando com base em algoritmos por elas desenvolvidos, também conseguem aceder a um gigantesco volume de dados sobre os seus utilizadores e criam as condições para que esses utilizadores contribuam gratuitamente para o enriquecimento informativo das plataformas que essas mesmas empresas gerem, num típico caso de externalidades de rede.

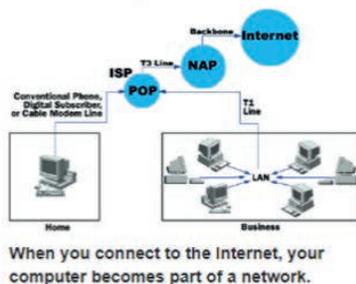
O ciberespaço permitiu, através da Computação na Rede (**Cloud Computing**), a criação de uma nova forma de computação baseada na internet que oferece *on demand* aos potenciais utilizadores, localizados em qualquer parte do mundo, acesso a recursos computacionais configuráveis (redes de computadores, servidores, armazenamento de dados, *software as service* e aplicações), recursos esses concentrados em *data centres* localizados sobretudo nos EUA e fora dele por empresas dos EUA (ex: IBM, AWS-Amazon Web Services, Google, Microsoft)

**HOW THE INTERNET INFRASTRUCTURE WORKS – NETWORKS, ROUTERS, NAPS, ISPS, DNS AND POWERFUL SERVERS ALL MAKE THE INTERNET POSSIBLE.**

**Figura 6**

Internet – hierarquia da rede de computação

**The Internet:  
Computer Network  
Hierarchy**



**The Internet Backbone**

The **National Science Foundation (NSF)** created the first high-speed backbone in 1987. Called **NSFNET**, it was a **T1 line** that connected 170 smaller networks together and operated at 1.544 Mbps (million **bits** per second). **IBM, MCI and Merit** worked with NSF to create the backbone and developed a T3 (45 Mbps) backbone the following year.

Backbones are typically fiber optic trunk lines. The trunk line has multiple fiber optic cables combined together to increase the capacity. Fiber optic cables are designated OC for optical carrier, such as OC-3, OC-12 or OC-48. An OC-3 line is capable of transmitting 155 Mbps while an OC-48 can transmit 2,488 Mbps (2.488 Gbps). Compare that to a typical 56K modem transmitting 56,000 bps and you see just how fast a modern backbone is.

Most large communications companies have their own dedicated backbones connecting various regions. In each region, the company has a **Point of Presence (POP)**. The POP is a place for local users to access the company's network, often through a local phone number or dedicated line. The amazing thing here is that there is no overall controlling network. Instead, there are several high-level networks connecting to each other through **Network Access Points** or NAPs.

## INTERNET SERVERS

Internet **servers** make the Internet possible. All of the machines on the Internet are either servers or **clients**. The machines that provide services to other machines are servers. And the machines that are used to connect to those services are clients. There are Web servers, e-mail servers, FTP servers and so on serving the needs of Internet users all over the world.

When you connect to [www.xyz.com](http://www.xyz.com) to read a page, you are a user sitting at a client's machine. You are accessing the xyz Web server. The server machine finds the page you requested and sends it to you. Clients that come to a server machine do so with a specific intent, so clients direct their requests to a specific software server running on the server machine. For example, if you are running a Web browser on your machine, it will want to talk to the Web server on the server machine, not the [e-mail](#) server.

A server has a static IP address that does not change very often. A home machine that is dialing up through a modem, on the other hand, typically has an IP address assigned by the ISP every time you dial in. That IP address is unique for your session -- it may be different the next time you dial in. This way, an ISP only needs one IP address for each modem it supports, rather than one for each customer.

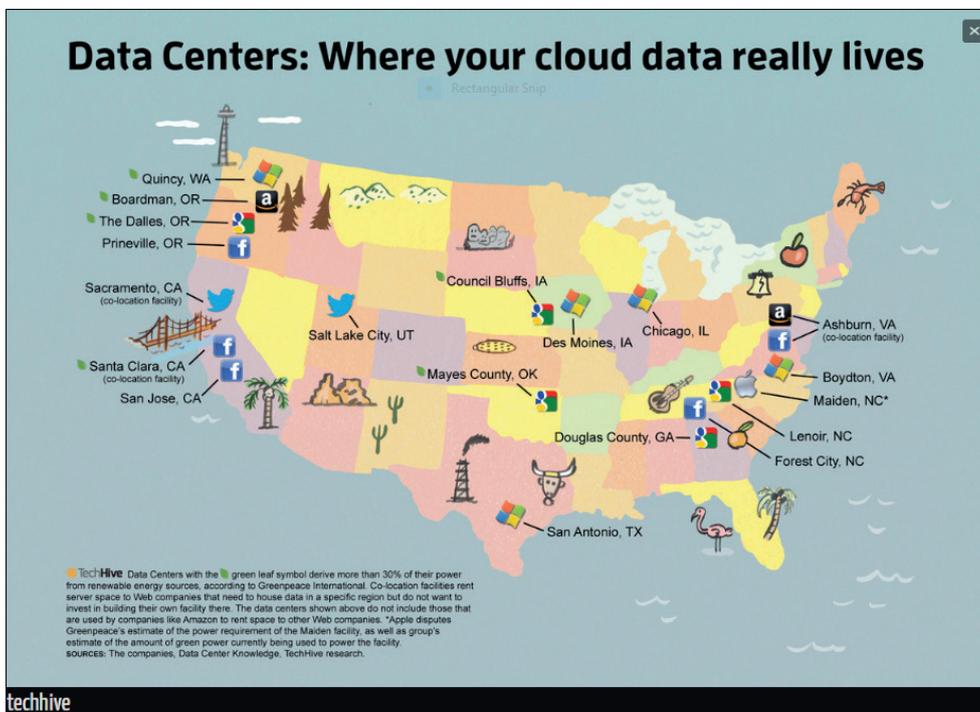
---

Fonte: *How the internet infrastructure works –em Howstuffworks*

De novo este pequeno grupo de empresas detém grandes capacidades de oferta de espaço na *Cloud*, estando a surgir novas empresas com distintas ofertas mais ou menos segmentadas.

**Figura 7**

Onde se localiza a Cloud?



Fonte: NetworkWorld -2018

### 3.3. Dos sensores à internet of things

#### 3.3.1. A digitalização e a revolução dos sensores

Os sensores há muito que fazem parte do quotidiano como é o caso dos sensores de temperatura, de humidade, de pressão ou dos sensores para medidas de fluxos, que se difundiram como **sensores analógicos**.

E considera-se – em termos gerais – que os bons sensores são os que reúnem três características:

- Serem sensíveis à variação da propriedade que está a ser medida;
- Serem insensíveis a qualquer outra propriedade que possa ser medida no ambiente da propriedade a ser medida;
- Não influenciarem, pela sua presença, a própria propriedade que se pretende medir.

Os sensores de que hoje falamos com muito mais frequência estão intrinsecamente associados ao desenvolvimento da eletrónica podendo ser definidos como os componentes eletrónicos, os módulos ou os subsistemas cuja função é detetar acontecimentos ou mudanças no seu ambiente, tornando possível enviar essa informação sob forma digital para outros componentes eletrónicos, normalmente micro processadores.

E para que um sinal analógico obtido por um sensor possa ser processado torna-se necessário dispor de um **conversor analógico-digital**.

A **sensibilidade de um sensor** indica quanto muda o resultado indicado pelo sensor tendo em conta a variação da quantidade da variável que está a ser medida. Por sua vez, a **resolução de um sensor** consiste na mudança mínima que consegue detetar na quantidade que estiver a medir.

Com o IVº Sistema Técnico começaram a multiplicar-se estes novos sensores associados à eletrónica e ao processamento digital em tempo real devido às exigências da Defesa (ex: sensores radar, sensores de infravermelhos, sensores térmicos, sensores de imagem, sensores de velocidade etc.), da conquista do Espaço e dos grandes equipamentos da *Big Science*.

Associados aos sensores desenvolveram-se igualmente os **micro controladores e os micro atuadores**.

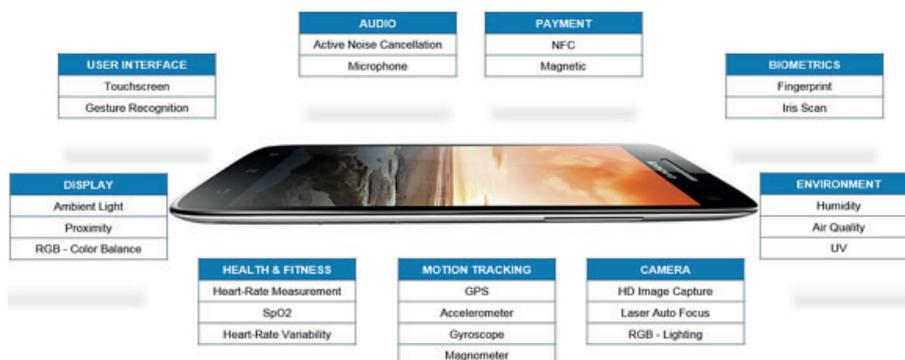
A multiplicação de sensores para processamento digital da informação que recolhem foi acompanhado por **dois processos chave** que se estenderam ao Vº Sistema Técnico-Económico que estamos a caracterizar:

- A Identificação dos materiais mais capazes de ser sensíveis a variações mínimas dos parâmetros cuja evolução se pretende medir e comparar ao longo do tempo ou no espaço;
- A sua miniaturização crescente, passando a ser possível fabricá-los numa escala microscópica, sabendo-se que um micro sensor atinge não só maior rapidez como maior sensibilidade do que um sensor fabricado à escala macroscópica.

Na Figura 8 exemplificam-se **os sensores existentes num smartphone**, exigindo uma elevadíssima miniaturização.

**Figura 8**

Sensores num smartphone



Fonte: Benke, Darrel, Smartphone Sensor Evolution Rolls Rapidly Forward Sensors On line, December 11, 2015

### 3.3.2. As três vagas da internet

O desenvolvimento da Internet – na sua utilização civil e comercial – pode ser descrito como tendo contado até agora uma sucessão de **três vagas**<sup>1</sup>:

- 1) Na **primeira vaga** – dos anos 80 aos anos 90 – assistiu-se à rápida instalação das infraestruturas fixas da internet, ao desenvolvimento das tecnologias fundadoras da sua utilização e ao início da conectividade em larga escala entre pessoas, para além da que se foi realizando entre entidades; no início do novo milénio cerca de 1 bilhão de utilizadores já estavam conectados com a internet fixa, sobretudo através dos seus PC.
- 2) A **segunda vaga** -na década de 2000 -foi caracterizada por:
  - Multiplicação das empresas oferecendo novos serviços sobre as infraestruturas instaladas na vaga anterior, de que foram exemplos a Google ou o Facebook, gerando a revolução dos *social media* e o crescimento das *aplicações (apps)*.
  - Transição para a internet móvel com o surgimento (e seleção) de sistemas operativos (OS) como o Google's Android e o Apple iOS que permitiram não só a massificação da utilização da Internet por cada utilizador, independente do local em que se encontrasse, como possibilitou que um largo número de dispositivos passasse a comunicar entre si, como foi o caso dos *smartphones* e destes comunicando com os computadores e com outros dispositivos.
- 3) A **terceira vaga** – que corresponde ao que se passou a designar por Internet of Things diz respeito à conectividade digital pela internet entre os mais diversos objetos e dispositivos -, permitindo ligar toda a atividade humana à internet, através dos objetos que utilizamos. O Online Oxford Dictionary define Internet of Things como sendo *“The interconnection via the Internet of computing devices embedded in everyday objects, enabling them to send and receive data”*.

A passagem da segunda para a terceira vaga foi possível pela difusão de cada vez maior diversidade de **sensores** capazes de gerar dados, suscetíveis de ser processados para extrair deles informação, numa tal escala que levou à designação de **Big Data às tecnologias que permitem esse tratamento e que vieram associar-se às tecnologias que tornam possível, a partir desses dados, antecipar comportamentos das variáveis**.

### 3.3.3. Expandindo as “fronteiras” da internet: os sensores e a internet – ou a internet of things

A Conetividade entre Objetos (*Internet of Things*) resulta da combinação entre a multiplicação de sensores de diversos parâmetros e com cada vez mais capacidade e a possibilidade de aceder e de transmitir os dados que captam as unidades de processamento e de tomada de decisão. A Internet permite esta integração.

---

1

Fonte: Robert Brands “All Aboard the sensor Revolution: How the internet of Things is Driving Innovation”.

### THE INTERNET OF THINGS AND ITS POSSIBLE MARKET

*“... Popular examples of “things” that are part of the IoT umbrella are the Apple Watch, wearable fitness tracker Fitbit and the Nest thermostat which allows users to control their home’s temperature from their Internet-connected mobile devices.*

*The analysts at Gartner, Inc. forecasts that 4.9 billion connected things will be in use in 2015, up 30 percent from 2014, and will reach 25 billion by 2020. Moreover, Gartner projects that the total economic value-add (the combined benefits business will obtain from the sale and use of IoT technology) will be \$1.9 trillion dollars in 2020, benefiting a wide range of industries, such as, healthcare, retail and transportation.*

---

Fonte: Brands, Robert, “All Aboard the Sensor Revolution: How the Internet of Things Is Driving Innovation”.

## 4. O Vº SISTEMA TÉCNICO ECONÓMICO – INFORMÁTICA E MICROELETRÓNICA – AVANÇOS EM CURSO

### 4.1. A internet e o equipamento informático – os routers e os servers

Como já referimos em capítulo anterior, na década de 80 do século XX estava a iniciar-se o desenvolvimento e posterior expansão de uma nova arquitetura de computação – “Client Server”, que esteve na base da Internet.

O funcionamento das redes de computadores que adotaram essa arquitetura e que mais tarde adotaram o *packet switching* como solução para a circulação dos dados, depende de dois tipos de equipamento localizados na sua infraestrutura de base:

- **Routers** – são dispositivos eletrónicos que encaminham os “pacotes de dados” **de uma rede de computadores para outra**, selecionando o percurso de acordo com uma tabela de roteamento, que vai sendo automaticamente corrigida, e que permite à máquina optar ou pelo percurso que envolve menor distância ou pelo percurso mais rápido, em que não se verifique congestionamento, para que cada “pacote” alcance o seu destino final, de acordo com o seu endereçamento. Neste último caso, os percursos são escolhidos tendo em conta o estado das ligações (*links*) com outros *routers*, o que supõe que cada router conheça todos os outros routers e caminhos existentes para os alcançar. Essa informação atualizada está contida numa Tabela de Configuração. Exemplos deste último tipo de protocolos são: RIP (utilizado pelo Protocolo Internet – IP e IPX); EIGRP (utilizado pelos routers CISCO); PNNI (utilizado pelo ATM), etc. Em termos da sua estrutura interna os routers apresentam-se como um computador especializado, cuja função principal é a de encaminhar “pacotes” de dados para os respetivos endereços. Tal como um computador pessoal, um router dispõe de uma Unidade Central de processamento (CPU) na qual há que distinguir dois tipos de processador – *router processor* e o *router switch processor* e de componentes de memória e de várias outras componentes: as que o ligam à rede de comunicações que utiliza; as que lhe asseguram a corrente elétrica estável para o seu funcionamento, etc.

Os principais fabricantes de *routers* são norteamericanos, destacando-se a CISCO e a Avaya.

#### TIPOS DE ROUTERS E ARQUITECTURA DE FUNCIONAMENTO NA REDE

##### Routing different networks

Routers are also often distinguished on the basis of the network in which they operate. A router in a local area network (LAN) of a single organisation is called an interior router. An exterior router directs packets between hosts in one LAN and hosts in another LAN. A router that is operated in the Internet backbone is described as exterior router. While routers that connect a LAN with the wide area network (WAN) are called border routers, or gateway routers.

Routers may provide connectivity within enterprises, between enterprises and the Internet, or between internet service providers’ (ISPs’) networks. The largest routers (such as the Cisco CRS-1 or Juniper PTX) interconnect the various ISPs, or may be used in large enterprise networks. Smaller routers usually provide connectivity for typical home and office networks.

All sizes of routers may be found inside enterprises. The most powerful routers are usually found in ISPs, academic and research facilities. Large businesses may also need more powerful routers to cope with ever-increasing demands of intranet data traffic. A hierarchical internetworking model for interconnecting routers in large networks is in common use.

**Access, core and distribution**

When multiple routers are used in interconnected networks, the routers can exchange information about destination addresses using a routing protocol. Each router builds up a routing table listing the preferred routes between any two systems on the interconnected networks.

A router has two types of network element components organized onto separate *planes*:

- Control plane: A router maintains a routing table that lists which route should be used to forward a data packet, and through which physical interface connection. It does this using internal preconfigured directives, called static routes, or by learning routes dynamically using a routing protocol. Static and dynamic routes are stored in the routing table. The control-plane logic then strips non-essential directives from the table and builds a forwarding information base (FIB) to be used by the forwarding plane.
- Forwarding plane: The router forwards data packets between incoming and outgoing interface connections. It forwards them to the correct network type using information that the packet header contains matched to entries in the FIB supplied by the control plane.

Fonte: [https://www.wikiwand.com/en/Router\\_\(computing\)](https://www.wikiwand.com/en/Router_(computing))

O mercado dos Routers para acesso *wireless* à Internet, com um grande potencial de crescimento não só com a expansão dos *smartphones*, mas de futuro com a multiplicação dos objetos “inteligentes” e interativos que se vão multiplicar nas residências está a ser ocupado por uma geração de empresas criadas após 2000, nomeadamente na California, embora se comece a sentir presença de fabricantes asiáticos.

- **Servers** são os computadores que armazenam e organizam a informação gerada na rede em que se inserem e que disponibilizam essa informação aos “clientes” dessa mesma rede. São pois dependentes da natureza da entidade que gere a rede para fornecer aos “clientes” determinado tipo de dados. Assim, na Internet podem existir, por exemplo:

- *Application Servers, Catalog Servers, Databse Servers, Media Servers, Web Servers* ou até servidores que organizam partilha de vastas quantidades de recursos computacionais – colocando quantidades adicionais ao serviços dos clientes – em termos de Capacidade da CPU ou da capacidade das memórias – *Computing Servers*. Numa rede como a internet os “clientes” podem ser, simultaneamente, geradores da informação que circula na rede e consumidores de informação gerada por outros na rede. Os Servers armazenam e organizam a informação gerada e colocam-na à disposição dos “clientes”. Por isso, só a internet permitiu a formação das Redes Sociais bem distintas dos Media monodirecionais do IVº Sistema Técnico-Económico.

Os principais fabricantes de Servers presentes no mercado dos EUA são atualmente as norte americanas HP, a IBM, a Dell ECM, a Cisco, mas também a Intel que é também responsável pela venda da quase totalidade dos processadores utilizados pelos fabricantes de servers

## 4.2. A internet e o equipamento informático – a revolução dos *smart phones*

Neste Novo Sistema Técnico-Económico massificou-se já a utilização de novos tipos de terminais inteligentes – os *smartphones*, começando pelo *iPhone* da Apple – entendidos como computadores pessoais dispendo de sistemas operativos avançados que permitem múltiplas utilizações: receber e fazer chamadas de voz e vídeo, incluir assistentes pessoais, visionar vídeo jogos, dispor de navegação GPS, possuir uma câmara digital e mesmo câmara vídeo digital. Os *smartphones*, após o acordo em torno do standard WiFi, passaram a poder aceder à internet quer por via da telefonia celular, quer pelo WiFi com um *multi touch interface*.

Recorde-se que neste período em que no IVº Sistema Técnico-Económico os *laptop* se estavam a difundir, alguns dos construtores passaram a integrar em novos dispositivos portáteis a capacidade de acesso às redes 3G, no que passou a designar-se como *note books*, ao mesmo tempo que surgiam outro tipo de dispositivos como o Amazon Kindle, que também passaram a ter acesso à internet móvel, enquanto em 2010, a Apple Computer lançou a Tablet iPad.

Assistiu-se, entretanto, a uma competição entre sistemas operativos para este tipo de terminais tendo desaparecido vários OS proprietários (desde o *Symbian*) e sendo hoje o Android da Google o mais difundido, tendo sido descontinuados vários OS (vd. Blackberry OS, Windows Mobile, Symbian), que foram até 2010 os mais utilizados, nomeadamente fora dos EUA – além do Firefox OS, Palm Os, etc.

Atualmente, os sistemas operativos mais difundidos são o OS Android da Google, o iOS da Apple (proprietário para o iPhone) e o Windows 10 Mobile da Microsoft.

### REMEMBERING THE ORIGINS OF THE IPHONE

“Consider the iPhone, an invention of Apple, the genius of Steve Jobs, and a helpful, hip, and harmless product. Or so it would seem.

a) *Technologies that constitutes debase o the iPhone from where they came*

**The centerpiece of the iPhone, as is the case with so many electronics today, is the microprocessor.** The microprocessor was sponsored by the US government back in the day, which needed a lightweight computer for missiles, aircraft, and other systems. The technology was quickly put to use in F-14 fighter aircraft, intercontinental ballistic missiles, and submarine-launched nuclear missiles.

Fast forward to 1985. General Dynamics, known at the time as GTE, helped the US Army create an advanced network for a device invented some 12 years earlier. The device was the **cellphone**, which would face its first true test in Operation Desert Storm. The Army needed a reliable wireless communications system that could be easily deployed. And the cellphone fit the bill.

Many of the iPhone’s accessories and supporting functions were developed for similar purposes. The idea of digital photography was developed by the National Reconnaissance Office, which needed a more efficient way to produce photographs taken by their satellites. Maps and location services likewise have military origins. GPS was originally meant to accurately guide the systems and vehicles of the armed forces, The satellites that make GPS possible, even today, are operated by the US Air Force.

And then there is the Internet, which is available at our fingertips. It was developed by the Defense Advanced Research Projects Agency—more commonly known as DARPA. The more recent generations of iPhones feature voice recognition software. SIRI, as we've come to know her, was originally a DARPA-funded project of SRI International, an American research institute.

b) *When High Tech Matures – A few points follow.*

The **first** and most obvious is that the iPhone, an icon of innovation, is actually a composite of older technologies; only SIRI was invented this century. To its credit, Apple updated those technologies, fused them into a single platform, and turned that platform into a brilliantly packaged and marketed product. Still, what is called “high tech” is often an older innovation updated for modern use. It's evolutionary, but it isn't revolutionary.

**Second**, the military is a primary source of innovation in our society. The 50 or so years the Cold War was fought was a heyday of technological growth. The technology needed to support global war—in space, in the air, on the sea, under the sea, and on land—required unbound creativity.

In this regard, the US, with its intellectual and financial resources, had the advantage. But the public is either unaware of or indifferent to the fact that much of the technology we now consider peaceful was designed to allow the US to wage global thermonuclear war.

**Third**, we are reminded not just of the age of technologies but of their maturity. Maturity is different from obsolescence. The microprocessor cannot be considered cutting edge—it was put to practical use before 1970. But neither can it be considered obsolete. It is still widely used. It has become a foundation of society, even though it is no longer being radically innovated.

The microprocessor has a bright future, but its heroic days are behind it.”

---

Fonte: George Friedman “The origins of the iphone” *Maldin Economics*, Junho 19, 2017

## 4.3 Microeletrónica – a revolução dos processadores multicore nas cpu e das graphic processing units (gpu)

### 4.3.1. As cpu – central processing units e os microprocessadores multicore

Um dos desafios cruciais com que os designers de novos circuitos se têm vindo a confrontar é o das ineficiências das CPU existentes em termos de emissão de calor, o que faz com que se tornem ineficientes em termos de consumo de energia e forcem gastos adicionais, por exemplo na climatização das grandes unidades que integram os *Data Centers*.

Para tentar ultrapassar este problema desenvolveram-se novos tipos de processadores com múltiplas cores, cada uma das quais intervêm numa parte do processamento, procurando desse modo impedir o sobreaquecimento que ocorreria se todo o processamento se realizasse num processador com um único core processando em série. Atualmente, encontram-se CPU's com dois ou quatro cores com muita frequência, nomeadamente nos smartphones em que se verificou uma forte adesão dos fabricantes a CPU multi core.

Em contraste com um computador pessoal, com uma única CPU com um único core, que pode ser mais lento na realização das suas tarefas, sem que tal prejudique os seus resultados, nos smartphones a variedade de tarefas que exigem respostas em tempo real exige processadores mais rápidos. Uma forma de alcançar este desiderato é dispor de uma CPU que realize, simultaneamente, várias tarefas, cada uma imputável a um dos cores. Ou seja, processadores com paralelismo incorporado.

### 4.3.2. As gpu – graphic processing unit

O crescimento exponencial das aplicações de entretenimento baseado em computador, nomeadamente com os jogos, e das aplicações de simulação gráfica para fins científicos, militares, industriais e educacionais, acelerou o desenvolvimento de um segmento da microeletrónica – os GPU – *Graphic Processing Unit*, ou seja, micro processadores que realizam com ultra rapidez os cálculos matemáticos necessários ao objetivo de gerar imagens.

Nas fases iniciais da informática, era a Unidade Central de Processamento (CPU) que realizava estes cálculos. Mas, à medida que foram sendo desenvolvidas aplicações mais gráfico-intensivas, como o Auto CAD, as exigências de processamento por elas colocadas colocaram forte pressão sobre o funcionamento das CPU.

O que levou a transferir essas tarefas para uma unidade especializada – as GPU -, libertando capacidade de processamento das CPU. Atualmente, as principais empresas no mercado de GPUS são as norte americanas NIVIDIA, AMD e INTEL e as britânicas ARM e *Imagination Technologies*. E também empresas que utilizavam em larga escala GPU e os obtinham de um destes fornecedores e decidiram elas próprias entrar neste segmento, como aconteceu mais recentemente, com a Apple.

Recorde-se que chips especializados em processamento gráfico existiram desde o surgimento dos víde o jogos na década de 70 do século XX. Mas as GPU só chegaram aos computadores de topo de gama para utilizações empresariais no final dos anos 90 e foi a empresa norte americana NIVIDIA que introduziu a primeira GPU para computadores pessoais – o Ge Force 256 em 1999.

O que torna possível a uma GPU processar imagens mais rapidamente e com maior qualidade do que uma CPU é que a GPU tem uma **arquitetura de processamento paralelo** que lhe permite realizar vários cálculos ao mesmo tempo.

Embora se deva recordar que se uma CPU individualmente não tem capacidade de processamento paralelo (embora tenha uma *clock speed* maior do que as GPU, o que a torna melhor equipada para realizar tarefas computacionais básicas) – com soluções de *multicore processors* podem adquiri-la, combinando vários CPU num mesmo *chip*. O seu preço pode, no entanto, ser desincentivador da opção de utilizar essa via.

Com a passagem dos anos, a capacidade de processamento das GPU, devido à sua arquitetura de processamento paralelo, tornaram-nas também procuradas para outras tarefas recurso – intensivas, não gráficas. Algumas das aplicações iniciais incluíram cálculos científicos e modelização, mas foi em meados da década de 2010 que passaram também a potenciar *software* para *machine learning* e inteligência artificial.

Em 2012, a NIVIDIA colocou no mercado uma GPU virtualizada que permitiu destacar capacidade de processamento gráfico da Unidade Central de Processamento dos servidores empresariais, para melhorar a performance de tarefas gráfico-intensivas. Em 2018 ocupou um lugar de topo como parceira de 5 dos 10 mais poderosos super computadores do mundo (ver adiante) e de 5 dos sete desses 10 supercomputadores não desenvolvidos na China.

### 4.3.3. Os smartphones e os soc – system on a chip

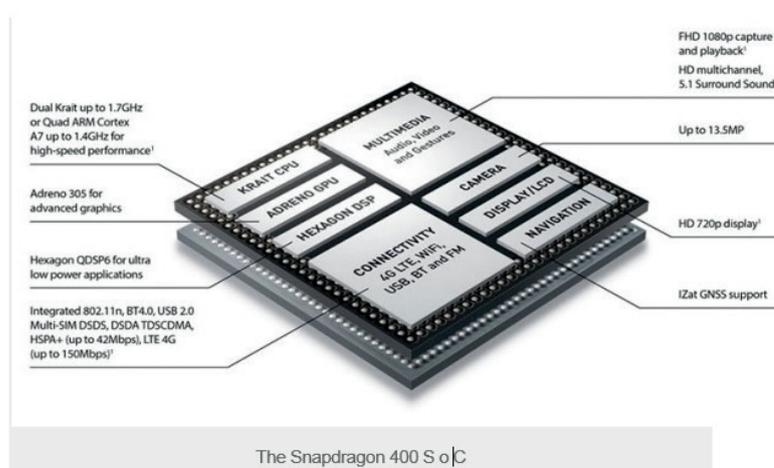
Os Smartphones (4ª geração) representam uma evolução dos terminais de telefonia móvel de 3ª geração, ao colocarem na mão do utilizador um poder de computação que anteriormente só equipamentos fixos de elevado desempenho eram capazes de proporcionar. E desse modo os Smartphones tornaram-se na vanguarda de inovação nos equipamentos informáticos de uso pessoal e móvel.

As necessidades de processamento num *smart phone* – ao contrário do que acontece com um computador pessoal tradicional – advêm igualmente da multiplicidade de sensores que os passaram a integrar e que geram um grande volume de dados que necessitam de processamento, para além dos que resultam da utilização desses terminais para funções específicas de acesso, navegação e exploração da informação disponível através da internet.

Os dados originados pelos sensores de um *smartphone* geram permanentemente grandes quantidades de dados e necessitam de processamento em tempo real. Como já referimos anteriormente, a CPU de um *smartphone* necessita tipicamente de ter várias cores que lhe permitam a computação simultânea destes dados. A CPU vai pois afetar tarefas distintas aos seus diferentes cores, impedindo que qualquer deles sobreaqueça, permitindo, simultaneamente, um menor consumo de energia.

**Figura 9**

Exemplo de System on a Chip – SoC



Fonte: The Snapdragon 400 SoC

Cada *smartphone* é “dirigido” por um SoC – *System on Chip* que inclui a CPU com várias cores, a GPU, o modem e várias outras componentes funcionais (das câmaras fotográficas aos auxiliares de navegação), tal como se ilustra na Figura 9

O desenho e fabricação de SoC – *Systems on Chip*, que utilizam o sistema operativo Android da Google, está atualmente concentrado a nível mundial num número muito restrito de empresas – Qualcomm, Nvidia e Intel dos EUA e Samsung na Coreia do Sul, cada uma com diferentes modelos para diferentes níveis de complexidade dos *smartphones*.

## ARM, APPLE E SAMSUNG – OU O SMARTPHONE COMO UM PRODUTO GLOBAL

### 1) DOS COMPUTADORES ACORN PARA A ARM

...Unlike ARM, Acorn Computers was a household name. Founded in Cambridge in 1978, the company was one of a number of small start-ups latching on to the hot new craze for what were then known as microcomputers,

The Acorn System 1 was followed by the System 2, 3 and 4, as well as the consumer-focused Acorn Atom, but the company's real breakthrough came in 1981, when it was chosen by the BBC to produce a machine to accompany a TV series aimed at increasing computer literacy across the UK. By 1984, around 80% of British schools had one of the computers, with the government subsidizing half the cost of its purchase. Acorn looked like it would be a big player in the future of the information age.

...So the company set about laying the groundwork for its future. With graphical user interfaces on the horizon, it knew that it would need to boost the speed of its hardware considerably. But for a company the size of Acorn, with just over 400 employees, it would find it hard to design a chip from scratch. Buying one from an external company, as it had with the Micro, wasn't an option as those processors just weren't fast enough.

The answer, according to Acorn's then-design manager Stephen Furber, "fell like a bolt from the blue" in a stack of papers dumped on his desk by Acorn co-founder Hermann Hauser. Furber and his co-designer, Sophie Wilson, had found research from the Berkeley campus of the University of California into a new type of processor: one that simplified the set of instructions it would follow, in order to enable a sleeker, more efficient design. This style of processing was called "reduced instruction set computing", or RISC

Patterson and Sequin's invention was crucial to the Acorn researchers. As Furber later wrote: "Here was a processor which had been designed by a few postgraduate students in under a year, yet was competitive with the leading commercial offerings. It was inherently simple, so there were no complex instructions to ruin the interrupt latency.

### 2) A ARM COM UM NOVO NOME E EM ALIANÇA COM A APPLE

**The RISC chips bolstered Acorn's business, and soon brought it what should have been its biggest coup to date: a partnership with Apple Computers in 1990 to design a new processor for its Newton handheld computer.** The new company formed by Acorn and Apple to carry out the design was also called ARM, which now, "following a judicious modification of the acronym expansion", stood for Advanced RISC Machine. (And I was located on Cambridge, United Kingdom)

The RISC designs were perfect for the Newton. The simplified instruction set allowed low-power computing, which was crucial for **building what was essentially a smartphone 20 years before its time.** And so Acorn and ARM's fortunes diverged. In 1999, after a name change to Element 14, the company was bought out entirely by a private equity firm. In the same year, the entirety of its profits had come from its remaining 24% holding in ARM.

### 1) ARM, APPLE E SAMSUNG E O NASCIMENTO DO SMARTPHONE

...Over the same period, ARM grew from strength to strength, even as it faded from the public eye. The company's expertise in designing low-power processors left it well placed to capitalise on the mobile revolution, firstly through what are now known as "feature" phones and then, as it renewed its partnership with Apple in 2007, with smartphones. The first iPhone contained a Samsung-manufactured ARM-designed chip, as has every one since. And in chip design, as so much else, where Apple led, the industry followed: almost every smartphone on the market today uses an ARM chip.

Fonte: Hern, Alex – "ARM: Britain's most successful tech company you've never heard of" – The Guardian 29 November 2015

## 5. Vº SISTEMA TÉCNICO ECONÓMICO – INTERNET, BIG DATA E MACHINE LEARNING

### 5.1. Big data e analytics

Os gigantescos volumes de dados que se podem obter a partir das redes sociais, da atividade de empresas-plataforma e da ligação de objetos à *internet* (por exemplo, em aplicações ao funcionamento das cidades, a diversos níveis, nas *smart cities*) desencadearam uma corrida às formas de extração de informação pertinente para vários tipos de utilizadores – e para diversas finalidades – pela combinação de duas novas áreas tecnológicas – *Big Data* e *Analytics* -, em que se deram avanços em algoritmos de processamento em tempo real desses dados. São duas áreas de negócio das Tecnologias da Informação com mercados em forte crescimento e que surgiram estreitamente ligadas às novas oportunidades abertas pelo ciberespaço.

#### BIG DATA AND PREDITIVE ANALYTICS

“BIG DATA derives most of its value from the insights it produces when analyzed—finding patterns, deriving meaning, making decisions, and ultimately responding to the world with intelligence. As big data technology continues to evolve, businesses are turning to predictive analytics to help them deepen engagement with customers, optimize processes, and reduce operational costs. The combination of realtime data streams and predictive analytics—sometimes referred to as processing that never stops—has the potential to deliver significant competitive advantage for business.

Enterprises have long used business intelligence (BI) for competitive advantage, applying analytics to structured data (for example, transactions and customer information) stored in relational database management systems (RDBMSs). Analytics for big data is different. Big data is characterized by huge data sets and varied data types, both semi structured and unstructured (videos, images, audio, clickstreams, weblogs, text, and e-mail).

Plus, big data is generated at a faster rate than most enterprises have had to handle before. The massive scale and growth of data in general—and semi structured and unstructured data in particular—outstrip the capabilities of traditional storage and analytic solutions, which also do not cope well with the heterogeneity of big data. Organizations may be data rich, but new analytic processes and technologies are needed to unlock the potential of big data.”

Fonte: “Predictive Analytics 101: Next-Generation Big Data Intelligence” Intel/IT Center

### 5.2. Da big data à machine learning

A disponibilidade de dados tem permitido o desenvolvimento de soluções de inteligência artificial, em que os algoritmos estão preparados para utilizar estes dados e permitir às máquinas “aprender” a responder de forma autónoma a situações, sem necessitarem da intervenção direta de operadores humanos – soluções de *Machine Learning* tornaram-se fundamentais neste novo Sistema Técnico-Económico, a caminho de soluções generalizáveis de inteligência artificial.

## MACHINE LEARNING AND DEEP LEARNING

a) **MACHINE LEARNING** is the study of computer algorithms that improve automatically through experience. Applications range from data mining programs that discover general rules in large data sets, to information filtering systems that automatically learn users' interests.

"Some Algorithms are: Classification (Neural Network, SVM, CART, Random Forest, Gradient Boosting, Logistic Regression), Clustering (K-Means Clustering, Hierarchical Clustering, BIRCH), Regression (Linear/Polynomial Regression, Curve Fitting), Feature Selection (PCA, ICA, RFE), Forecasting (ARIMA, ANOVA), Collaborative Filtering/Recommendation Systems etc. Many data based learning and decision systems are developed using these techniques in areas of Finance, Healthcare, Retail, E-commerce".

Fonte: Rahul Kumar Singh [www.sigmoidanalytics](http://www.sigmoidanalytics)

b) **DEEP LEARNING** is a set of algorithms in machine learning that attempt to learn in multiple levels, corresponding to different levels of abstraction. It is typically used to abstract useful information from data. "The levels in these learned statistical models correspond to distinct levels of concepts, where higher-level concepts are defined from lower-level ones, and the same lower level concepts can help to define many higher-level concepts. Alternatively, the main advantage of deep learning is about learning multiple levels of representation and abstraction that help to make sense of data such as images, sound, and text".

Fonte: IEEE – Abstract from "Deep learning for pattern learning and recognition".

Estão atualmente a ser percorridos diferentes abordagens em *Machine Learning* que possam abrir caminho a estádios mais avançados de Inteligência Artificial. Pedro Domingues considerou **cinco destas abordagens** como as que têm atraído maiores esforços de desenvolvimento.

## THE RACE FOR THE MASTER ALGORITHM HAS BEGUN – PEDRO DOMINGUES AND THE FIVE SCHOOLS OF THOUGHT IN MACHINE LEARNING

### CONNECTIONISTS

Geoff Hinton is the leader of the connectionists, a school of thought in machine learning that takes its name from the belief that all our knowledge is encoded in the connections between neurons. He believes that the way our brains learn can be captured in a single algorithm, and he's spent the last 40 years trying to discover it. A psychologist turned computer scientist who now splits his time between Google and the University of Toronto. After many ups and downs, his quest is starting to pay off. Backpropagation, a brain-inspired learning algorithm that he co-invented, is taking the world by storm. Rebranded as "deep learning", it's used by Google, Facebook, Microsoft and Baidu for, among other things, understanding images and speech as well as choosing search results and ads to show you. DeepMind, the startup that Google paid £400 million for, is essentially a backpropagation shop.

### EVOLUTIONARIES

Led by the University of Michigan's John Holland until his death in August 2015, they believe that evolution, not the brain, is the master algorithm. Backpropagation may be good for fine-tuning connections between neurons, but evolution created all life on Earth. In the 60s, Holland started simulating evolution on a computer, complete with populations of competing individuals, fitness scores and sexual reproduction between the

fittest individuals. By the mid 90s, his followers had succeeded in evolving devices such as radio receivers and amplifiers from random piles of components, amassing an impressive collection of patents along the way. Now they're busy evolving real hardware robots, with the fittest in each generation programming 3D printers to produce the next one

### BAYESIANS

For them creating the master algorithm boils down to efficiently implementing Bayes's theorem, a mathematical rule for updating our degree of belief in a hypothesis when we see new evidence. A long-persecuted but now-ascendant minority in statistics, Bayesians maintain that if a learning algorithm is not consistent with Bayes's theorem, it must be wrong. But learning with hypotheses rich enough to put in a robot's brain was beyond their power until Judea Pearl, a professor at the University of California, Los Angeles, made a breakthrough for which he won the Turing Award, the Nobel Prize of computer science, in 2011. Pearl's Bayesian networks, as they're called, can encode probability distributions over millions of variables without breaking a sweat. Your first self-driving car will probably have one inside

### SYMBOLISTS

This machine-learning camp is the closest to classic, knowledge-based AI. Symbolists such as Imperial College's Stephen Muggleton believe a truly general-purpose learning algorithm must be able to freely combine rules, and they discover those rules by filling the gaps in deductive reasoning: if I know that Socrates is human, what do I need to know to infer that he's mortal? That humans are mortal, of course – and now we can add this rule to our knowledge base. Eve, a robot scientist at the University of Manchester, works on this principle. Starting with basic knowledge of molecular biology, she formulates hypotheses, runs lab experiments to test them, and repeats, all without human help. In 2014, Eve discovered a new malaria drug.

### ANALOGISERS

The fifth and last major machine-learning tribe, are more like a lazy child that doesn't study for an exam and then improvises the answers. Faced with a patient to diagnose, analogy-based algorithms find a patient in their files with the most similar symptoms and assume the same diagnosis. This may seem naive, but analogisers have a mathematical proof that it can learn anything given enough data. That could be a lot of data, though, so they're working on more sophisticated forms of analogical reasoning to go the rest of the way. Douglas Hofstadter, cognitive scientist and author of *Gödel, Escher, Bach*, has no doubt that analogy is the master algorithm.

---

Fonte: Domingues, Pedro – "The race for the master algorithm", Wired 2016.

**A importância crescente de *Machine Learning* e de avanços na Inteligência Artificial estão a fazer evoluir, quer os componentes eletrónicos, quer as arquiteturas de computação, afastando-se de soluções típicas de décadas anteriores, que dominaram no IVº Sistema Técnico-Económico.**

OS NOVOS “ASSISTENTES DIGITAIS”

Se os IIIº e IVº Sistemas Técnico económicos equiparam as **famílias** com um conjunto de eletrodomésticos e de aparelhagem de som e imagem, o Vº Sistema Técnico está a equipar as **pessoas** com um conjunto de Assistentes Pessoais digitais acessíveis na residência e em qualquer outro lugar, através da internet.

A ALEXA da Amazon, a HOME da Google ou a SIRI da Apple surgiram como assistentes pessoais capazes de interação com os utilizadores numa série de funções – obtenção de informação, realização de tarefas na proximidade, gestão das redes domésticas etc

A SIRI da Apple surgiu como assistente pessoal contactável a partir do telemóvel, em qualquer lugar. Enquanto a ALEXA e a HOME funcionam a partir de um equipamento específico a localizar nas residências – funcionando como “ciber domésticos”.

Figura 10

Os assistentes digitais – o exemplo de Alexa e do Amazon Echo

O que é a Alexa e como é que funciona?

A Alexa é um assistente virtual, o que já não parece ser um fenómeno novo no mundo da tecnologia com a ajuda que a Siri, Cortana ou Google Now trazem às nossas vidas através do smartphone. Ativados por voz, estes assistentes virtuais são fomentados por inteligência artificial. Através de uma pergunta ou comandos são recebidas respostas ou resultados. Ainda assim, a Alexa tem conseguido distinguir-se dos outros assistentes pessoais virtuais. Por estar centralizada nos equipamentos da Amazon, como é o caso do Amazon Echo – uma coluna sempre conectada à internet, a Alexa está constantemente ligada e sempre atenta. Os microfones distribuídos numa das bases do Amazon Echo, permitem ouvir o som mesmo da outra ponta da sala. Depois de fornecido o comando ou colocada a pergunta, o Echo envia o problema para a “cloud”. A partir daí, são os servidores da Amazon a perceber o que pretende e como deve a Alexa responder.



Fonte: Worten

5.3. Subindo na complexidade – os super computadores com processamento paralelo maciço

Como já referimos anteriormente, os supercomputadores são computadores com um nível de performance muito superior aos computadores de uso geral. Surgiram para resolver questões que exigem uma intensidade de computação anormalmente elevada, em campos tão diferentes como na Defesa (da análise cripto à simulação da detonação de armas nucleares), na exploração do Espaço, na aerodinâmica em aeronáutica e nos veículos espaciais, na fusão nuclear e em vários campos da ciência (mecânica quântica, previsão em meteorologia, investigação sobre clima, modelização molecular, etc.).

Neste Sistema Técnico-Económico a evolução dos supercomputadores no pós década de 1990 – em que predominaram **os supercomputadores com vectorização** – é marcada pelo **paralelismo maciço, assente em dezenas de milhares de processadores**. Esta evolução encontra os seus percursos já na década de 80, como por exemplo nos equipamentos da *Connection Machine*, que resultaram de investigação no MIT e que no seu 1º modelo o CM1 já utilizava 65536 micro processadores customizados ligados entre si por uma rede para partilha

de dados, enquanto versões mais recentes como o CM 5 – um supercomputador maciçamente paralelo era capaz de realizar muitos bilhões de operações aritméticas por segundo. Esta “família” de supercomputadores CM teve um efeito adicional – desencadeou uma forte competição no desenvolvimento do *software* adequado.

Os avanços realizados na década de 90 na performance das CPU’s para computadores de uso geral foram de tal ordem que os supercomputadores puderam passar a ser construídos com milhares de CPUS standartizadas, em vez de usar microprocessadores customizados. E, com o desenvolvimento das GPU, estas puderam igualmente ser integradas. Referiremos em particular uma das modalidades deste avanço na supercomputação – a dos sistemas maciçamente paralelos centralizados, em que um número elevado de processadores está organizado em Clusters. Tendo-se vindo a assistir à difusão da combinação de Clusters com processadores multicore. Nestas máquinas tornou-se cada vez mais decisiva a velocidade e a flexibilidade das interconexões, tendo vindo a desenvolver-se vários tipos de soluções – das Infiniband às interconexões Thorus a 3 dimensões.

À medida que os GPUs de utilização geral se tornaram mais competitivos em preço, performance e eficiência energética – esta uma questão absolutamente crucial em máquinas com um volume tão gigantesco de processadores contidos em espaços confinados – passaram a constituir-se como base de novos tipos de supercomputadores como o chinês Tianhe-1 e o norte americano Nebulae.

Simultaneamente aos supercomputadores para uso geral, têm vindo a adicionar-se uma categoria nova de supercomputadores para utilizações especiais como o IBM Watson (vd. Caixa). Exemplificamos com três modelos de Supercomputadores lançados pela IBM – Blue Gene, Watson e Summit.

**A IBM, OS SUPERCOMPUTADORES E A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL**

**Figura 11**

A IBM, os supercomputadores e a inteligência artificial



**a) IBM Blue Gene** – é uma “família” de supercomputadores de uso geral com uma arquitetura em Clusters que teve quatro projetos Blue Gene em desenvolvimento: Blue Gene/L, Blue Gene/C, Blue Gene/P, e Blue Gene/Q. Foi concretizado o projeto cooperativo entre a IBM (particularmente a IBM de Rochester, Minnesota - Estados Unidos e Thomas J. Watson Research Center), o Lawrence Livermore National Laboratory e o Departamento de Energia dos Estados Unidos da América (principal financiador do projeto).

“In December 1999, IBM announced a US\$100 million research initiative for a five-year effort to build a massively parallel computer, to be applied to the study of biomolecular phenomena such as protein folding. The project had two main goals: to advance our understanding of the mechanisms behind protein folding via large-scale simulation, and to explore novel ideas in massively parallel machine architecture

and software. The initial design for Blue Gene was based on an early version of the Cyclops64 architecture, designed by Monty Denneau”

**b) IBM Watson** – é um supercomputador especializado, com capacidade de processamento de 80 tera flops (triliões de operações *floating point* por segundo) triliões de *floating point operations* especificamente destinado a replicar ou a ultrapassar a capacidade humana de responder a perguntas. Para tal acede a 90 servidores com informação armazenada sobre uma multiplicidade de assuntos, servidores com uma capacidade conjunta de armazenamento de 200 milhões de páginas de informação, que, por sua vez, são processadas de acordo com seis milhões de regras lógicas. “Applications for the Watson’s underlying cognitive computing technology are almost endless. Because the device can perform text mining and complex analytics on huge volumes of unstructured data, it can support a search engine or an expert system with capabilities far superior to any previously existing”.

**c) IBM Summit** – Project developed by IBM and the U.S. Department of Energy DEO. Oak Ridge National Laboratory (ORNL). IBM claims that Summit is currently the world’s “most powerful and smartest scientific supercomputer” with a peak performance of a whopping 200,000 trillion calculations per second. (vd Lista dos 10 mais poderosos super computadores do mundo em 2018.

**Summit**, which has been in the works for a few years now, features 4,608 compute servers with two 22-core IBM Power9 chips and **six Nvidia Tesla V100 GPUs each**. In total, the system also features over 10 petabytes of memory. **Given the presence of the Nvidia GPUs, it’s no surprise that the system is meant to be used for machine learning and deep learning applications**, as well as the usual high performance computing workloads for research in energy and advanced materials that you would expect to happen at Oak Ridge. IBM was the general contractor for Summit and the company collaborated with Nvidia, RedHat and InfiniBand networking specialists Mellanox on delivering the new machine.

**Summit’s AI-optimized hardware** also gives researchers an incredible platform for analyzing massive datasets and creating intelligent software to accelerate the pace of discovery,” said Jeff Nichols, ORNL associate laboratory director for computing and computational sciences.

---

Fonte: IBM

2018 – OS 10 MAIS PODEROSOS SUPERCOMPUTADORES DO MUNDO

Figura 12

Os 10 mais poderosos supercomputadores do Mundo (2018)

Rank	System	Cores	Rmax (TFlop/s)	Rpeak (TFlop/s)	Power (kW)
1	Summit - IBM Power System AC922, IBM POWER9 Z/C 3.07GHz, NVIDIA Volta GV100, Dual-rail Mellanox EDR Infiniband, IBM DOE/SC/Oak Ridge National Laboratory, United States	2,282,544	122,300.0	187,659.3	8,806
2	Sunway TaihuLight - Sunway MPP, Sunway SW26010 260C 1.45GHz, Sunway, NRCPC National Supercomputing Center in Wuxi, China	10,649,800	93,014.6	125,435.9	15,371
3	Sierra - IBM Power System S922LC, IBM POWER9 Z/C 3.1GHz, NVIDIA Volta GV100, Dual-rail Mellanox EDR Infiniband, IBM / NVIDIA / Mellanox DOE/NNSA/LNL, United States	1,572,480	71,610.0	119,193.6	
4	Tianhe-2A - TH-IVB-FEP Cluster, Intel Xeon E5-2692v2 12C 2.2GHz, TH Express-2, Matrix-2000, NUDT National Super Computer Center in Guangzhou, China	4,981,760	61,444.5	100,678.7	18,482
5	AI Bridging Cloud Infrastructure (ABCI) - PRIMERGY GX550 M4, Xeon Gold 6148 20C 2.4GHz, NVIDIA Tesla V100 SXM2, Infiniband EDR, Fujitsu National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), Japan	391,680	19,880.0	32,576.6	1,649
6	Piz Daint - Cray XC50, Xeon E5-2690v3 12C 2.8GHz, Aries interconnect, NVIDIA Tesla P100, Cray Inc, Swiss National Supercomputing Centre (CSCS), Switzerland	361,760	19,590.0	25,326.3	2,272
7	Titan - Cray XK7, Opteron 6274 16C 2.200GHz, Cray Gemini interconnect, NVIDIA K20X, Cray Inc, DOE/SC/Oak Ridge National Laboratory, United States	560,640	17,590.0	27,112.5	8,209
8	Sequoia - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60 GHz, Custom, IBM DOE/NNSA/LNL, United States	1,572,864	17,173.2	20,132.7	7,890
9	Trinity - Cray XC40, Intel Xeon Phi 7250 68C 1.4GHz, Aries interconnect, Cray Inc, DOE/NNSA/LANL/SNL, United States	979,968	14,137.3	43,902.6	3,844
10	Cori - Cray XC40, Intel Xeon Phi 7250 68C 1.4GHz, Aries interconnect, Cray Inc, DOE/SC/LBNL/NERSC, United States				

Nota: O supercomputador chinês TIANHE utiliza microprocessadores de origem nos EUA – o Xeon da Intel eo Oberum da AMD, enquanto o mais recente Sunway Taihu já utiliza microprocessadores chineses.

Fonte: Top 10 supercomputers June 2018 – TOP 500-The List

A lista dos 10 mais poderosos supercomputadores do mundo em 2018 revelou a participação crescente dos GPU – *Graphic Processing Units*, nomeadamente da NVIDIA – no desenvolvimento das capacidades de processamento paralelo desta geração de supercomputadores (vd. Caixa).

**OS GPU'S – GRAPHIC PROCESSING UNITS – PRESENTES NO TOPO DO SEGMENTO DOS SUPER-COMPUTADORES EM 2018**

NVIDIA GPUs now power five of the world's seven fastest systems and 17 of the 20 most energy efficient systems identified by Top500.org, the non-profit that ranks supercomputers • The world's fastest supercomputer, the Department of Energy's Summit, utilizes 27,648 Volta Tensor Core GPUs • The rate of performance gains for GPUs far outpaces traditional CPUs.

(Christine Hall, Jun 27, 2018)

...GPUs power many of the world's supercomputers (in tandem with CPUs) and have become core to AI-capable supercomputers. The edition of Top500 that came out Monday marked the first time that GPUs were responsible for a bigger share of total performance represented on the list than CPUs, according to a Top500 blog post.. None of this was lost on NVIDIA, of course, since it's the company that invented GPUs back in 1999. At the International Supercomputing Conference now underway in Frankfurt, the company was quick to point out that a large number of systems on the Top500 list employ its Volta Tensor Core GPUs, including Summit, currently the world's fastest supercomputer, and Sierra, the third-fastest, both of which are located in the US. For good measure, Japan's fastest supercomputer, AI Bridging Cloud Infrastructure, or ABCI, which ranks number-five overall, is also built on Tensor Core technology da NVIDIA The same is true of Piz Daint, Europe's fastest, and ENI HPC4, the world's fastest industrial supercomputer.

NVIDIA boasts that the majority of computing performance added to the new TOP500 list comes from its GPUs. In total, GPUs now power five of the world's seven fastest systems, as well as 17 of the 20 most energy efficient systems on the new Green500 list. In case you're counting, Summit is equipped with 27,648 Volta Tensor Core GPUs.

"The new TOP500 list clearly shows that GPUs are the path forward for supercomputing in an era when Moore's Law has ended," Ian Buck, VP and GM of accelerated computing at NVIDIA, said in a statement. "With the invention of our Volta Tensor Core GPU, we can now combine simulation with the power of AI to advance science, find cures for disease, and develop new forms of energy. These new AI supercomputers will redefine the future of computing." The same parallel nature of GPUs that makes them ideal for graphics-intensive applications such as gaming is behind their usefulness in high-performance computing. A single GPU can have thousands of simple shader cores, designed to render multiple pixels simultaneously. When put to use in HPC, these shader cores can be used to process multiple streams of data at the same time, enabling supercomputers to handle huge workloads at speeds that would be difficult if not impossible using even the most powerful CPU (*an early demonstration of this was seen in 2012 when an Oak Ridge National Laboratory CPU supercomputer, Jaguar, was upgraded by the Department of Energy to become Titan, a hybrid HPC cluster that include both GPUs and CPUs. As a result, the system went from 1.76 petaflops to a theoretical peak of 27 petaflops.*)

These performance increases become more important as AI is increasingly added to the mix. ...The performance curve for GPUs has also been increasing at a rate that far outpaces traditional CPUs. For example, at a recent press briefing, NVIDIA's Buck pointed out that a single Summit node is 150x faster than the previous best.

Fonte: Feldman, Michael, New GPU-Accelerated Supercomputers Change the Balance of Power on the TOP500 -The List, June 26, 2018

## 5.4. Próximas fronteiras da computação no Vº sistema técnico económico – a abordagem da exascale computing

A continuidade na Computação significaria continuar com a Lei de Moore e poder aumentar a capacidade de cálculo múltiplas vezes com a mesma configuração estrutural dos processadores. Mas infelizmente tal tornara-se pouco plausível e, já no novo milénio, intensificou-se a procura de novas soluções para processadores capazes de responder ao desafio acabado de surgir com *Machine Learning*.

Em 2015, a Administração Obama lançou uma *National Strategic Computing Initiative* (vd. Caixa) destinada a reunir esforços que permitissem assegurar a liderança tecnológica dos EUA na fase transitória dos avanços na computação pós vigência da Lei de Moore, enquanto se desenvolveria a base de conhecimento para a Computação Quântica, como Tecnologia estruturantes de um Sistema Técnico Científico ulterior ao Vº Sistema, atualmente em desenvolvimento.

### THE OBAMA ADMINISTRATION AND EXASCALE COMPUTING

#### National Strategic Computing Initiative (extratos)

Section 1. **Policy.** In order to maximize the benefits of HPC for economic competitiveness and scientific discovery, the United States Government must create a coordinated Federal strategy in High Performance Computing (HPC) research, development, and deployment. Investment in HPC has contributed substantially to national economic prosperity and rapidly accelerated scientific discovery. Creating and deploying technology at the leading edge is vital to advancing my Administration's priorities and spurring innovation. Accordingly, this order establishes the National Strategic Computing Initiative (NSCI). The NSCI is a whole-of-government effort designed to create a cohesive, multi-agency strategic vision and Federal investment strategy, executed in collaboration with industry and academia, to maximize the benefits of HPC for the United States.

Section 2. **Objectives.** Executive departments, agencies, and offices (agencies) participating in the NSCI shall pursue five strategic objectives:

- *Accelerating delivery of a capable exascale computing system that integrates hardware and software capability to deliver approximately 100 times the performance of current 10 petaflop systems across a range of applications representing government needs.*
- *Increasing coherence between the technology base used for modeling and simulation and that used for data analytic computing.*
- *Establishing, over the next 15 years, a viable path forward for future HPC systems even after the limits of current semiconductor technology are reached (the "post- Moore's Law era").*
- *Increasing the capacity and capability of an enduring national HPC ecosystem by employing a holistic approach that addresses relevant factors such as networking technology, workflow, downward scaling, foundational algorithms and software, accessibility, and workforce development.*

- *Developing an enduring public-private collaboration to ensure that the benefits of the research and development advances are, to the greatest extent, shared between the United States Government and industrial and academic sectors.*

Section 3. **Roles and Responsibilities.** To achieve the five strategic objectives, this order identifies lead agencies, foundational research and development agencies, and deployment agencies. (a) Lead Agencies. There are three lead agencies for the NSCI: the Department of Energy (DOE), the Department of Defense (DOD), and the National Science Foundation (NSF). (b) Foundational Research and Development Agencies. There are two foundational research and development agencies for the NSCI: the Intelligence Advanced Research Projects Activity (IARPA) and the National Institute of Standards and Technology (NIST). (c) Deployment Agencies. There are five deployment agencies for the NSCI: the National Aeronautics and Space Administration, the Federal Bureau of Investigation, the National Institutes of Health, the Department of Homeland Security, and the National Oceanic and Atmospheric Administration. .

Section 6. **Definitions.** For the purposes of this order:

- *The term “high-performance computing” refers to systems that, through a combination of processing capability and storage capacity, can solve computational problems that are beyond the capability of small – to medium-scale systems.*
- *The term “petaflop” refers to the ability to perform one quadrillion arithmetic operations per second.*
- *The term “exascale computing system” refers to a system operating at one thousand petaflops.*

---

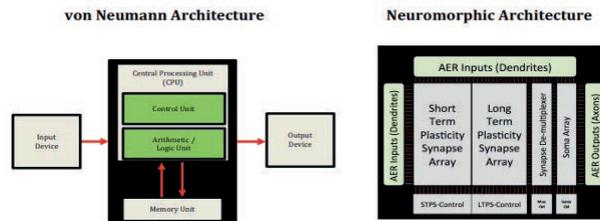
Fonte: The White House Office of the Press Secretary - “Executive Order – Creating a National Strategic Computing Initiative”.

## 5.5. Próximas fronteiras da computação no Vº sistema técnico económico (2) – o exemplo do neuromorphic computing

### NEUROMORPHIC COMPUTING – FROM MATERIALS TO ARCHITECTURES

**Figura 13**

Computação neuromórfica – dos materiais à arquitectura



Comparison of high-level conventional and neuromorphic computer architectures. The so-called “von Neumann bottleneck” is the data path between the CPU and the memory unit. In contrast, a neural network based architecture combines synapses and neurons into a fine grain distributed structure that scales both memory (synapse) and compute (soma) elements as the systems increase in scale and capability, thus avoiding the bottleneck between computing and memory.

...we have witnessed unprecedented progress in CMOS technology that has resulted in systems that are significantly more power efficient than imagined. Systems have been mass-produced with over 5 billion transistors per die, and feature sizes are now approaching 10 nm.

These advances made possible a revolution in parallel computing. Today, parallel computing is commonplace with hundreds of millions of cell phones and personal computers containing multiple processors, and the largest supercomputers having CPU counts in the millions.

“Machine Learning” software is used to tackle problems with complex and noisy datasets that cannot be solved with conventional “non-learning” algorithms. Considerable progress has been made recently in this area using parallel processors. These methods are proving so effective that all major Internet and computing companies now have “deep learning”— the branch of machine learning that builds tools based on deep (multilayer) neural networks—

Clearly, progress on improvements in CMOS, and in computer hardware more generally will not be self-sustaining forever. Well-supported predictions, based on solid scientific and engineering data, indicate that conventional approaches to computation will hit a wall in the next 10 years. Principally, this situation is due to three major factors:

- 1) (1) fundamental (atomic) limits exist beyond which devices cannot be miniaturized,
- 2) (2) the local energy dissipation limits the device packing density,
- 3) (3) the increase and lack of foreseeable limit in overall energy consumption are becoming prohibitive.

Novel approaches and new concepts are needed in order to achieve the goals of developing increasingly capable computers that consume decreasing amounts of power

...Traditional computational architectures and their parallel derivatives are based on a core concept known as the von Neumann architecture. The system is divided into several major, physically separated, rigid functional units such as memory (MU), control processing (CPU), arithmetic/logic (ALU), and data paths. This separation produces a temporal and energetic bottleneck because information has to be shuttled repeatedly between the different parts of the system. This “von Neumann” bottleneck limits the future development of revolutionary computational systems. Traditional parallel computers introduce thousands or millions of conventional processors each connected to others. Aggregate computing performance is increased, but the basic computing element is fundamentally the same as that in a serial computer and is similarly limited by this bottleneck

Clearly a new disruptive technology is needed which must be based on revolutionary scientific developments. In this “neuromorphic” architecture (see Figure 1), the various computational elements are mixed together and the system is dynamic, based on a “learning” process by which the various elements of the system change and readjust depending on the type of stimuli they receive.

Fonte: “Neuromorphic computing, from materials to systems architecture”, Office of Science US Department of Energy – 2015.

### **The Obama Administration Brain Initiative and neuromorphic computing**

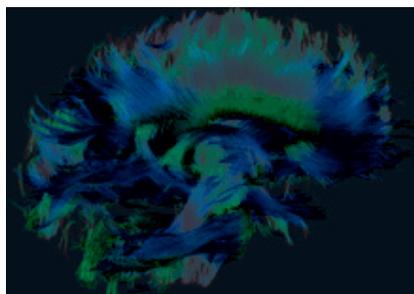
*“The White House BRAIN Initiative (Brain Research through Advancing Innovative Neurotechnologies), is a collaborative, public-private research initiative announced by the Obama administration on April 2, 2013, with the goal of supporting the development and application of innovative technologies that can create a dynamic understanding of brain function. It was developed by the White House Office of Science and Technology Policy (OSTP) as part of a broader White House Neuroscience Initiative. Inspired by the Human Genome Project, BRAIN aims to help researchers uncover the mysteries of brain disorders, such as Alzheimer’s and Parkinson’s diseases, depression, and traumatic brain injury (TBI).*

#### **Why Is The BRAIN Initiative Needed?**

*With nearly 100 billion neurons and 100 trillion connections, the human brain remains one of the greatest mysteries in science and one of the greatest challenges in medicine. Neurological and psychiatric disorders, such as Alzheimer’s disease, Parkinson’s disease, autism, epilepsy, schizophrenia, depression, and traumatic brain injury, exact a tremendous toll on individuals, families, and society. Despite the many advances in neuroscience in recent years, the underlying causes of most of neurological and psychiatric conditions remain largely unknown, due to the vast complexity of the human brain. If we are ever to develop effective ways of helping people suffering from these devastating conditions, researchers will first need a more complete arsenal of tools and information for understanding how the brain functions both in health and disease.*

**Figura 14**

## Iniciativa Brain



Source: Human Connectome Project

**Why is now the right time for the BRAIN Initiative?**

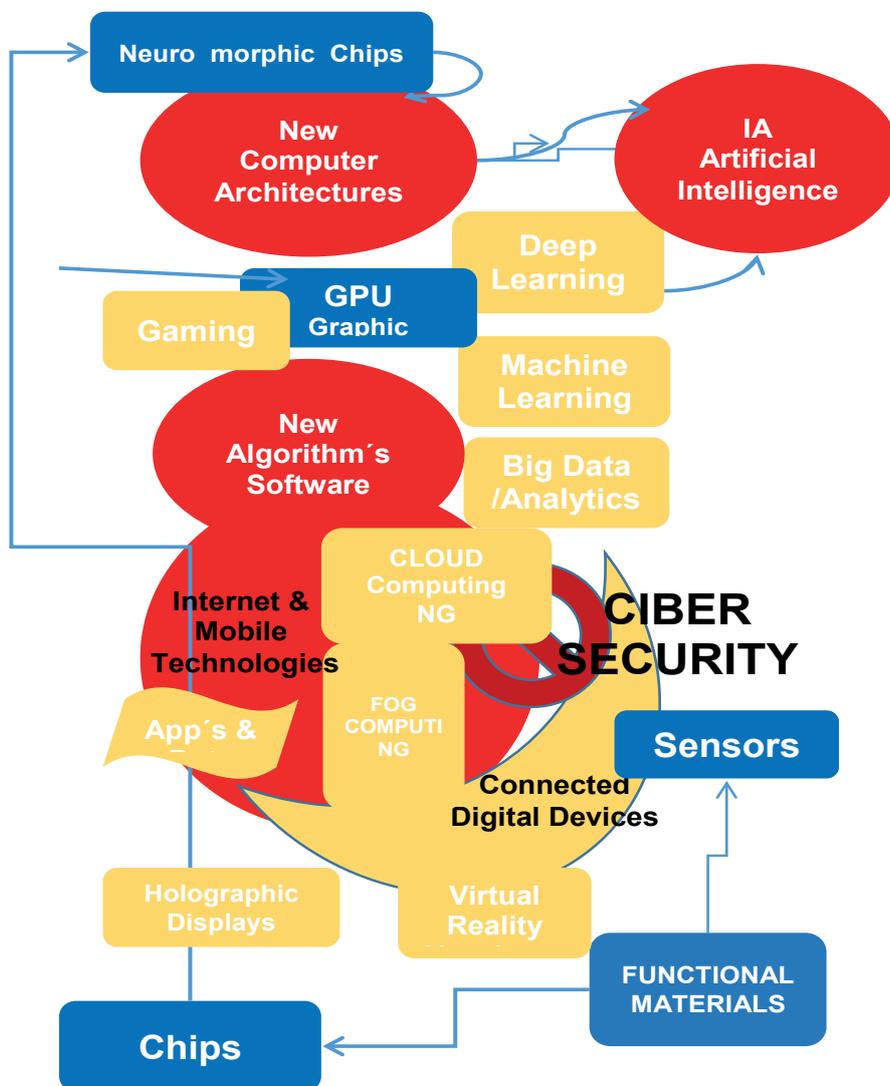
*In the last decade alone, scientists have made a number of landmark discoveries that now create the opportunity to unlock the mysteries of the brain. We have witnessed the sequencing of the human genome, the development of new tools for mapping neuronal connections, the increasing resolution of imaging technologies, and the explosion of nanoscience. These discoveries have yielded unprecedented opportunities for integration across scientific fields. For instance, by combining advanced genetic and optical techniques, scientists can now use pulses of light in animal models to determine how specific cell activities within the brain affect behavior. What's more, through the integration of neuroscience and physics, researchers can now use high-resolution imaging technologies to observe how the brain is structurally and functionally connected in living humans.*

*A focus of the initial years of the BRAIN Initiative is the development of next-generation tools for exploring how dynamic patterns of neural activity in the brain control thoughts, feelings and movements.*

Fonte: National Institutes of Health – NIH.

Figura 15

Informação e comunicação no Vº Sistema Técnico-económica – uma síntese gráfica



Fonte: Autor

## 6. O Vº SISTEMA TÉCNICO-ECONÓMICO E A ROBÓTICA

### 6.1. Dos robots humanóides aos cobots nas fábricas

#### 6.1.1 Antecedentes

A robótica desenvolveu-se com a conquista do espaço exterior, quando foram colocados em planetas – ex: a Lua e Marte – veículos capazes de se movimentarem para realizar tarefas como fotografar em detalhe a superfície de um planeta ou recolher amostras dessa superfície etc., com diferentes graus de autonomia.

Já no que respeita à sua difusão em atividades na Terra, pode dizer-se que foi a partir dos anos nos 1960 que a robótica começou a ser utilizada na indústria, inicialmente na produção automóvel para a realização de um reduzido número de tarefas repetitivas e com riscos associados. Podendo afirmar-se que nesta primeira fase os robots vieram inserir-se – ainda durante o IVº Sistema Técnico Económico – nas cadeias de produção industrial herdadas do Fordismo.

O desenvolvimento e utilização conjunta de tecnologias digitais permitiu uma segunda geração de robots, mais pequenos, mais baratos, com maior autonomia, mais flexíveis e colaborativos, com maior número de aplicações industriais – nomeadamente a sua precisão tornou-se crucial para poderem operar em fases do fabrico de micro eletrónica.

#### 6.1.2. Dos robots humanoides no mundo dos serviços aos cobots no mundo das fábricas?

Ao mesmo tempo que se desenvolveram robots para tarefas de serviços – desde tarefas de acolhimento de visitantes, de serviço ao público, de apoios nas escolas e apoio de idosos. Estes robots assumiram em muitos casos formas e gestos humanóides (vd. Caixa).

Os desafios que agora se colocaram passaram a situar-se ao nível da perceção (reconhecimento de objetos específicos em ambiente não organizados), manipulação e cognição.

Os **cobots**, ou seja, os robots que colaboram com humanos em tarefas várias – por exemplo nas fábricas – são outro segmento.

**A próxima geração de produtos nano e complexos com curtos ciclos de vida requer um nível de adaptação dos processos de montagem industrial, de precisão e de confiança que ultrapassa as capacidades humanas.**

Por sua vez, o Japão tem liderado a conceção e utilização de **robots humanoides**, mais adaptados às tarefas de serviço exigindo interação próxima com os humanos.

**THE HUMANOID ROBOTS – A LIDERANÇA JAPONESA**

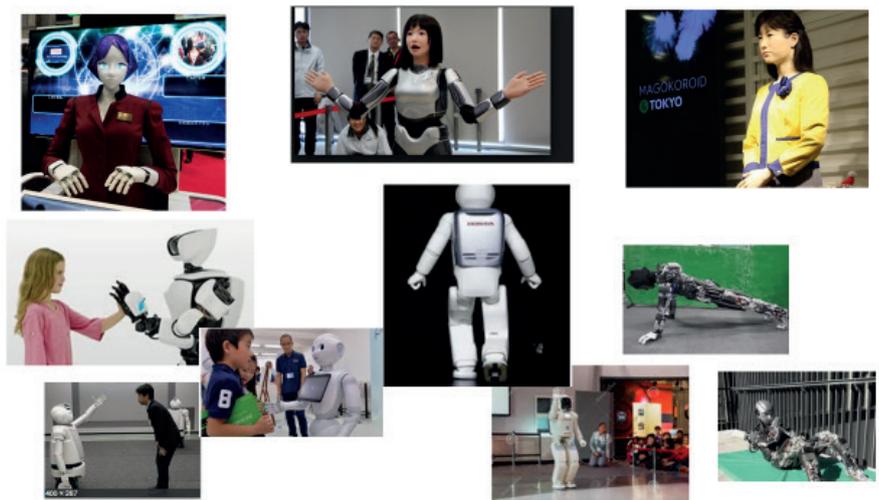
The robot revolution is active worldwide. In the U.S., companies are looking to robots to replace menial labor in the coming years. Electronics manufacturers showed various degrees of robots at the CES trade show last month that, for the most part, basically bring a set of digital eyes and smiles to smart connected speakers like the Amazon Echo and Google Home.

But for the cutting edge when it comes to **robot companions**, Japan is the place to be. Asian researchers are among the leaders in the pursuit of building humanoids, and in Japan, robots are revered. There’s a hotel near Tokyo that attracts visitors by having robots check in guests, a popular robot restaurant (featuring a show of battling Transformer types) and many cartoons, comic books and movies featuring friendly or heroic robots, like Astro Boy.

Fonte: Graham, Jefferson “Erica, the humanoid robot, is chatty but still has a lot to learn” USA TODAY 20 Fevereiro 2018

**Figura 16**

**Robôs humanóides – liderança japonesa**



Fonte: várias

Empresas europeias como a KUKA (Alemanha) ou a ABB (Suécia/Suíça) têm desenvolvido outra abordagem na robótica desenvolvendo COBOTS – ou seja, equipamentos que completam a atuação dos operadores onde as capacidades humanas (precisão, flexibilidade, simultaneidade de operações etc.) não seriam suficientes ou fossem excessivamente exigentes.

**Figura 17**

Exemplos de Cobots



ABB ROBOTICS  
YuMi® – IRB 14000



BMW Group Munich: human and robot work hand in hand

The KUKA LBR iiwa lightweight robot assists the operator in loading side member reinforcements at the BMW plant in Munich.



HRC in robot assembly

The KUKA LBR iiwa lightweight robot helps to screw the gear units for the QUANTEC Industrial robot into place.



Fonte: sites de ABB e KUKA.

## 7. O Vº SISTEMA TÉCNICO-ECONÓMICO E AS TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO CIBERFÍSICAS

O Vº Sistema Técnico-Económico é caracterizado, no que respeita às Tecnologias de Produção Física, pela interação de duas tecnologias em desenvolvimento rápido: a Fabricação Aditiva (ou Impressão 3D) e a Robótica Autónoma e Móvel, que terão que interagir com a evolução nos Materiais Estruturais.

### 7.1. Fabricação aditiva (ou impressão 3d)

A Fabricação Aditiva consiste nas tecnologias que permitem produzir objetos de uma forma aditiva, imprimindo sucessivas camadas (layers) de um material ("ink"), camada sobre camada. De uma forma simplista, o processo de impressão 3D envolve:

- Criação de uma imagem do objeto pretendido através de software CAD (*computer-aided design*);
- Envio desta imagem pela Internet para uma impressora 3D;
- Construção do objeto na impressora 3D, sobrepondo finas camadas de material. ("ink" )

O uso comercial da impressão 3D teve início em 1988, mas a sua utilização esteve limitada, numa fase inicial, à produção de protótipos. Os seus primeiros utilizadores foram os setores da produção automóvel, da aeronáutica e do equipamento médico, que ainda hoje estão na linha da frente na utilização desta tecnologia.

Tem-se, no entanto, verificado uma utilização crescente da impressão 3D num número alargado de setores, como sejam a medicina, a medicina dentária, a alimentação, a eletrónica, o vestuário, e a própria construção. A sua utilização permite tornar competitivos setores baseados na produção de pequenas quantidades de produtos (reduzidas economias de escala) e adaptadas às exigências individuais dos clientes (complexidade dos produtos, a baixos custos de produção).

O facto de não se basear em economias de escala permite uma produção a pedido, de reduzidas quantidades, e não dependente da localização do local de produção – as empresas podem substituir o tradicional modelo de negócio (com reduzido custo do produto dependente da maior escala de produção), por um modelo baseado na produção de um produto em localizações diferentes, próximas do consumidor.

A impressão 3D permite reduzidos tempos e processos de produção (os modelos são rapidamente produzidos e testados) e os produtos chegam rapidamente aos mercados. A cadeia de produção é simplificada e a produção pode deslocar-se facilmente para junto do cliente.

**Figura 18**

Exemplo de objetos fabricados por impressão 3D

**Exemplo de objetos fabricados por impressão 3d**



Fonte: Kommerskollegium, Sweden National Board of Trade – Trade Regulation in a 3D Printed World (2016)

Existem múltiplas tecnologias de impressão 3D (ou Fabricação Aditiva), adaptáveis a diferentes materiais, como se exemplifica na Caixa seguinte, sem pretensão de exaustividade

**7 TECNOLOGIAS EM FABRICAÇÃO ADITIVA**

Although media likes to use the term “3D Printing” as a synonym for all Additive Manufacturing processes, there are actually lots of individual processes which vary in their method of layer manufacturing. Individual processes will differ depending on the material and machine technology used. Hence, in 2010, the American Society for Testing and Materials (ASTM) group “ASTM F42 – Additive Manufacturing”, formulated a set of standards that classify the range of Additive Manufacturing processes into 7 categories (Standard Terminology for Additive Manufacturing Technologies, 2012).

**VAT Photopolymerisation**

Vat polymerisation uses a vat of liquid photopolymer resin, out of which the model is constructed layer by layer.

**Material Jetting**

Material jetting creates objects in a similar method to a two dimensional ink jet printer. Material is jetted onto a build platform using either a continuous or Drop on Demand (DOD) approach.

**Binder Jetting**

The binder jetting process uses two materials; a powder based material and a binder. The binder is usually in liquid form and the build material in powder form. A print head moves horizontally along the x and y axes of the machine and deposits alternating layers of the build material and the binding material.

### Material Extrusion

Fuse deposition modelling (FDM) is a common material extrusion process and is trademarked by the company Stratasys. Material is drawn through a nozzle, where it is heated and is then deposited layer by layer. The nozzle can move horizontally and a platform moves up and down vertically after each new layer is deposited.

### Powder Bed Fusion

The Powder Bed Fusion process includes the following commonly used printing techniques: Direct metal laser sintering (DMLS), Electron beam melting (EBM), Selective heat sintering (SHS), Selective laser melting (SLM) and Selective laser sintering (SLS).

### Sheet Lamination

Sheet lamination processes include ultrasonic additive manufacturing (UAM) and laminated object manufacturing (LOM). The Ultrasonic Additive Manufacturing process uses sheets or ribbons of metal, which are bound together using ultrasonic welding.

### Directed Energy Deposition

Directed Energy Deposition (DED) covers a range of terminology: 'Laser engineered net shaping, directed light fabrication, direct metal deposition, 3D laser cladding' It is a more complex printing process commonly used to repair or add additional material to existing components.

Fonte: Additive Manufacturing Research Group – Loughborough University

## LOCAL MOTORS – A IMPRESSÃO 3D – REVOLUCIONANDO A PRODUÇÃO DO AUTOMÓVEL?

Esta empresa localizada em Phoenix no Arizona foi pioneira no desenvolvimento do fabrico de veículos automóveis utilizando a Impressão 3D para obter a estrutura dos veículos fabricada em fibra de carbono e polímeros. Aquando da apresentação dos seus primeiros modelos, a Local Motors (LM) avançou com a proposta de um novo modelo de negócio no fabrico destes veículos. Modelo que romperia com a produção em massa utilizando cadeias de produção rolantes – mais ou menos flexíveis para uma produção descentralizada em unidades fabris localizadas perto dos grandes mercados e capazes de fabricar modelos previamente definidos no portfolio da empresa LM, aceitando escolhas específicas dos clientes. Essas unidades funcionariam na prática como franchising da empresa que lhes forneceria o software necessário para que os equipamento de impressão 3D a adquirir (ou alugar?) por essas unidades produzissem a estrutura dos veículos nos quais seriam montados a motorização elétrica, o comando e controlo e o habitáculo (este também suscetível de fabrico por Impressão 3D).

**Figura 19**

A impressão 3D e um futuro do automóvel



2015 – The winner of our Project Redacted challenge in 2015, Swim was designed by Kevin Lo. The entry showcased the many benefits of Direct Digital Manufacturing (DDM), including the ability to create a completely customizable vehicle.

Veremos adiante – quando abordarmos as Tecnologias da Mobilidade neste Sistema – uma mais recente proposta da empresa.

Fonte: site da Empresa.

## 7.2. Impressão 3d (e robótica) – mudanças nas cadeias de produção – e no comércio internacional

A impressão 3D vai alterar o que é transacionado no comércio internacional, onde estas transações são efetuadas, e quem participa neste processo. Na utilização das tecnologias 3D para a produção de bens, **quatro itens podem ser transacionados a nível internacional:**

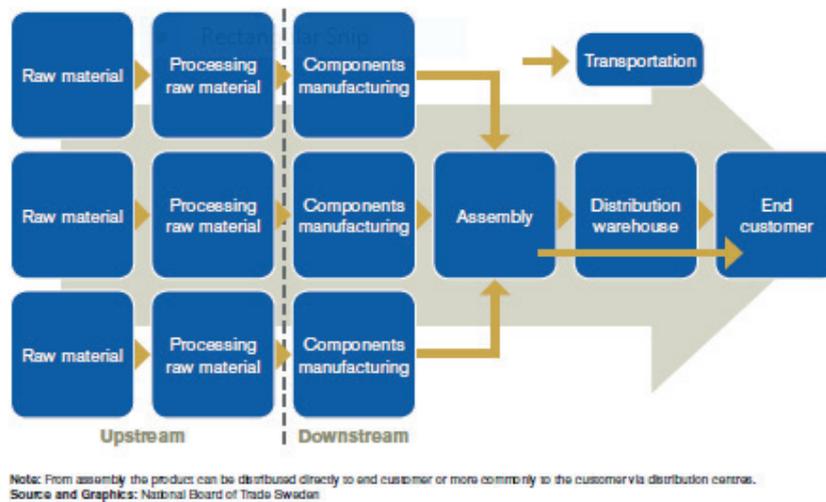
- O digital design file (CAD-file);
- O material (“ink”) que é usado na impressão;
- O produto impresso (como impressão final ou incorporado noutra produto);
- O processo de produção, que pode ser deslocalizado para junto do cliente final .

A Impressão 3D vai necessariamente alterar as cadeias de produção da indústria e, com isso, alterará também a dinâmica diferenciada de crescimento dos diversos segmentos do comércio internacional. A Figura seguinte representa a estrutura tradicional das cadeias de produção na indústria a comparar com uma estrutura típica da utilização da impressão 3D.

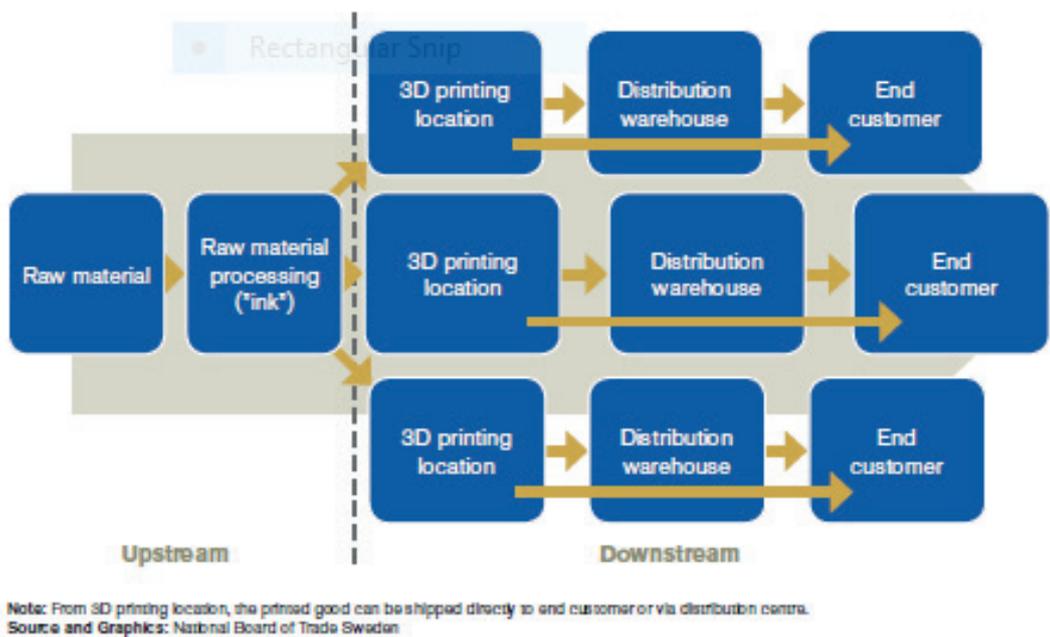
**Figura 20**

Comparação das estruturas das cadeias de produção na indústria

1. Estrutura tradicional das cadeias de produção na indústria



2. Nova estrutura das cadeias de produção com fabricação aditiva + robótica



Fonte: Kommerskollegium, Sweden National Board of Trade – Trade Regulation in a 3D Printed World (2016).

Pode pois dizer-se que a impressão 3D pode vir a ter – **se difundida em larga escala** – um vasto conjunto de efeitos:

- A **jusante das cadeias de valor**: i) reduz a cadeia de produção através da remoção de inputs intermédios/componentes; ii) afasta-se do princípio “um produto/uma localização” e coloca a produção junto do cliente final; iii) a remoção de intermediários e o *nearshoring* reduz a necessidade de inventário, armazenagem, distribuição, centros de retalho e embalagem. A produção descentralizada e ajustada às necessidades do cliente final tem uma maior flexibilidade, suficiente para a adaptação às exigências imprevistas impostas pelo cliente.
- A **montante das cadeias de valor**, os efeitos da impressão 3D são: i) a matéria-prima processada (“ink”) é utilizada num elevado número de localizações de impressão 3D, em detrimento de uma única localização; ii) existe uma crescente necessidade de serviços associados ao transporte ou distribuição dos objetos impressos e entrega rápida ao cliente final.
- Com o crescimento da utilização da impressão 3D, as cadeias de valor irão conduzir a um **ajustamento dos fluxos de comércio internacional**:
  - O presente fluxo de intermediários (que ainda representa mais de 64% do comércio internacional) será amplamente reduzido;
  - Os fluxos comerciais de matérias-primas necessárias à produção serão reduzidos devido à menor incorporação de materiais na produção;
  - Os bens manufaturados não serão expedidos a partir de um ponto de montagem que fornece um elevado número de clientes. Como a produção vai deslocalizar-se para junto dos clientes finais, os fluxos comerciais associados ao transporte do produto finalizado, irá ser reduzido, com impactos ao nível dos fluxos comerciais bilaterais entre países.

Por sua vez, a combinação entre impressão 3D e robótica implica uma descentralização da produção industrial (ex: os fabricantes europeus que usam robots são mais eficientes na capacidade de resposta às mudanças na produção e no comércio, em comparação com aqueles que não recorrem aos mesmos; e além disso apresentam-se como tendo menor probabilidade de deslocalizarem a produção para fora da Europa).

A robótica pode criar uma nova dimensão na impressão 3D quando ambas são combinadas em centros de produção multiuso localizados perto do consumidor final.

Isto é, a impressão 3D pode ser usada para produção de distintos tipos de produtos, pertencentes a diferentes setores (por exemplo, do setor automóvel aos eletrodomésticos e eletrónica de consumo), o que dependerá apenas da componente CAD e dos materiais usados na produção.

A localização futura destes **centros de produção multiuso** poderá ser um novo fator para a competitividade de territórios que disponham de recursos humanos qualificados e de boa conectividade com os novos hinterlands que a produção descentralizada pode servir.

## 8. O Vº SISTEMA TÉCNICO – ECONÓMICO E A MOBILIDADE – INOVAÇÕES RADICAIS E INCREMENTAIS

### 8.1. Inovações radicais na mobilidade

Este novo Sistema Técnico-Económico introduz diretamente **cinco grandes inovações radicais na Mobilidade**:

#### 8.1.1 uma nova geração de transporte terrestre de massa-hyperloop versus maglev

O Vº Sistema Técnico Económico integra uma nova geração de transporte terrestre de massa – intra e inter metropolitano – assente na utilização de um novo sistema de propulsão – **o motor elétrico linear** -, que permite acelerações e velocidades muito superiores aos do TGV,

Quer nas soluções Maglev já em utilização, quer nas soluções Hypeloop ainda em desenvolvimento. E ambas as soluções virão a beneficiar muito de uma outra componente deste Sistema – **os materiais supra condutores à temperatura ambiente** para aplicações eletromagnéticas.

#### HYPERLOOP VERSUS MAGLEV

**Figura 21**

○ Hyperloop



**Figura 22**

○ Maglev



“Recent breakthroughs in Maglev and Hyperloop make the potential for both technologies a real possibility.

In November 2015, the Hyperloop Technology Corporation (HTC) secured \$80 million dollars in Series B funding from private venture capital to begin initial tests and design. In December of 2015, HTC announced that they began construction on a test track in Las Vegas. The announcement was followed by the Hyperloop Pod Design Competition, which was held at Texas A&M University this past January. HTC and its visionary, Elon Musk, are confident that the Hyperloop will be a reality by 2020.

Maglev has seen developments as well. In late 2015, The Northeast Maglev, the company that’s trying to bring the technology to the U.S., completed an environmental impact study on a line between Washington DC and Baltimore. The Maglev seems to be gaining political traction as well, as the federal government issued Maryland a \$27.8 million grant for a feasibility study. Governor Hogan of Maryland seems to be on board, as well as the Prime Minister of Japan who offered to help the U.S. cover some of the construction costs associated with Maglev.

Which technology will succeed, or will both? One way to analyze this question is to look at the regulatory and policy hurdles that both technologies will have to overcome in order to operate successfully”

Fonte: Phil Linder, Philip “Hyperloop vs. Maglev: Which of these disruptive technologies will be the future of intercity travel?” edição the public purpose, março de 2016 <https://thepublicpurpose.com/2016/03/23/hyperloop-vs-maglev-which-of-these-disruptive-technologies-will-be-the-future-of-intercity-travel/>

### 8.1.2. Inovações no transporte aéreo – novos motores, novas configurações de aviões, novos veículos aéreos, com propulsão elétrica

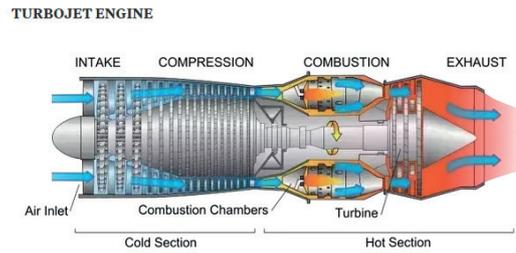
- a) Um novo tipo de motor de propulsão aéreo – o **scramjet** – já em experimentação na área da defesa – e que, se transferível para a utilização civil, permitirá o transporte aéreo intercontinental a velocidades hipersónicas – levando a novas configurações aerodinâmicas dos próprios aviões e a sistemas completamente diferentes de início de voo, recorrendo a soluções com o mesmo tipo de motor linear que atrás referimos. (na forma de *Magnetic rail gun* )

#### DOS TURBOJETS DO IVº SISTEMA TÉCNICO-ECONÓMICO AOS SCRAMJETS DO Vº SISTEMA TÉCNICO-ECONÓMICO

All jet engines work on the same principle, production of thrust to propel the aircraft forward. All jet engines have an air intake through which air enters. This air is burnt in the combustion chamber with fuel and the hot exhaust gas comes out of a nozzle, forming jet thrust. The actual working of these engines involves additional components and stages which will be explained below

#### TURBOJETS

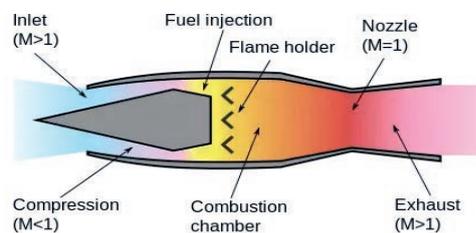
**Figura 23**  
Turbojets



This is one of the oldest types of jet engines in existence and it equipped the earliest jet fighters. It is very efficient at flight speeds above 800 km/hr. Its working depends on the following stages.

- **Diffuser:** This is the first stage of the engine. Here, the atmospheric air enters with a velocity equal to the velocity of the aircraft and it is slowed down in the diffuser; **Compressor:** The air leaving the diffuser has negligible velocity and it enters the compressor. Here, the air is compressed to high pressure with the help of an axial compressor; **Combustion Chamber:** After compression, the air enters the combustion chamber where fuel is sprayed on it and combustion takes place; **Turbine:** The products of the combustion chamber are at high pressure and temperature. They drive the turbine blades, which in turn drives the compressor and thereby allows it to suck in more air. The turbine is also coupled to a generator unit on aircraft to produce electricity; **Exit nozzle:** The gases coming out of the turbine expand and leave the nozzle at a high velocity. This produces the required thrust and propels the aircraft in accordance with Newton’s third law; **Afterburner (optional):** This component is present only on military aircraft. It basically injects fuel into the exhaust gases coming out of the turbine and the resulting combustion produces additional thrust by increasing the velocity and temperature of the exhaust.
- **USES:** Turbojets were used extensively in military and civilian aircraft from the late 1940s to the 1970s. Then they were gradually replaced by turbofans which were more fuel efficient. Turbojets continue to be used to this day, but are very rare.

**Figura 24**  
Ramjet



**RAMJET**

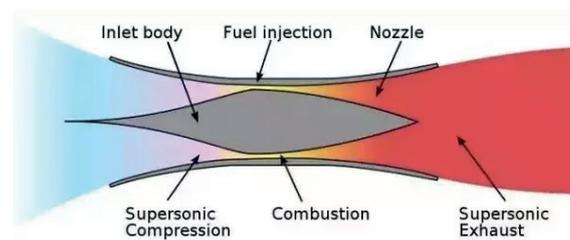
- The air which enters at supersonic speeds, is reduced to subsonic speeds before entering the combustion chamber. Here, fuel is sprayed and burnt in a manner similar to turbojets.
- But the hot exhaust has no turbine to run and the entire exhaust comes out of the nozzle as jet thrust.

- The interesting thing is that this engine cannot be started from zero speed and it needs to be moving at a high speed to start working, hence it is often attached to a turbojet or a rocket booster to propel it to the required speeds.
- A solid fuel rocket booster is the most common attachment for ramjet powered missiles. A turbojet attached to a ramjet is called a turboramjet and is used in military aircraft.

**USES:** This engine is restricted only for military applications and is almost exclusively used on missiles. The popular modern missiles using a ramjet engine are the BrahMos and Meteor.

**Figura 25**

Scramjet



**SCRAMJET**

A **scramjet** is a **Supersonic Combusting Ramjet** engine, named so because it is basically a ramjet engine where the combustion of air happens at supersonic rather than subsonic speeds. Its working is similar to a ramjet engine. A scramjet powered missile or aircraft must be accelerated to 4 times the speed of sound by an external source like a rocket engine before the scramjet can start working.

Currently, countries like USA, Russia and India are working on scramjet powered missiles which can travel faster than 6 times the speed of sound. Theoretically a scramjet engine can achieve speeds of 12 times the speed of sound.

Fonte: QUORA.

THE FUTURE OF CIVIL AVIATION: A MIX OF HIDROGEN FUEL, SCRAM JET ENGINE AND A MAGNETIC RAILGUN LAUNCHING SYSTEM?

**This New Jet Concept Could Take You From London to New York in 30 Minutes**

A Canadian engineer has come up with a new concept for a four-winged scramjet that could carry 75 passengers at speeds of up to Mach 10 – which is 10 times the speed of sound and five times faster than Concorde. That means the proposed Skreemr jet could cross the Atlantic in just half an hour.

**Figura 26**

Skreemr, um projeto de avião



First off, to get the Skreemr jet to Mach 4, the aircraft is launched from a magnetic railgun launching system. This is a similar system to one that NASA is considering to help launch spacecraft, and involves a magnetic field accelerating the jet along a set of rails at incredible speed. It pretty much works in the same way as the maglev trains in Japan, which levitate the train carriage to avoid friction.

This system would need to be long enough to achieve supersonic speed without taxing the passengers with too much g-force, writes Bombardier (in The Globe and Mail).

Once propelled forward by the launch system, two rockets would kick in, burning liquid-oxygen and kerosene to boost or maintain the scramjet at Mach 4, depending on how effective the launch is. This requires a little bit of liquid oxygen to be stored on board, but at Mach 4 the scramjet engine would fire up, and the jet would then be able to run using just the oxygen outside the planet to combust hydrogen fuel.

Fonte: Macdonald, Fiona – Science Alert, Outubro de 2015.

- b) Uma nova configuração de aviões – abandonando a estrutura tubular com implantação de asas perpendiculares dominante desde os anos 30 do século XX – para uma estrutura em asa delta com motores a jato colocados na parte superior traseira da estrutura, motores controlados automaticamente para garantir a estabilidade do avião; esta configuração já experimentada em aviões militares poderá surgir no setor civil, primeiro em aplicações de carga e só depois para passageiros.
- c) Um novo tipo de veículos – aéreos e não tripulados – comandados à distância e futuramente autónomos, com propulsão elétrica – os **Drones**, capazes de monitorizar espaços terrestres e marítimos, de transmitir informação em tempo real, de transportar cargas e mesmo para servir para o transporte de pessoas no interface terrestre/aéreo; veículos cuja vocação é a de se tornarem autónomos e de operarem em grupo. Estes veículos exigem materiais ultraleves e baterias com grande densidade energética.

DRONES – NOVOS VEÍCULOS DE TRANSPORTE DO Vº SISTEMA TÉCNICO-ECONÓMICO

Figura 27

Drones transporte de carga e de pessoas?



Skyways: o drone da Airbus vai entregar as primeiras encomendas em ambiente real



POP UP-Airbus’ new concept is a car, a drone, and a train all in one

Airbus announced a new conceptual car-and-drone project called Pop.Up that revolves around a small, Smart Car-sized monocoque (or “passenger capsule,” as Airbus calls it) that can be used in multiple modes of transportation.

Back in late January, Airbus’ Vahana team successfully flew their autonomous air taxi for the first time. Now, you can finally watch how the drone stayed in the air on its own in the video below the fold. It shows the aircraft hovering around 16 feet above the ground for a few seconds – not particularly exciting if you’re not enthused about the possibility of traveling aboard a single-passenger self-piloted taxi. But it was still a 53-second flight all on its own, without the input of a human operator.

The Vahana team’s goal is to leverage new and emerging technologies like electric propulsion and machine vision to “democratize personal flight.” Their drone only lifted off the ground and touched back down during its first set of tests – they definitely have a long road ahead to get it ready for forward flight – but it was a huge deal for the team and the company. If they succeed, Airbus could eventually use the drone for an autonomous passenger network that will give people a way to hail a flying taxi to get to where they want to go.

Fonte: Airbus-UAV.

### 8.1.3. Um novo tipo de transporte de uso coletivo – elétrico, autónomo e construído em impressão 3d trouxe uma abordagem radical

- Concebeu e construiu um autocarro (o *minibus* OLLI) fabricado em impressão 3D, elétrico (e, numa versão recente, já com os motores elétricos colocados nas próprias rodas), veículo que se pretende venha a ter autonomia avançada com base numa parceria tecnológica com a IBM. (Vd Figura 28)

**Figura 28**

O Minibus OLLI



## 8.2. Mobilidade – renovando o automóvel

Como referimos desde o início, cada Sistema Técnico Económico introduz soluções novas mas abre possibilidade de renovação a inovações de Sistemas Técnico Económicos anteriores, adaptando-as a novas exigências. Iremos referir seguidamente:

- As transformações em curso no transporte de mercadorias a longa distância em modo rodoviário.
- As transformações que estão a ser experimentadas, ou já mesmo em concretização, em torno do automóvel de uso particular como o conhecemos hoje.

### 8.2.1. Uma mudança no transporte de mercadorias a longa distância

O Vº Sistema Técnico Económico pode revolucionar uma **cadeia de atividades que se organizam em torno do Transporte de mercadorias e da Logística**, revalorizando o transporte rodoviário e reduzindo a prazo o papel da ferrovia área. Essa transformação radical pode advir de três conceitos que já se começaram a concretizar em “objetos” ou soluções:

- a) A introdução da propulsão de camiões por células de combustível, funcionando a hidrogénio, oferecendo ao transporte rodoviário de longa distância uma sustentabilidade ambiental que hoje não lhe é reconhecida..
- b) A busca das melhores soluções para a autonomia de condução de camiões, permitindo a sua circulação nas autoestradas e, simultaneamente, a sua capacidade de se deslocar até ao cliente final, no interior das grandes metrópoles (completado eventualmente pela atuação de *drones* para servir a “última milha”).

Na caixa seguinte referimos Seis projetos em desenvolvimento por empresas há muito presentes no setor automóvel, ou por grandes empresas das Tecnologias de informação que pretendem intervir nesta transformação e exemplificamos uma sétima empresa – uma *start up* sueca – a EINRIDE.

## O FUTURO DO TRANSPORTE RODOVIÁRIO E OS VEICULOS AUTÓNOMOS

### 6 empresas desenvolvendo camiões autónomos

**1) Embark** – The aim of San Francisco-based Embark is to automate the freeway part of a truck’s journey. Founded in 2016, Embark lets the system take over, with the driver taking over when the truck exits the freeway, to navigate the more complex roads of towns and cities themselves. The approach is designed so truck drivers can complete more journeys per day, as they’re spending less time doing the actual driving. The company is currently operating test vehicles (with humans monitoring from behind the wheel) on the I-10 freeway between El Paso, Texas and Palm Springs, California. Embark has already used its technology to drive a truck across the U.S., through adverse weather conditions like rain and fog, navigating highway transfers without human assistance

**2) Daimler/Mercedes** – An automotive veteran and parent of Mercedes-Benz, Daimler has been in the autonomous truck race for longer than most others, first demonstrating a self-driving vehicle back in 2014. Called the Mercedes-Benz Future Truck 2025, the vehicle uses a system called Highway Pilot to navigate highways without human assistance. So far, Mercedes has concentrated on platooning, where trucks drive themselves closely behind one another, reducing air resistance and lowering their fuel usage by a claimed 10 percent. Each vehicle still has a driver for safety and for taking over when exiting the freeway.

**3) Uber/Otto** – Uber acquired autonomous truck startup Otto in the summer of 2016 for \$650 million, seven months after it was founded. Now a part of Uber's Advanced Technologies Group, the trucks can drive themselves on the highway – but hands itself over to a human driver to navigate the smaller and more complex roads until they reach their destination. As of March 2018, Uber said its autonomous trucks had driven a collective two million miles, and that they had begun regularly transporting freight in Arizona. However, all of Uber's autonomous trials in the U.S. and Canada were put on hold after one of the company's autonomous test cars struck and killed a pedestrian in Tempe, Arizona. It is not known when testing on public roads – of its cars or trucks – will restart.

**4) Waymo** – Better known as Google's self-driving car division, Waymo announced in March 2018 it has plans to automate trucks too. That month, the company launched a pilot in Atlanta where Waymo-branded trucks carried freight bound for Google's data centers. Although Waymo tested its truck-driving system for a year in California and Arizona ahead of the pilot, it still has "highly trained" safety drivers behind the wheel to monitor the technology and take over control if required. Waymo said in March: "Our software is leaning to drive big rigs in much the same way a human driver would after years of driving passenger cars. The principles are the same, but things like braking, turning, and blind spots are different with a fully-loaded truck and trailer." ...

**5) Volvo** – In 2016, Volvo demonstrated how its autonomous trucks platoon to improve both safety and efficiency...The demonstration showed how the lead truck controls the accelerator and brakes of the two following trucks, meaning they all speed up and slow down together, thus removing the delays caused by driver reaction time. Platooning like this also helps remove unnecessary braking and accelerating, and following each other closely lowers wind resistance, which in turn lowers fuel use. Drivers still all look after their own steering, but Volvo says this could also be automated in the future. Volvo, which has partnered with FedEx, claims that if the computer-controlled trucks follow each other just one second apart, fuel economy can be improved by 10 percent, leading to significant savings for haulage companies who employ such a system

**6) Tesla** – Tesla unveiled its first truck in November 2017 and plans to start delivering the electric vehicles in 2019. Company boss Elon Musk said at the launch that the semis would get Tesla's Autopilot self-driving software as standard. Like on Tesla cars, Autopilot for trucks will provide a semi-autonomous system where the vehicle's accelerator, brakes and steering are managed by the computer on highways with clear lane markings, but the driver must remain fully alert and with a hand on the wheel at all times. On top of this, Musk said this version of Autopilot will have truck-specific features like an anti-jackknifing system. The eventual goal is to employ a platooning feature for Tesla trucks to autonomously follow each other and have only the lead truck controlled fully by a human driver.

---

Fonte: Charlton, Al listair "These 6 companies are making the self-driving truck a reality" Gear Brain – 22 July 2018

**EINRIDE – UMA START UP EM BUSCA DE SOLUÇÕES DE AUTONOMIA PARA VEICULOS DE TRANSPORTE DE CARGA**

**Einride** is a Swedish transport company based in Stockholm, Sweden. The company was founded in 2016 and specializes in Self-driving vehicles. They are known for creating the **T-pod** and the **T-log**, vehicles designed from the ground up for fully autonomous and remote operation.

**Figura 29**

Einride, uma experiência de camião autónomo



“Einride uses self-driving technology as well as remote operation for the T-pod which allows drivers to monitor multiple vehicles and remotely control the vehicle in difficult traffic situations. On March 28, 2018, Einride announced their partnership with NVIDIA and announced that they will be using Drive PX-series technology in the T-pod. The T-pod can travel 124 miles on a fully charged battery, and Einride is developing charging station solutions to power the vehicles for longer journeys. Einride’s goal is to use this technology to create a sustainable transport system free from carbon dioxide. The company plans to have 200 T-pods operate between Gothenburg and Helsingborg by 2020”.

Fonte: imprensa

- c) Um novo conceito de transporte rodoviário que pressupõe formação de grupos de camiões autónomos, com ou sem intervenção de um responsável humano pela condução desses grupos – o conceito de **“Platooning”**.

FUTURO DO TRANSPORTE RODoviÁRIO – VEÍCULOS AUTÓNOMOS E PLATOONING?

Figura 30

Platooning, o futuro nos camiões?

**WHAT IS TRUCK PLATOONING?**

Truck platooning is the linking of two or more trucks in convoy, using connectivity technology and automated driving support systems. These vehicles automatically maintain a set, close distance between each other when they are connected for certain parts of a journey, for instance on motorways.

The truck at the head of the platoon acts as the leader, with the vehicles behind reacting and adapting to changes in its movement – requiring little to no action from drivers. In the first instance, drivers will remain in control at all times, so they can also decide to leave the platoon and drive independently.

**WHAT ARE THE BENEFITS OF PLATOONING?**

Truck platooning holds great potential to make road transport safer, cleaner and more efficient in the future. That's why truck manufacturers are eager to bring these platoons to Europe's roads, and the first real-life tests are already underway.

**CLEAN**

- Truck platooning lowers fuel consumption and CO2 emissions. Given that trucks can drive closer together, the air-drag friction is reduced significantly.
- Platooning can reduce CO2 emissions by up to 16% from the trailing vehicles and by up to 8% from the lead vehicle (according to the recent ITS4CV study by Ericco).

**SAFE**

- Truck platooning helps to improve safety. Braking is automatic and immediate; the trucks following the lead vehicle only need one-fifth of the time a human would need to react.

**EFFICIENT**

- Platooning optimises transport by using roads more effectively, delivering goods faster and reducing traffic jams. The driving range of trucks can also be extended in certain situations.
- It allows drivers to undertake other tasks, such as administrative work or making calls.

**HOW DO WE GET THERE?**

Before platoons of trucks can become a common sight on Europe's roads, we need to:

- Further develop platooning technology and relevant standards.
- Upgrade our road infrastructure to allow for platooning.
- Develop a supportive regulatory framework with harmonised rules and exemption procedures.
- Perform joint research projects and show-case activities, for example to test cross-border platooning with multiple brands (a prerequisite for international transport).
- Gain more experience with platooning in real-traffic conditions, for example to find out how other road users react to platoons and what the optimal number of vehicles in a convoy is.
- Strengthen cooperation between all relevant stakeholders. This also includes operators of road infrastructure, logistics operators, insurance companies and policy makers.
- Get political support for promoting the wide-spread introduction of platooning, eg through incentives.

Fonte: [www.acea.be/uploads/publications/Platooning\\_roadmap.pdf](http://www.acea.be/uploads/publications/Platooning_roadmap.pdf)

### 8.2.2. A mobilidade urbana e o futuro do “automóvel familiar”

Os avanços nas tecnologias de informação atrás referidas vão, por sua vez, transformar indiretamente os sistemas atuais de mobilidade terrestre:

- À eventual difusão de veículos automóveis de passageiros e de carga autónomos na sua condução graças à combinação de sensores do ambiente externo, de interfaces de digitalização de dados analógicos, processadores de grande potência a bordo e de algoritmos de inteligência artificial.
- Uma utilização muito menos intensiva em capital de sistemas de mobilidade já existentes graças à possibilidade de uma resposta massificada, mas personalizada, em sistemas de oferta descentralizada de transporte público *on demand* utilizando plataformas digitais (ex: UBER).

Devemos notar que estes avanços estão a ser realizados, não só a partir da iniciativa dos construtores dos veículos automóveis, mas a partir de empresas que tiveram a sua origem nas tecnologias da informação ou nelas assentam o seu modelo de negócio. As empresas algoritmo como a Google estão entre elas.

Recorde-se que o setor automóvel a nível mundial – nomeadamente no que respeita aos veículos de passageiros para uso familiar – defronta atualmente quatro desafios que se acumulam e forçam os principais construtores a redefinir estratégias:

- a) Um primeiro desafio diz respeito à mudança completa na geografia do crescimento do mercado automóvel, que passou a centrar-se na Ásia, e nomeadamente na China onde os construtores norte-americanos, japoneses e europeus tiveram que estabelecer parcerias com empresas locais se quisessem aceder a um mercado com um grande potencial de crescimento. Os termos destas parcerias traduziram-se na maior parte dos casos numa exigente transferência de tecnologia para os associados chineses. Ao mesmo tempo que o governo chinês – a braços com níveis insuportáveis de poluição em grandes áreas metropolitanas – incentivou precocemente a generalização do automóvel elétrico funcionando a baterias e apoiou os fabricantes de baterias a estarem entre os líderes mundiais (ex: BYD).
- b) Um segundo desafio diz respeito às exigências colocadas pelos governos ocidentais às emissões de CO<sub>2</sub> de que o setor de transporte rodoviário é um dos principais causadores, no conjunto dos segmentos de automóvel particular, de veículos de transporte coletivo de passageiros e de transporte de carga. Estas exigências colocaram os construtores na obrigação de encarar a antecipação da entrada de veículos elétricos na sua oferta de novos modelos. As fraudes com o software de monitorização de emissões em motores diesel, ocorridos com construtores alemães, reforçou ainda mais esta exigência. O veículo elétrico surgiu até agora sob quatro formas distintas que exemplificamos na Figura seguinte, para destacar a fase de “produção de variedade” em que se encontra ainda esta inovação.

**Figura 31**

**Quatro caminhos para o veículo automóvel elétrico**

**Automóvel familiar elétrico, a baterias, sem estrutura alterada pela natureza da propulsão –**

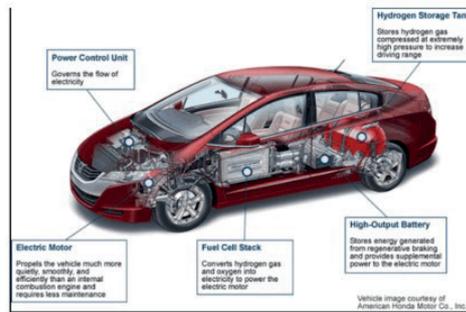


**Automóvel familiar elétrico, a baterias, com estrutura reformulada pela natureza do sistema de propulsão**



Automóvel familiar a pilhas de combustível

HONDA



VEICULO ELETRICO A BATERIAS PARA MOBILIDADE URBANA COMO SERVIÇO (OU COMO VEICULO PARTICULAR?)



CITROEN AMI

Fontes: várias.

c) Um terceiro desafio tem a sua origem na própria gestão das cidades, com as autoridades locais confrontadas com o cada vez mais frequente engarrafamento na circulação automóvel, quando uma grande parte dos automóveis que circulam são automóveis familiares que podem levar até quatro passageiros mas que circulam na maior parte dos casos com um único passageiro, multiplicando de forma evidente o consumo de espaço disponível na rede viária. Daí as várias iniciativas de partilha de automóvel (ex: *Drive Now*) ou de multiplicação de soluções com scooters, bicicletas ou trotinetes ou de novos tipos de plataformas móveis para oferecer modos suaves de transporte individual em espaço urbano.

d) Um quarto desafio teve a sua origem nas empresas tecnológicas de Silicon Valley e de Seattle nos EUA, que identificaram o automóvel sem condutor como um segmento de potencial crescimento e no qual podiam ensaiar avanços realizados na ciência dos algoritmos de apoio à decisão e na inteligência artificial. A Google, a Uber e a Amazon lançaram-se no desenvolvimento desse tipo de veículos, no que foram acompanhados por várias *start ups*, lançando uma competição acesa, que construtores como a General Motors ou a Ford não puderam ignorar forçando-os a desenvolver soluções próprias ou a aliar-se com alguma dessas *start ups*. De entre as Tecnológicas a Amazon seguiu um caminho distinto – o de procurar desenvolver uma plataforma de condução automática que pudesse ser vendida a qualquer construtor de automóvel, em vez de os desenvolvimentos proprietários por parte de construtores com marca própria. E fê-lo através da *start up* Aurora cuja abordagem incluímos em caixa.

8.2.3. Os veículos autónomos

Um veículo autónomo é antes de mais um robot móvel capaz de “perceber” o que o rodeia, atuando num ambiente em que outros veículos – tripulados ou também autónomos – se movem e agindo em conformidade, movimentando-se com uma dada orientação sabendo distinguir e desviar-se de diferentes tipos de obstáculos.

Nos EUA a vantagem de dispor de tecnologia para veículos autónomos (e também para drones autónomos), foi naturalmente percebida pela Defesa que procurou criar na economia um ecossistema favorável ao desenvolvimento rápido destas tecnologias – que naturalmente também iriam encontrar aplicações civis posteriormente (vd. Caixa).

## A DARPA/PENTÁGONO E O DESAFIO DO DESENVOLVIMENTO DE VEÍCULOS AUTÓNOMOS NOS EUA

### Figura 32

Veículos autónomos: da defesa para o mundo civil



DARPA ran its path breaking Grand Challenge with the goal of spurring on American ingenuity to accelerate the development of autonomous vehicle technologies that could be applied to military requirements. No team entry successfully completed the designated DARPA Grand Challenge route from Barstow, CA, to Primm, NV, on March 13, 2004. The event offered a \$1 million prize to the winner from among 15 finalists that emerged from a qualifying round at the California Speedway, but the prize went unclaimed as no vehicles were able to complete the difficult desert route. A year later, on October 8, 2005, another round of the Grand Challenge was held in the desert Southwest near the California/Nevada state line. The Stanford Racing Team won the \$2 million prize with the winning time of 6 hours, 53 minutes. A total of five teams completed the Grand Challenge course which was 132 miles over desert terrain. These challenges helped to create a mindset and research community that a decade later would render fleets of autonomous cars and other ground vehicles a near certainty for the first quarter of the 21st century.

Fonte: DARPA.

Quando atualmente é referida a autonomia dos veículos podem distinguir-se **cinco níveis** diferentes, com crescente complexidade, de acordo com os *standards* definidos pela Society of Automotive Engineers (SAE).

**Figura 33**

Níveis de autonomia dos veículos

NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5
<p><b>CONDUÇÃO ASSISTIDA</b></p> <p>O veículo continua a ser controlado pelo condutor</p> <p>Mas alguns elementos de condução assistida são já incluídos no próprio <i>design</i> do veículo</p>	<p><b>AUTOMAÇÃO PARCIAL</b></p> <p>O veículo dispõe já de funções automatizadas- envolvendo por exemplo aceleração e navegação- mas o condutor continua ser o responsável pela monitorização do ambiente e permanece envolvido na função de condução</p>	<p><b>AUTOMAÇÃO CONDICIONAL</b></p> <p>O condutor já não necessita de se preocupar com monitorização do ambiente</p> <p>Mas tem que manter a possibilidade de tomar o controlo do veículo – em qualquer circunstância , mas com “ aviso prévio”</p>	<p><b>AUTOMAÇÃO ELEVADA</b></p> <p>O veículo já é capaz de executar todas as funções de condução, em certas circunstâncias</p> <p>Mas o condutor deve poder tomar o controlo se necessário</p>	<p><b>AUTOMAÇÃO COMPLETA</b></p> <p>O veículo já é capaz de executar todas as funções de condução, em todas as circunstâncias</p> <p>Mas o condutor deve continuara ter a opção de tomar o controlo do veículo</p>

Fonte: Society of Automotive Engineers (SAE) – Automation Levels

**Principais componentes dos veículos autónomos**

Uma parte substancial dos componentes chave dos veículos autónomos dizem respeito à **Função Detecção/Visão** – mediante o recurso a vários tipos de sensores – Câmaras, Radar, Lidar, Ultra sónico – enquanto outros resultam da **Função Conetividade**, incluindo com outros veículos, através de comunicações wireless; outros ainda da **Função-Posicionamento/Navegação** – por exemplo através do GPS e estando no centro a **Função-Decisão**, recorrendo à Inteligência Artificial (AI) que permite decidir sem intervenção humana parâmetros da condução do veículo tendo em conta o ambiente que o rodeia, e sem o afastar do percurso pretendido. Sendo o computador central o local em que a AI se aplica.

**Figura 34**

Principais componentes na autonomia dos veículos

COMPONENTES	FUNÇÕES
Sensores LIDAR (Light Detection and Raging)	Permitem medir as distâncias iluminando uma dada área com luz de laser pulsado, medindo com sensores o reflexo pulsado por forma criar um mapa 3D da área focada
Sensores RADAR	Ondas radio que permitem a deteção em profundidades quer curtas, quer mais longas. São particularmente uteis para detetar objetos metálicos, como ainda o são os atuais veículos automóveis
Sensores ULTRASSÓNICOS	Utilizando a emissão de ondas sonoras de alta frequência e seu reflexo para calcular distâncias, sendo particularmente uteis na exploração da proximidade
Câmaras VIDEO	Permitem uma deteção em tempo real de um obstáculo para facilitar mudanças de faixa de rodagem e acompanham a sinalização nas estradas
GPS	Embora o GPS atual esteja limitada pela distância, estão em desenvolvimento soluções avançadas
Computador central	O "cérebro" do veículo, que recebe informação dos vários componentes e ajuda a conduzir o veículo
Recetor de Comunicação DRSC	Dispositivo que permite a um veículo comunicar com outros veículos (V2V) utilizando o standard de comunicações wireless DRSC que permite transmissão de dados em aplicações exigindo segurança ativa
Machine Learning	

Fonte: Basic Physical Ecosystem of an Autonomous Vehicle +

Fonte: SyntecOptics.co

**Veículos Autónomos e Mobilidade como serviço**

Atualmente, várias empresas do Cluster automóvel tradicional a nível mundial – construtoras e grandes fabricantes de componentes – e empresas tecnológicas como a Amazon têm vindo a centrar o seu investimento em I&D no desenvolvimento de soluções nos níveis 2 e 3 de autonomia, aplicáveis a uma multiplicidade de veículos e de marcas já existentes.

Por sua vez, as formas mais avançadas de Autonomia – Nível 4 e 5 – estão já nos objetivos de curto médio prazo de:

- Várias empresas tecnológicas, algumas delas formando posteriormente parcerias com construtores tradicionais.

- Construtores tradicionais que procuram ganhar competências próprias adquirindo *start ups* especializadas em software – nomeadamente Inteligência artificial – inovação nas tecnologias LIDAR (por exemplo, procurando uma solução *solid state* que permita reduzir substancialmente o custo desta componente atualmente onerosa).
- Empresas tecnológicas e Construtores automóveis (bem como alianças entre si) que têm concentrado investimento de I&D no segmento dos camiões autónomos (que já referimos anteriormente).

No entanto, deve referir-se que está longe de ser claro se os veículos autónomos no nível 4 e 5 começarão por **ocupar nichos funcionais** num segmento cada vez maior de **mobilidade como serviço** que se expandiria em paralelo com redução drástica dos automóveis particulares no tráfego das grandes cidades – robô táxis (ver Caixa), autocarros autónomos, soluções de partilha de veículos para certo tipo de deslocações etc. – ou se se vai assistir à sobrevivência do automóvel particular – agora com níveis 2 e 3 úteis para condução em estrada – como dominante mesmo nas grandes cidades.

**UM EXEMPLO DE PARCERIA NO INTERIOR DO CLUSTER AUTOMÓVEL TRADICIONAL PARA OBTER AUTONOMIA DOS VEICULOS A NIVEIS SUPERIORES**

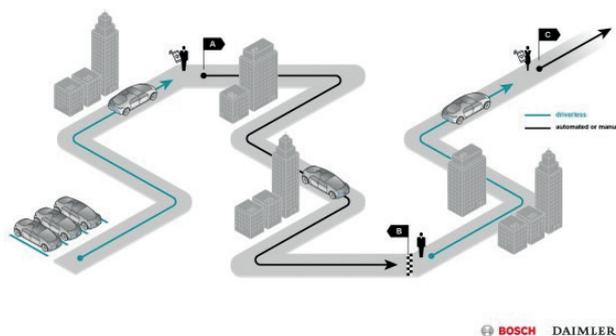
**Figura 35**

Uma parceria para a mobilidade autónoma e inteligente

Bosch and Daimler are joining forces to advance the development of fully automated and driverless driving. The two companies have entered into a development agreement to bring fully automated (SAE Level 4) and driverless (SAE Level 5) driving to urban roads by the beginning of the next decade. The objective is to develop software and algorithms for an autonomous driving system. The project combines the total vehicle expertise of the world's leading premium manufacturer with the system and hardware expertise of the world's biggest supplier. The ensuing synergies should ensure the earliest possible series introduction of the secure technology.



Future of urban mobility: Automated taxis as an individual transport option



Fonte: DAIMLER.

TOYOTA – VEÍCULOS AUTÓNOMOS – DA TERRA PARA A LUA

A Toyota participa no desenvolvimento de veículos autónomos na Terra (vd. a sua tomada de participação – em parceria com o também japonês Softbank Fund – na empresa UBER Advanced Technologies Group que está a desenvolver soluções para veículos automóveis autónomos.

E simultaneamente:

**Figura 36**

A Toyota e os veículos autónomos para a exploração da Lua



The six-wheeled rover will be powered by a **fuel cell** and be able to accommodate two people – or four in an emergency. Photograph: Toyota

Toyota is to build a self-driving lunar rover that will enable astronauts to travel on the surface of the moon without space suits, as Japan raises the stakes amid renewed international interest in lunar exploration.

The Japanese carmaker and the Japan Aerospace Exploration Agency (Jaxa) hope the vehicle will be included in a mission to the moon between 2029 and 2034, according to Kyodo news agency.

The six-wheeled rover, which is still in the conceptual stage, will be powered by a fuel cell and be able to accommodate two people – or four in an emergency – for several weeks at a time, Toyota said, adding it would have a cruising range of more than 6,200 miles (10,000km).

“As an engineer, there is no greater joy than being able to participate in such a lunar project by way of Toyota’s car-making,” said Toyota’s executive vice-president, Shigeki Terashi. “I am filled with excitement.”

The space agency’s president, Hiroshi Yamakawa, said: “Having Toyota join us in the challenge of international space exploration greatly strengthens our confidence. Manned rovers with pressurised cabins are an element that will play an important role in fully fledged exploration and use of the lunar surface.”

Japan is one of several countries investing heavily in making the 239,000-mile journey from Earth to the lunar surface.

China recently became the first nation to land an unmanned probe on the far side of the moon, and last month Israel began its maiden mission to the moon with the launch of the privately funded Beresheet spacecraft. India is expected to launch its own lunar rover later this year.

The US – which became the first country to put humans on the moon half a century ago – plans to **launch a mini-outpost into lunar orbit to act as a base for manned missions to the moon and, eventually, Mars.**

---

Fonte: McCurry, Justin "Japanese firm's vehicle would allow astronauts to travel on moon without space suits" The Guardian, Mar 2019.

## 9. O Vº SISTEMA TÉCNICO -ECONÓMICO E A ENERGIA – UMA FASE DE TRANSIÇÃO NO PARADIGMA ENERGÉTICO MUNDIAL

### 9.1. Introdução – uma visão de conjunto

Considerámos neste estudo que

- O petróleo e o gás natural continuarão no horizonte 2030 a fornecer a base de energia primária a nível mundial, mas com o claro reforço da importância do gás natural. e com uma mudança na forma de utilização dos hidrocarbonetos --reduzindo drasticamente a sua queima direta e evoluindo para a produção de combustíveis mais ricos em hidrogénio e de materiais ricos em carbono
- As energias renováveis-nomeadamente solar e eólica – passarão a exigir para a sua difusão a acoplagem de soluções de armazenamento de eletricidade para ultrapassar o impacto da sua intermitência na gestão das redes elétricas
- O hidrogénio desempenhará um papel fundamental neste Vº Sistema Técnico Económica com múltiplas aplicações, podendo ser obtido sob as formas de hidrogénio verde, hidrogénio turquesa e hidrogénio azul
- O nuclear de fissão, estará de regresso, mas com base numa nova geração de reatores que permitem ultrapassar várias das limitações das anteriores gerações – vários deles em experimentação nos EUA e no Reino Unido

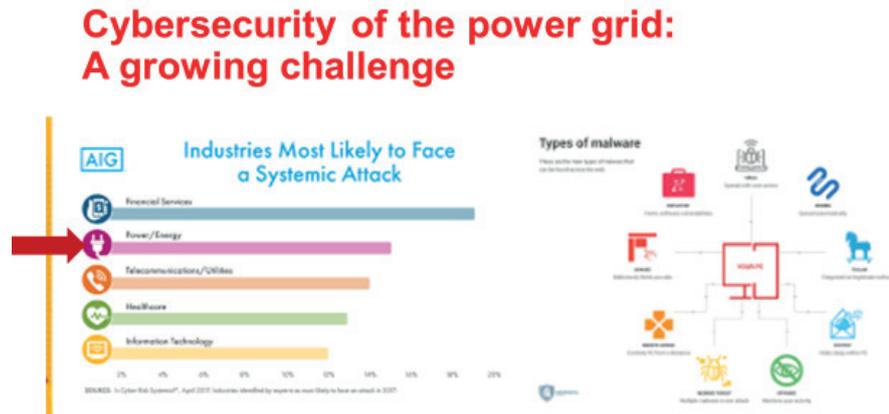
A organização das economias e das sociedades em torno do ciberespaço vai condicionar fortemente a direção da inovação tecnológica na energia. Com efeito:

- A centralidade do ciberespaço em economias terciarizadas exige uma qualidade da eletricidade muito superior à que era exigida aos sistemas elétricos (centrais de produção, redes de transporte e redes de distribuição unificadas a nível nacional) na fase industrial das economias desenvolvidas – como aconteceu nos IIIº e IVº Sistemas Técnico-Económicos.
- A vulnerabilidade extrema a ciberataques das grandes redes de eletricidade centralizadas, hoje ainda dominantes – está patente no lugar de topo que ocupam na lista dos setores económicos mais vulneráveis a esses ciberataques (vd. Figura 37).

AS REDES DE ELETRICIDADE E OS CIBERATAQUES

Figura 37

As redes de eletricidade e os ciberataques



**Cybersecurity of the power grid: A growing challenge**

February 24, 2017 2.06am GMT

**Authors**

**Manimaran Govindaraju**  
Professor of Electrical and Computer Engineering, Iowa State University

**Adam Hahn**  
Assistant Professor of Electrical Engineering and Computer Science, Washington State University

Called the “**largest interconnected machine**,” the U.S. electricity grid is a complex digital and physical system crucial to life and commerce in this country. Today, **it is made up** of more than 7,000 power plants, 55,000 substations, 160,000 miles of high-voltage transmission lines and millions of miles of low-voltage distribution lines. This web of generators, substations and power lines is organized into three major interconnections, operated by 66 **balancing authorities** and 3,000 different utilities. That’s a lot of power, and many possible vulnerabilities.

The grid has been vulnerable physically for decades. Today, we are just beginning to understand the seriousness of an emerging threat to the grid’s cybersecurity. As the grid has become more dependent on computers and data-sharing, it has become more responsive to changes in power demand and better at integrating new sources of energy. But its computerized control could be abused by attackers who get into the systems.

Fonte: The Conversation –Academic Rigour, Jomalistic Flair

**9.2. O Vº sistema técnico económico e a energia – quatro vetores de intervenção**

O Vº Sistema Técnico Económico tem que responder á exigência de redução das emissões de CO2, nos setores energéticos e simultaneamente terá de garantir a esses setores maior segurança face aos riscos provenientes do ciberespaço

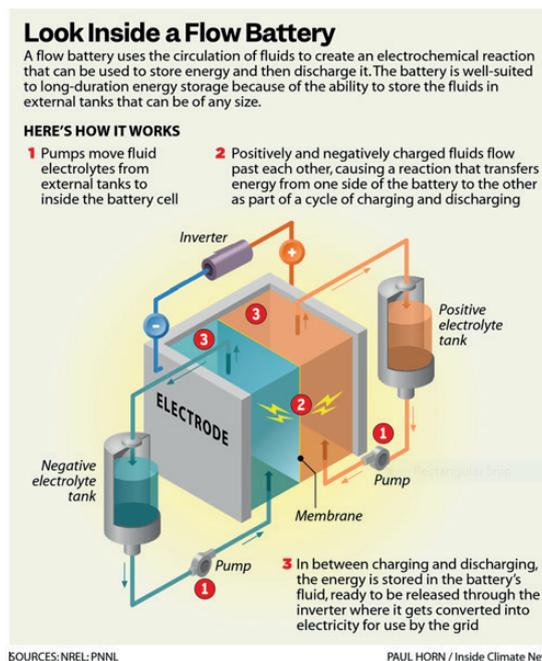
Desdobramos os seu possíveis contributos em quatro vetores

### 9.2.1 Energias renováveis com armazenagem de eletricidade

O desenvolvimento de baterias com capacidade para armazenar em larga escala eletricidade obtida a partir de fontes renováveis, alterando no futuro o acesso desta eletricidade às redes elétricas nacionais, que passaria a ser intermediada por estas instalações de armazenagem, utilizando por exemplo *flow batteries*

**Figura 38**

As flow batteries e a armazenagem da eletricidade com origem renovável



**Figura 39**

Uma exemplificação – as soluções de flow batteries da ESS, nos EUA



### 9.2.2. Nova geração de baterias para armazenamento de eletricidade para aplicações na mobilidade e na portabilidade

O **armazenamento de eletricidade** que permitisse o funcionamento de equipamentos de telecomunicação, de informática e de audiovisual com portabilidade e exigiu um avanço nas tecnologias energéticas centrado nas baterias – nomeadamente, com a difusão das **baterias de iões de lítio e lítio polímero** que também encontraram aplicação em engenharia biomédica.

Tem estado em curso uma tentativa de transpor a utilização dessa tecnologia de baterias para aplicações na mobilidade – dos veículos aos drones e aos futuros táxis aéreos

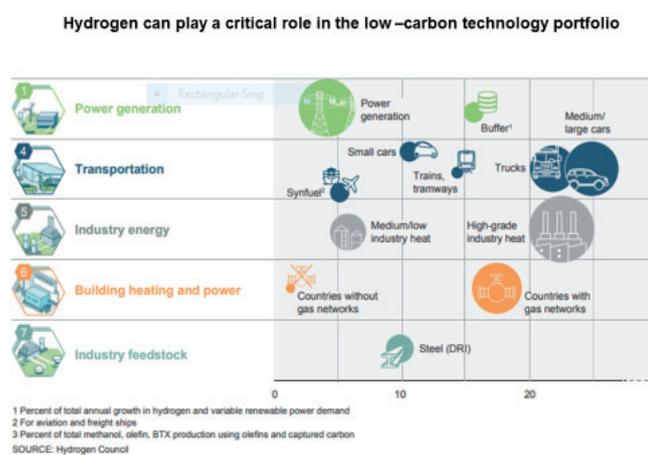
No Vº Sistema Técnico podem surgir melhorias incrementais nas baterias de iões litio, como por exemplo a introdução de inovações ao nível dos materiais

Mas o aspeto principal neste Vº Sistema Técnico Económico irá ser o desenvolvimento de uma nova geração de baterias -as baterias de estado sólido – e que podem surgir por exemplo da utilização do **grafeno** – material que terá múltiplas aplicações no percurso para um nova paradigma energético

**d)** A **expansão da utilização do hidrogénio** na fase de transição para um paradigma energético mais compatível com mitigação das alterações climáticas no longo prazo. As células de combustível em aplicações estacionárias ou móveis constituem uma tecnologia que se insere nesta expansão.

**Figura 40**

As múltiplas funções que o hidrogénio pode desempenhar na transição energética



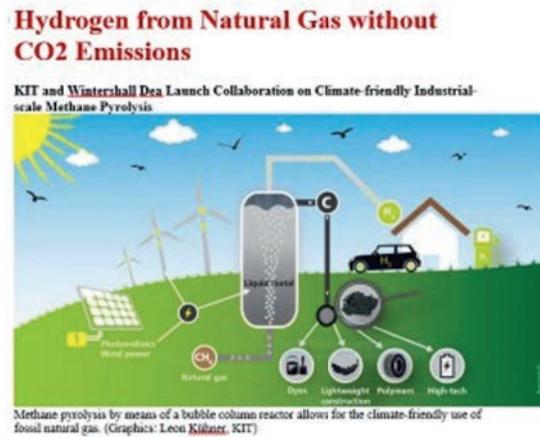
Fonte: Hydrogen Council

Mas a difusão na utilização do hidrogénio vai depender do modo como for obtido e do respetivo impacto futuro nas emissões de CO2 – Destacam-se 3 modos que poderão ser mais utilizados

- **O Hidrogénio “Verde”** obtido através da eletrólise da água – solução tecnológica com uma longa tradição, como se pode recordar da experiência portuguesa em que “primeiro hidrogénio” obtido para a produção dos adubos azotados foi por eletrólise da água realizada em instalações fabris da CUF em Alferrade utilizando a água excedentária da barragem de Castelo do Bode
- **O Hidrogénio “Turquesa”** cuja tecnologia está em desenvolvimento, centrada na utilização do gás natural e na sua decomposição alta temperatura em Hidrogénio e carbono em estado sólido, sem emissão de CO<sup>2</sup>. Esta solução ao produzir Hidrogénio e um base para fabrico de múltiplos materiais com base no carbono parece ser a solução mais típica deste Vº Sistema Técnico Económico
- **O Hidrogénio “Azul”**, obtido a partir de hidrocarbonetos com captura e armazenagem do CO2 obtido no processo de transformação.

**Figura 41**

A Alemanha e o Hidrogénio Turquesa



**Turquoise hydrogen** is produced by methane pyrolysis, a technology which is in its infancy but promising, according to some industry players, including Wintershall Dea (WINT.UL), which works on pyrolysis with gas grid firm VNG, majority owned by EnBW (EBKG.DE), and British firm Hiirc, based in Hull.



HYTE: pilot plant turquoise hydrogen at BASF in Ludwigshafen  
 BASF - O maior grupo químico da Alemanha e o desenvolvimento do Hidrogénio Turquesa

- The turquoise route to making hydrogen also seems to be an interesting route for BASF
- Via methane pyrolysis, hydrogen can be produced with carbon black and not CO2 as a residual product
- The first pilot is being built
- Partners in this field are ThyssenKrupp and Linde
- This route is being further developed in various places around the world
- The Dutch research institute TNO is also developing this turquoise route

JOSÉ FÉLIX RIBEIRO

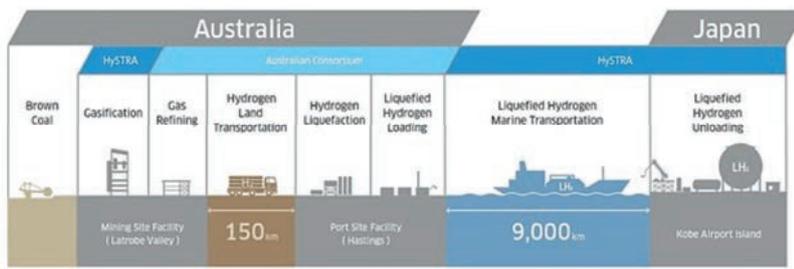
11

Sendo de referir que o **Japão** – que reorganizou o seu sistema energético em torno hidrogénio optou por combinar Hidrogénio Verde com hidrogénio Azul, como evidenciado na parceria que estabeleceu com a Austrália para obter hidrogénio a partir do carvão australiano, sendo o hidrogenio obtido posteriormente transportado por navio para o Japão

Figura 42

Austrália e Japão – Hidrogénio sem CO2 a partir do carvão

- The Hydrogen Energy Supply Chain (HESC) project in the Latrobe Valley and the Port of Hastings is a world first trial to demonstrate hydrogen production from brown coal and safe and efficient transport of liquefied hydrogen to Japan. Building on more than half a century of resource industry collaboration between Japan and Australia, it could lay the foundations for a new industry built around hydrogen exports, mobility and hydrogen power generation.



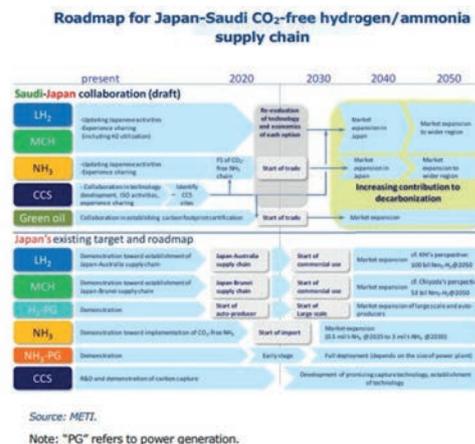
Satoshi Okazaki & Andrew Cornell "Hydrogen - the fuel of the future?" BlueNotes 19 Maio 2020

Refira-se outra parceria do Japão, neste caso com Arábia Saudita, em que o hidrogenio e o amoniaco vão ser obtido a partir do Petroleo, recorrendo á tecnologia desenvolvida no No Japão

Figura 43

Figura 43 – O Japão investindo no hidrogénio – parceria com a Arábia Saudita

O Japão integrou na sua Estratégia do Hidrogénio a criação de parcerias com outros Estados para ampliar a base de produção de hidrogénio **sem emissão de CO2** que pudesse ser utilizada , apos transporte marítimo, no Japão Para além da primeira experiência - em curso - de obtenção de hidrogénio a partir de carvão na Austrália o Japão tem outras parcerias de amplo espectro para o mesmo fim, como por exemplo com a Arábia Saudita para obtenção de hidrogénio e de amoniaco para exportação

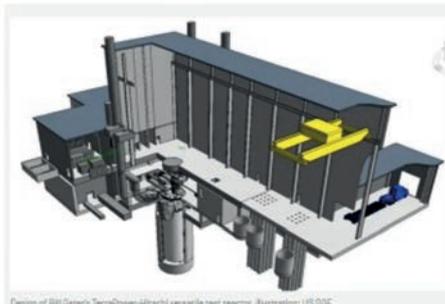


Fonte: NAGASHIMA , Monica "Japan´s Hydrogen Strategy and its Economic and Geopolitical Implications " IFRI 2018

e) Uma nova geração de reatores de fissão nuclear -Na sua IVª geração – que ilustramos com soluções em desenvolvimento nos EUA

Figuras 44

Nova geração de reatores de fissão nuclear

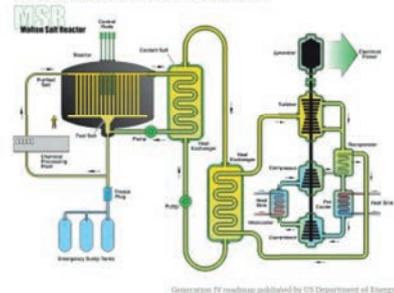


Traveling Wave Reactor

The basic idea is to combine the process of "burning" nuclear fuel, by fission reactions, with the process of breeding new fuel, in such a way that the newly generated fuel contributes in turn to maintaining the fission process. Since 2007, TerraPower in its own laboratories and through multiple partnerships, has carried out design work and experiments, setting the ambitious goal of building a scale demonstrator TWR by 2025, to be followed immediately by a commercial version that could be produced quickly in large numbers. In 2015, after four years of negotiations TerraPower signed an agreement with the China National Nuclear Corporation to build a prototype TWR power plant producing 600 MW of electric power. Intensive cooperation developed between Chinese and US nuclear engineers on the project. The demonstration plant was set to be completed in Fujian province by 2023. Its development has been suspended in the USA.

Molten salt reactor

Among the positive features of this reactor type (MSR) are its intrinsic safety features and its suitability for utilizing thorium as a fuel source. Thorium is vastly more common than uranium, and promises to greatly simplify the problem posed by so-called nuclear waste. Currently private firms, universities and government laboratories around the world are engaged in different aspects of MSR development. Private players include Bill Gates's TerraPower, Moltex Energy, Terrestrial Energy, Kairos Power LLC, ThorCon Power, Transatomic Power, Flibe Energy, ADNA Corporation, Seaborg Technology and Lightbridge. The clear leaders in the field of molten salt reactors are the United States—where the MSR was invented—and China. The MSR has been a significant area of technical cooperation between the two countries.

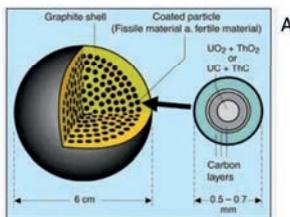


Pebble-bed high-temperature reactors

They get their name from the fact that the nuclear fuel is packed in tennis ball sized spheres ("pebbles"), rather than in the conventional fuel rods.

Each fuel ball consists of thousands of tiny fuel particles, each encapsulated in multiple layers of temperature-resistant ceramic material, embedded in a sphere of graphite.

The reactor is designed to operate at high temperatures, with a correspondingly higher efficiency of electricity generation and potential to generate process heat for industrial use. It uses helium—an inert gas—as a coolant, preventing unwanted chemical reactions and further enhancing the system's safety.



Small Modular reactors

The focus is on developing compact standardized reactor modules that can be factory-produced and transported to the plant site. The power plant would typically combine 2 or more units to reach the desired output. More could be added over time. "Mass production of reactor modules in centralized facilities would be much cheaper than construction at a site, and standard designs would streamline the licensing process. Also, the starting capital would be a fraction of what is required for a large plant, making this form of nuclear energy much more accessible."

The race is between both established nuclear supplier companies and a variety of newer ones. The SMR players include Westinghouse, GE Hitachi, NuScale, Advanced Reactor Concepts, L.L.C., and Chinergy. Whoever wants to win has to get their first SMR actually built somewhere. In this context China has an obvious advantage insofar as prototype SMRs have already been built there.



## 10. O Vº SISTEMA TÉCNICO-ECONÓMICO E A INSTRUMENTAÇÃO

### 10.1. Instrumentação – um setor em rápido crescimento e afirmação no Vº sistema técnico económico

Tal como se começara a verificar no IVº Sistema Técnico-Económico vão aprofundar-se, agora em diferentes direções, duas tendências no que respeita à Instrumentação: o seu papel no Sistema, e as suas fronteiras com a engenharia de produção, envolvendo:

- A transformação do setor produtor de instrumentação num dos setores de crescimento mais rápido e mais inovadores nas economias desenvolvidas, em estreita articulação com o desenvolvimento em tecnologias de informação, nomeadamente no hardware e software informático.
- O surgimento de tecnologias de produção que se situam na continuidade da instrumentação e permitem intervenção transformativa aos níveis atómico e molecular. Neste caso tanto na matéria viva como nos outros materiais.

A título exemplificativo referiremos **quatro categorias de instrumentação** em utilização que permitem desvendar desde o “mais pequeno” ao “muito grande” e que incluímos no Vº Sistema Técnico-Económico, como geradores de avanços tecnológicos, alguns dos quais, se se confirmar a sua viabilidade em aplicações, irão pertencer a um Sistema Técnico Económico posterior – microscópio de efeito de túnel

### 10.2. Do microscópio de efeito de túnel à nova fronteira das nanotecnologias

#### 10.2.1. O MICROSCÓPIO DE EFEITO DE TÚNEL

O microscópio de efeito túnel, ou STM (do inglês *Scanning Tunneling Microscope*), permite ver a estrutura de uma superfície com uma resolução cerca de cem vezes superior ao tamanho de um átomo. É possível conseguir ampliações da ordem dos 100 milhões de vezes: uma bola de andebol ficaria do tamanho do nosso planeta! O STM mostra-nos de maneira muito clara que a matéria é de facto composta por átomos. No caso dos sólidos, a sua distribuição espacial obedece a uma geometria bem definida.

O que é o efeito túnel? É um efeito puramente quântico, que não pode ser explicado pela Física Clássica. A Teoria Quântica foi criada para descrever fenómenos que acontecem à escala atómica, e que nos parecem incompreensíveis à luz da nossa experiência quotidiana. É por isso natural que muitos dos seus resultados nos pareçam, à primeira vista, igualmente incompreensíveis. Segundo o físico dinamarquês Niels Bohr (1885-1962), “se alguém não ficar chocado com a teoria quântica, é porque não a compreendeu”. No entanto, são dos resultados mais exatos da Física moderna.

### 10.2.2. Da instrumentação à engenharia – as nanotecnologias e seus campos de aplicação possível

As Nanotecnologias, ou seja, a ciência, engenharia e tecnologia conduzidas à nano escala – entre 1 e 100 nano metros – permite a manipulação de átomos individuais e moléculas. Por sua vez, a obtenção de materiais à nano escala permite aproveitar propriedades reforçadas ao nível da resistência, do peso, da reatividade química, do controlo do espectro de luz, etc.

São múltiplas as aplicações das nano tecnologias, desde a conceção e fabrico de materiais compósitos e híbridos, à obtenção de nano materiais (ex: nanotubos de carbono), materiais inteligentes, nano sensores, nano máquinas e aplicações biomédicas, entre outras.

No horizonte avançado dos desenvolvimentos da nanotecnologia encontra-se o *Atomically Precise Manufacturing* (APM), realizado em larga escala e com elevados rendimentos e que concretizam novos horizontes à produção de materiais que contribuam para o próprio desenvolvimento de soluções envolvendo outras tecnologias.

Figura 45

Nanotecnologia – aplicações e produtos



Fonte: US national Nanotechnology Initiative.

### APLICAÇÕES NANOTECNOLOGIA – EXEMPLOS PARA ALÉM DOS NANO MATERIAIS

**Nanosensors** – Sensors are one of the more immediate and useful applications of nanotechnology. They can be sensors that detect extremely small amounts (potentially single molecules) of a substance, or sensors actually constructed at or near the nanoscale. A number of commercialized technologies exist in the first category, which often exploit the extreme sensitivity of existing biological organisms or biomimetic instruments (e.g., electronic noses<sup>228</sup>). However, the second category, namely, sensor devices constructed at the nanoscale, will be particularly innovative. These sensors utilize nanostructures such as functionalized metallic nanoparticles, functionalized nanowires and nanotubes, macroscopic materials with nanoscale features or surface

treatments, and nanostructured mechanical systems, whose properties respond to the presence of extremely small amounts of particular substances.

**Nanoelectronics** – In keeping with Moore’s law, current semi-conductor devices have decreased in size to the point where their smallest length scales are already within the nanoscale (i.e., 22 nanometer lithography). However, current silicon architectures generally do not exploit the exotic properties that are possible at the nanoscale, where for example quantum mechanical effects can dominate. Development of nano electronic devices will not only extend Moore’s law, but provide truly new and transformational capabilities. Nano electronics research is developing a range of new tools and devices which exploit fundamental atomic and quantum mechanical properties of matter. These include nearly one dimensional lithographic methods, nanowires, quantum dots, molecular computing, spintronics, and nanophotonics. These technologies could allow computation and memory storage to occur using devices far smaller than current silicon technologies, and requiring far less power

**Nanomachines and Nanomanufacturing** – Perhaps the most ambitious goal of nanotechnology is to be able to create nanoscale devices, or nanomachines, generally be composed of a small number of atoms that perform useful tasks on other nanoscale structures. One class, synthetic nanomachines or molecular machines, are generally designed to mimic some macroscale machine-like operation, and so far nanotechnologists have constructed molecular propellers, molecular switches, molecular tweezers, and even molecular motors. Another class of nano machines is biologically motivated, which, for example, mimic biological structures within cells that perform physical operations, such as flagella. Significant progress has been made in this latter area; for example, scientists recently created artificial proteins, or Nanorobots, or nanobots, are more complex nano machines which could potentially carry instructions to perform more complicated tasks at the nanoscale, and could include sensor and communication capabilities, bionic proteins”.

---

Fonte: “Nanotechnology – Big Things from a Tiny World”, US National Nanotechnology Initiative.

### 10.3. Dos sequenciadores de DNA à engenharia genética

Os sequenciadores de DNA são instrumentos científicos utilizados para automatizar o processo de sequenciação do DNA recorrendo a um método computacional sofisticado. A sequenciação de ADN começa por integrar uma série de métodos bioquímicos que têm como finalidade determinar a ordem das bases nitrogenadas: adenina (A), guanina (G), citosina (C) e timina (T) da sequência e DNA em estudo. Por sua vez, a montagem do genoma é feita através da união de um grande número de sequências de DNA que são interligadas para criar uma representação do cromossoma original do DNA em estudo.

Assim, num projeto de sequenciação *shotgun*, todo o DNA do ser vivo analisado qualquer que seja (desde uma bactéria a um mamífero) é inicialmente particionado em milhões de pequenos pedaços. Estes pedaços são então “lidos” pelos sequenciadores automáticos, capazes de ler até 1000 nucleótidos ou bases de uma só vez. Um algoritmo de montagem de genoma é então utilizado para reunir todas as partes e colocá-las na ordem original, detetando todos os locais onde existe coincidências entre pedaços distintos de DNA. As partes coincidentes podem ser fundidas, unindo dois pedaços de DNA. O processo é repetido até montar a sequência completa. A sequenciação é um processo computacional muito exigente pois vários genomas possuem um grande número de sequências idênticas, às vezes com milhares de nucleótidos, algumas ocorrendo em milhares de locais diferentes.

Os sequenciadores podem também ser definidos como instrumento óticos já que analisam sinais de luz originados em *fluor cromes* ligados aos nucleótidos.

Os sequenciadores automáticos surgiram na sua 1ª geração em 1987 e com o Projeto do Genoma Humano experimentaram grandes avanços – nomeadamente em termos de high throughput e de precisão, estando atualmente na 3ª geração.

**EXEMPLO DE DOIS TIPOS DE SEQUENCIADORES JÁ UTILIZADOS NA PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS DE CARACTERIZAÇÃO GENÉTICA INDIVIDUAL**

Genetic data has gone the way of fast food: It’s cheap, speedy, and widely available. And that’s a good thing, because the sequence of bases—the As, Cs, Gs, and Ts that comprise DNA—contains a lot of information. Doctors can use that sequence to track changes in cancer cells as they mutate, researchers can use it to discover new disease-associated genes, and nonscientists can use it to divine their medical destiny. Next-gen sequencing machines make all that possible—and they use a couple of different technologies to get it right.

**Two examples**

**Figura 46**

Exemplos de sequenciadores



**Illumina HiSeq X**

Bases Sequenced Per Dollar: 3,750,000

Illumina’s machines can resolve a person’s full genome for under \$1,000—an appealing combination for researchers who are combing our DNA for genes associated with various traits. The company is also the go-to choice of personal-genome companies like Gentle. The HiSeq X works by unzipping DNA helices and rebuilding one side with fluorescent-tagged bases that a special camera can see and count. It takes about three days to run a sequence. Not the fastest approach, but it’s accurate—just one error per 1,000 bases.

**Thermo Fisher Ion Proton**

Bases Sequenced Per Dollar: 75,000

Doctors and genetic counselors looking for specific information—about a particular disease-causing mutation, say—don’t always need the entire genome. The exome, which is the 1 percent of the genome that encodes proteins, is enough. The Proton works with pH instead of light: When two complementary bases stick together, they throw off hydrogen ions, which register as a tiny increase in acidity. It’s less accurate, with one error every 500 bases, but an exome takes less than a day and costs just \$400. A panel of specific genes is even faster.”

Fonte: Site Empresas

Os sequenciadores foram fundamentais para o avanço da engenharia genética que desempenha um papel crucial neste Sistema, permitindo aos investigadores:

- Identificar o gene que é responsável pela produção da proteína pretendida.
- Cortar sequência de DNA que contem esse gene, a partir de uma amostra de DNA.
- Colocar o gene num vetor que pode ser um plasmídeo ou um bacteriófago.
- Utilizar o vetor para colocar o gene no DNA das células hospedeiras (por exemplo de E coli) ou células mamárias desenvolvidas em cultura.
- Induzir estas células a ativar o gene e produzir a proteína pretendida.
- Extrair e purificar proteína para utilização em fins terapêuticos.

Outra instrumentação utilizada em biotecnologia para a saúde inclui:

- Eletroforese (gel e capilar); Cromatografia, nomeadamente as mais recentes Cromatografia Líquida de alta performance e Cromatografia Líquido – Gás; Espectroscopia de massa, atómica e molecular; immuno assays (de quatro tipos – enzimático, radio, fluorescência e quimiluminescência), micro arrays (para DNA, proteínas, células e tecidos) e, com cada vez mais pertinência, as tecnologias de Imagiologia.

Vária desta Instrumentação foi desenvolvida no IVº Sistema Técnico-Económico, mas novas gerações desses instrumentos, ou cruzamento entre eles, ocorreram depois de 2000.

## THE HUMAN GENOME PROJECT (HGP) – PROMOVENDO A INOVAÇÃO NA INSTRUMENTAÇÃO

### YESTERDAY

Just a half-century ago, very little was known about the genetic factors that contribute to human disease. In 1953, James Watson and Francis Crick described the double helix structure of deoxyribonucleic acid (DNA), the chemical compound that contains the genetic instructions for building, running, and maintaining living organisms.

In 1990, the National Institutes of Health (NIH) and the Department of Energy joined with international partners in a quest to sequence all 3 billion letters, or base pairs, in the human genome, which is the complete set of DNA in the human body. This concerted, public effort was the Human Genome Project.

The Human Genome Project's goal was to provide researchers with powerful tools to understand the genetic factors in human disease. All data generated by the Human Genome Project were made freely and rapidly available on the Internet.

The Human Genome Project spurred a revolution in biotechnology innovation around the world and played a key role in making the U.S. the global leader in the new biotechnology sector.

In April 2003, researchers successfully completed the Human Genome Project, under budget and more than two years ahead of schedule.

**TODAY**

The Human Genome Project has already fueled the discovery of more than 1,800 disease genes. As a result of the Human Genome Project, today’s researchers can find a gene suspected of causing an inherited disease in a matter of days, rather than the years it took before the genome sequence was in hand. There are now more than 2,000 genetic tests for human conditions. These tests enable patients to learn their genetic risks for disease and also help healthcare professionals to diagnose disease.

Having the complete sequence of the human genome is similar to having all the pages of a manual needed to make the human body. The challenge now is to determine how to read the contents of these pages and understand how all of these many, complex parts work together in human health and disease.

With the drastic decline in the cost of sequencing whole exomes or genomes, groundbreaking comparative genomic studies are now identifying the causes of rare diseases.

Much work still remains to be done. Despite many important genetic discoveries, the genetics of complex diseases such as heart disease are still far from clear.

Fonte: NIH Medline Plus, National Institutes of Health.

**Figura 47**

**Human Genome Project e o avanço tecnológico nos sequenciadores**

Achieving the goals of the HGP would have been impossible without major advances in technology. Over the course of the 13 years since the project began, the cost of sequencing has dropped from \$10 per nucleotide base (A, T, C, or G) to less than nine cents. Thanks to the development of new, low-cost, rapid processing, DNA sequencing machines, which determine the specific order of nucleotide bases in the genome, what would have taken months to sequence now takes seconds. It was also necessary to develop major advances in laboratory tools, complex databases and analytical software, and take advantage of vast improvements in computer processing speeds. Today, there are a large number of resources that search, compare and analyze the human genome, available to the public at no cost. (You can access the human genome from any computer by going to [www.genome.gov](http://www.genome.gov), clicking on The Human Genome Project and going to the Genome Hub.)



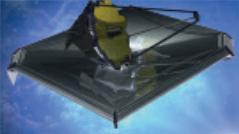
Fonte : The Human Genome

### 10.4. Dos novos telescópios à dark matter e à dark energy

Na sequência do Telescópio Espacial Hubble – que referimos no Sistema anterior e que representou um grande avanço na instrumentação para astronomia e astrofísica – estão atualmente em construção um conjunto de oito novos grandes telescópios, vários dos quais têm, de entre os seus objetivos, ajudar a compreender o que são a Dark Matter e a Dark Energy que explicaria a acelerada expansão do Universo. Exemplificaremos com Telescópios no Espaço e em localizações terrestres (no Chile e no Hawaii).

**Figura 48**

Exemplos de grandes telescópios em construção

 <p><b>James Webb Space Telescope</b></p>	<p>NASA's James Webb Space Telescope has big shoes to fill. Designed to succeed Hubble and the Spitzer Space Telescope, it has generated high expectations — and expenses — during nearly 20 years of planning. As with Hubble and Spitzer, JWST's main strength comes from being in space. But it's also three times the size of Hubble, letting it carry a 6.5-meter primary mirror that unfolds to reach full size. That should help it top even Hubble's images, providing longer wavelength coverage and higher sensitivity. "The longer wavelengths enable the Webb telescope to look much closer to the beginning of time and to hunt for the unobserved formation of the first galaxies," NASA explains, "as well as to look inside dust clouds where stars and planetary systems are forming today."</p>
 <p><b>Thirty Meter Telescope (Hawaii)</b></p>	<p>The TMT project has been in the works since the 1990s, envisioned as a "powerful complement to the James Webb Space Telescope in tracing the evolution of galaxies and the formation of stars and planets." It would join 12 other giant telescopes already perched atop Mauna Kea, the tallest mountain on Earth in Hawaii. Its mirror would be triple the diameter of any telescope in use today, letting scientists see light from farther and fainter objects than ever before. Beyond studying the birth of planets, stars and galaxies, it would also serve other purposes like shedding light on dark matter and dark energy, revealing connections between galaxies and black holes, discovering exoplanets, and searching for alien life.</p>
 <p><b>Large Synoptic Survey Telescope (Chile)</b></p>	<p>The Large Synoptic Survey Telescope will measure just 8.4 meters in diameter but what it lacks in size it makes up for with scope and speed. As a survey telescope, it's designed to scan the entire night sky rather than focus on individual targets — only it will do so every few nights, using <a href="#">Earth's largest digital camera</a> to record colorful, time-lapse movies of the sky in action. That 3.2 billion-pixel camera, about the size of a small car, will also be able to capture an extremely wide field of view, taking images that cover 49 times the area of Earth's moon in a single exposure. "The LSST will provide unprecedented three-dimensional maps of the mass distribution in the universe," —that could shed light on the mysterious dark energy that drives the universe's accelerating expansion. It will also produce a full census of our own solar system, including potentially hazardous asteroids as small as 100 meters.</p>
 <p><b>The Great Magellan Telescope (Chile)</b></p>	<p>The Giant Magellan Telescope (GMT), unique design features include seven of today's largest stiff monolith mirrors," that will reflect light onto seven smaller, flexible secondary mirrors, then back to a central primary mirror and finally to advanced imaging cameras, where the light can be analyzed. "Under each secondary mirror surface, there are hundreds of actuators that will constantly adjust the mirrors to counteract atmospheric turbulence," "These actuators, controlled by advanced computers, will transform twinkling stars into clear, steady points of light. It is in this way that the GMT will offer images that are 10 times sharper than the Hubble Space Telescope." Scientists will use it to search for alien life on exoplanets, to study how the first galaxies formed, why there's so much dark matter and dark energy, and what the universe will be like a few trillion years from now. Its target for opening, or "first light," is 2023.</p>

Fonte: sites dos respetivos projetos.

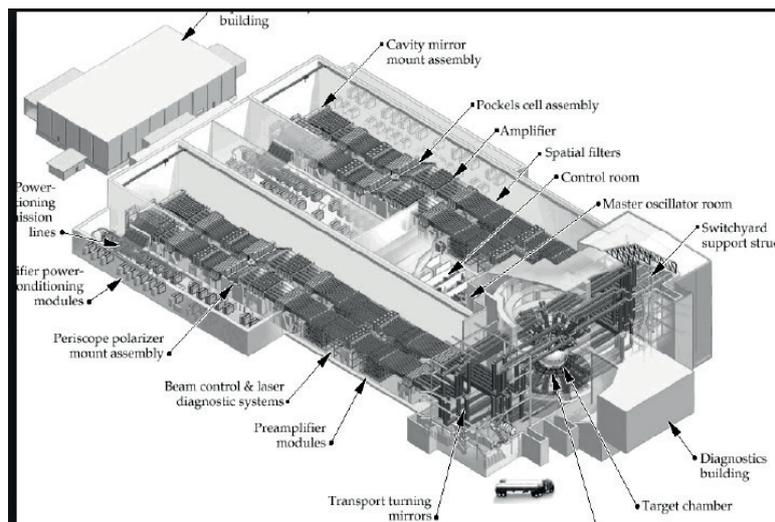
## 10.5. Dos plasmas e dos lasers a novas formas radicais de transformação energética

A **National Ignition Facility** é uma infraestrutura científica localizada no *campus* do Lawrence Livermore National Laboratory, na Califórnia, cuja construção foi decidida em 1999 e concluída em 2019, conta com 192 lasers, entre os quais o maior, mais energético e mais preciso laser existente no mundo bem como o maior instrumento ótico. Os seus lasers são utilizados:

- Para criar condições não muito longe das que caracterizam os centros de estrelas e de planetas gigantes, contribuindo para a compreensão dessas áreas do Universo.
- Para intervir em experiências destinadas a tornar mais próxima a realidade da fusão nuclear como fonte de energia abundante e sem impacto na emissão de CO<sub>2</sub> utilizando a abordagem referenciada como *Inertial Confinement Fusion*.

**Figura 49**

USA – National Ignition Facility



Fonte:NIF

Na Caixa seguinte ilustram-se avanços realizados no NIF relativamente a estes Objetivos.

### NATIONAL IGNITION FACILITY – EXEMPLOS DE REALIZAÇÕES EM 2018

#### No centro dos planetas – Hidrogénio metálico

Liquid metallic hydrogen does not occur naturally on Earth, except possibly at the core, but scientists believe the interiors of Jupiter and Saturn are awash in hydrogen in that state. With gentle pulses from gigantic lasers, scientists at Lawrence Livermore National Laboratory in California transformed hydrogen into droplets of shiny liquid metal. Their research, reported on Thursday in the journal *Science*, could improve understanding of giant gas planets like Jupiter and Saturn whose interiors are believed to be awash with liquid metallic hydrogen. The findings could also help settle some fractious debates over the physics of the lightest and most abundant element in the universe.

- *At the temperatures and pressures found at the surface of Earth, hydrogen atoms pair up in molecules and bounce around as a colorless gas.*
- *At ultracold temperatures, below - 423 degrees Fahrenheit, hydrogen condenses into a liquid. It also turns into a liquid at higher temperatures when squeezed under immense pressure. The molecules remain intact, and this state of liquid hydrogen is an insulator — a poor conductor of electricity.*
- *Under even higher pressures, the molecules break apart into individual atoms, and the electrons in the atoms are then able to flow freely and readily conduct electricity — the definition of a metal.*

Fonte: “Settling Arguments About Hydrogen with 168 Giant Lasers”, New York Times August 16, 2018

### Uma nova poderosa fonte de prótons

An international team of researchers used the National Ignition Facility’s petawatt-class Advanced Radiographic Capability to begin developing a powerful new source of protons to study the extreme conditions deep inside the planets and the stars, enhance targeted tumor therapy and advance the frontiers of high energy density science.

Fonte: PhYs.Org, April 13, 2018

### Fusão por confinamento Inercial – “Giant lasers pass new milestone towards fusion energy”

“Physicists working at the **National Ignition Facility** (NIF) in the US say they have passed another important milestone in their quest for nuclear fusion energy. They have shown that the fusion energy generated by the laser implosion of a deuterium-tritium fuel capsule is twice that of the kinetic energy of the implosion. By further trebling the fusion energy, they say they will be close to the long-sought goal of an overall net energy gain.

The \$3.5bn NIF trains 192 pulsed laser beams on to the inner surface of a centimetre-long hollow metal cylinder known as a hohlraum. Inside is a fuel capsule, which is a roughly 2 mm-diameter hollow sphere containing a thin deuterium-tritium layer. Each pulse lasts just a few nanoseconds and the lasers can deliver about 1.8 MJ of energy. This powerful blast causes the capsule to implode rapidly, creating immense temperatures and pressures inside a central “hot spot”, where fusion reactions occur.

After experiments done in 2009-2012 fell well short of ignition, researchers at NIF made significant changes to their strategy. They changed the shape of the laser pulses to create much more stable implosions. In 2014, these “high-foot” pulses each yielded up to 17 kJ of fusion energy (and later 26 kJ) – exceeding the roughly 10 kJ created in earlier experiments.

Now, the team has modified the “high-foot” pulses and changed the composition of the outer layer of the capsules from plastic to carbon. The new material is three times as dense as the plastic, which means that laser pulses with a third of the duration can impart the same kinetic energy to implosions. Less helium gas is needed inside the hohlraum to prevent its walls from blowing in prematurely, which in turn makes for more stable implosions. And that means that more laser energy is ultimately converted into the kinetic energy of capsules’ collapse.

Although the latest energy output is less than a thirtieth of that needed for ignition, he points out that self-heating makes the fusion process highly nonlinear. What is crucial, he says, is generating a “burning plasma”, in

which alpha particles dump more energy in the hot spot than is lost through radiation and electron conduction. Reaching this point, he estimates, will require a fusion energy of around 150 KJ . “We are much closer to that threshold than we were before,” he says The team is now using capsules and hohlraums with diameters about 10% larger than before. The larger capsules absorb more energy, which should make them collapse more quickly and generate more fusion reactions. Having carried out eight laser shots since January, he says he preliminary results look promising .The team believes a burning plasma could be achieved within two years if the group can solve additional engineering problems..”

---

Fonte: Physics World, Junho 15, 2018

## 11. O Vº SISTEMA TÉCNICO-ECONÓMICO E OS MATERIAIS

Recorde-se que a base de materiais do IVº Sistema Técnico-Económico apresentava duas características: uma composição dessa base com poucos materiais e com materiais claramente separados no que respeita à sua utilização – ou para fins estruturais (alumínio, titânio, ligas metálicas e numa escala ainda reduzida materiais cerâmicos especiais) ou para fins funcionais (em que o silício era dominante nas aplicações em semicondutores ou no fabrico de fibras óticas).

Mas também foi nesse sistema que surgiram novos modos de diversificar as aplicações dos materiais – no caso dos materiais funcionais graças às tecnologias que permitiam por exemplo “dopar” o silício semicondutor ou combiná-lo com outros materiais em dispositivos eletrónicos ou opto eletrónicos. E, no caso dos materiais estruturais, graças ao desenvolvimento de materiais compósitos de diferentes matrizes (cerâmicas, metálicas, poliméricas) para distintas aplicações.

O Vº Sistema Técnico-Económico vem trazer três inovações principais, naturalmente beneficiando de avanços nas microengenharias que iniciaram o seu desenvolvimento do IVº Sistema:

### 11.1. A utilização das nanotecnologias

A utilização das nanotecnologias permite uma significativa ampliação da oferta de materiais com propriedades específicas definidas. Uma vez que se compreenda a relação entre estrutura e propriedades (tal como nas ciências da vida acontece entre proteínas e suas funções). Com efeito, as nanotecnologias permitem “confecionar” a estrutura dos materiais a escalas extremamente pequenas para que apresentem propriedades desejadas. É assim possível obter materiais por exemplo mais leves, mais resistentes, mais duradouros, mais reativos, ou melhor condutores de eletricidade. E tecnologias, que haviam sido desenvolvidas para a microeletrónica, passam a ser utilizadas noutras aplicações. Sendo de referir ainda os meta materiais, ou seja, materiais convencionais com padrões precisos “gravados” à nano escala que permitem aplicações em que até então esse materiais não entravam.

#### AS NANOTECNOLOGIAS E A INOVAÇÃO NAS TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO

Nanotechnology has greatly contributed to major advances in computing and electronics, leading to faster, smaller, and more portable systems that can manage and store larger and larger amounts of information.

These continuously evolving applications include:

- Transistors, the basic switches that enable all modern computing, have gotten smaller and smaller through nanotechnology. At the turn of the century, a typical transistor was 130 to 250 nanometers in size. In 2014, Intel created a 14 nanometer transistor, then IBM created the first seven nanometer transistor in 2015, and then Lawrence Berkeley National Lab demonstrated a one nanometer transistor in 2016! Smaller, faster, and better transistors may mean that soon your computer’s entire memory may be stored on a single tiny chip.

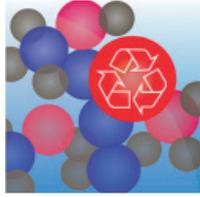
- Using magnetic random access memory (MRAM), computers will be able to “boot” almost instantly. MRAM is enabled by nanometer-scale magnetic tunnel junctions and can quickly and effectively save data during a system shutdown or enable resume/play features.
- Ultra-high definition displays and televisions are now being sold that use quantum dots to produce more vibrant colors while being more energy efficient.
- Flexible, bendable, rollable and stretchable electronics are reaching into various sectors and are being integrated into a variety of products, including wearables, medical applications, aerospace applications, and the Internet of Things. Flexible electronics have been developed using, for example, semiconductor nano membranes for applications in smartphone and e-reader displays. Other nanomaterials like graphene and cellulosic nanomaterials are being used for various types of flexible electronics to enable wearable and “tattoo” sensors, photovoltaics that can be sewn onto clothing, and electronic paper that can be rolled up. Making flat, flexible, lightweight, non-brittle, highly efficient electronics opens the door to countless smart products.
- Other computing and electronic products include Flash memory chips for smart phones and thumb drives; ultra-responsive hearing aids; antimicrobial/antibacterial coatings on keyboards and cell phone casings; conductive inks for printed electronics for RFID/smart cards/smart packaging; and flexible displays for e-book readers.
- Nanoparticle copper suspensions have been developed as a safer, cheaper, and more reliable alternative to lead-based solder and other hazardous materials commonly used to fuse electronics in the assembly process.

## 11.2. O papel central dos materiais derivados do carbono

Os materiais derivados do carbono têm papel central no Vº Sistema Técnico Económico, quer em termos de materiais estruturais, quer de materiais funcionais, incluindo fibras de carbono, nanotubos de carbono e grafeno. Com efeito, em termos de composição química, como elemento, o carbono pode ser carvão, grafite, fibra de carbono, diamante, nanotubos de carbono ou grafeno, consoante a forma como os átomos que o constituem se organizarem. A importância dos materiais de base em carbono neste Vº Sistema Técnico-Económico resulta também de uma reorientação na utilização dos hidrocarbonetos que caracteriza este Sistema – uma maior utilização dos hidrocarbonetos na produção de materiais estruturais e funcionais com base no carbono, em vez da queima dos hidrocarbonetos, deixando a queima apenas para compostos mais ricos em hidrogénio.

Figura 50

Materials derivados do carbono



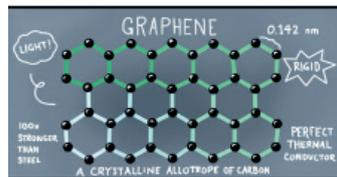
## Nanostructured Carbon Composites

New techniques to nanostructure carbon fibres for novel composites are showing the potential in vehicle manufacture to reduce the weight of cars by 10% or more. Lighter cars need less fuel to operate, increasing the **EFFICIENCY** of moving people and goods and reducing greenhouse gas emissions.

- ❑ However, efficiency is only one concern – another of equal importance is improving passenger **SAFETY**. To increase the strength and toughness of new composites, the interface between carbon fibres and the surrounding polymer matrix is engineered at the nanoscale to improve anchoring – using carbon nanotubes, for example. In the event of an accident, these surfaces are designed to absorb impact without tearing, distributing the force and protecting passengers inside the vehicle.
- ❑ A third challenge, which may now be closer to a solution, is that of **RECYCLING CARBON FIBRE COMPOSITES** – something which has held back the widespread deployment of the technology. New techniques involve engineering cleavable “release points” into the material at the interface between the polymer and the fibre so that the bonds can be broken in a controlled fashion and the components that make up the composite can be recovered separately and reused.
- ❑ Taken together, these three elements could have a major impact by bringing forward the potential for manufacturing lightweight, super-safe and recyclable composite vehicles to a mass scale.

Fonte: World Economic Forum “Top 10 Emerging Technologies 2014”

## GRAPHENE



**Graphene properties**  
The vast amount of products, processes and industries which graphene could create a significant impact all stems from its amazing properties.

No other material has the breadth of **superlatives** that graphene boasts making it ideal for countless applications.

- It is 200 times stronger than steel, yet incredibly lightweight and flexible.
- It is electrically and thermally conductive but also transparent.
- It is the world's first 2D material and is one million times smaller than the diameter of a single human hair.

Fonte: Graphene Flagship

Graphene is the thinnest compound known to man at one atom thick (a million times thinner than a human hair), the strongest compound discovered (between 100-300 times stronger than steel), the lightest material known (with one square meter coming in at around 0,77 milligrams) and flexible.

It is also impermeable to molecules, and is extremely electrically and thermally conductive – graphene enables electrons to flow much faster than silicon. It is also a transparent conductor, combining electrical and optical functionalities in an exceptional way.

Graphene can be thought of as a giant molecule that is available for chemical modification, with potential for a wide variety of applications, ranging from electronics to composite materials. It is also relatively cheap to produce in comparison with other materials.

## GRAPHENE

### Graphene applications

Graphene is a disruptive technology; one that could open up new markets and even replace existing technologies or materials. It is when graphene is used both as an improvement to an existing material and in a transformational capacity that its true potential could be realised.



COMO OBTER GRAFENO A CUSTO MAIS BAIXO – UMA TECNOLOGIA A PARTIR DO GAS NATURAL

**Levidian Graphene – Why our Graphene is different**

*The Levidian Process delivers Graphene which is of the highest quality and consistency. Our unique process means no batch-to-batch variation, very small number of layers and a positive environmental impact.*

Graphene has traditionally been made from graphite, a naturally occurring mineral. However, graphite must be mined and then shipped, or flown, to the manufacturer’s location, which brings inherent costs and has vast ecological consequences. In addition, the process of exfoliation to create graphene from graphite tends to yield inconsistent results leading to variations between batches and to results which do not deliver the impact expected.

**At Levidian, we use plasma chemistry.** The Levidian Process uses methane as it’s key input. This methane is cracked which separates the carbon atoms. These carbon atoms then join together to build graphene from the bottom up. This leads to high quality, very thin graphene sheets. It also means we are able to tailor the graphene thickness and specifications by making small changes to the process. This means Levidian graphene is consistently high quality and consistently out performs expectations when applied to different materials.

Levidian Graphene is also carbon negative. By taking methane (the most harmful greenhouse gas) which would otherwise be in the atmosphere and running it through The Levidian Process, the carbon is locked into Graphene, therefore removing its harmful impact from the atmosphere. The result is better than net zero.

Fonte: site da Levidian

**Figura 51**

○ grafeno na mudança do paradigma energético mundial



Fonte: Sidney Buttler “What Is a Graphene Battery, and How Will It Transform Tech?”Flipborad.com

- c) Uma muito maior importância no Vº Sistema Técnico-Económico de três tipos de materiais funcionais:
- os materiais funcionais para a eletroquímica, nomeadamente para as células de combustível e novas soluções de baterias.
  - os materiais para fotónica – não só pela importância crucial das comunicações integralmente fotónicas, como na utilização de silício fotónico nos processadores a utilizar em novas arquiteturas de computação, quer ainda pelo papel muito mais relevante em aplicações militares e civis dos lasers.
  - os materiais com estruturas heterodoxas vão ocupar um papel mais relevante na eletrónica e na fotónica.

Refira-se que os materiais supracondutores, por sua vez vão ganhar ainda maior importância pela sua utilização como magnetos em reatores de fusão nuclear e na propulsão espacial por motores de plasma.

## 12. O Vº SISTEMA TÉCNICO-ECONÓMICO E AS TECNOLOGIAS DA SAÚDE

### 12.1. As biotecnologias: revolucionando o diagnóstico e a terapêutica

Este Sistema Técnico-Económico intervém de forma distinta na área da Saúde a vários níveis, que resultam quer de novos avanços na compreensão das doenças com base na biologia molecular – tal como já começara a acontecer no sistema anterior –, quer da utilização de biotecnologias, em vez de avanços na química fina, em que assentou a produção de fármacos nesse anterior Sistema. Na sua concretização foram fundamentais:

- os avanços na genómica e na proteómica – ou seja, na compreensão das funções dos diversos genes e das proteínas que produzem.
- os avanços na compreensão do papel das células estaminais e na sua utilização para intervenções na reparação de tecidos.

Como já referimos anteriormente, em termos tecnológicos a engenharia genética desempenha um papel crucial neste Sistema. Quando graças à engenharia genética segmentos do DNA são cortados e “colados” de novo para formar novas sequências no DNA, o resultado designa-se por DNA recombinado. Quando este é inserido em células, as células utilizam este *blueprint* modificado e a sua própria maquinaria celular para produzir a proteína codificada no DNA recombinante. As células que têm DNA recombinado são designadas por células geneticamente modificadas ou células transgénicas. Para manipular as células e o DNA os investigadores utilizam ferramentas inspiradas na natureza, sendo disso exemplos:

- *Enzimas de restrição* – estas enzimas que ocorrem naturalmente e são utilizadas como defesas por bactérias para cortar DNA de vírus. Existem centenas de enzimas de restrição específicas que os investigadores utilizam como “tesouras” para extrair do DNA genes específicos.
- *DNA Ligase* – esta enzima é utilizada na natureza para reparar DNA quebrados, podendo igualmente ser utilizada para inserir genes no DNA.
- *Plasmídeos* – são unidades circulares de DNA, que podem ser objeto de engenharia para poderem transportar genes de interesse.
- *Bacteriófagos (ou apenas fagos)* – são vírus que infetam bactérias e que podem ser objeto de engenharia que lhes permita “transportar” DNA recombinante.

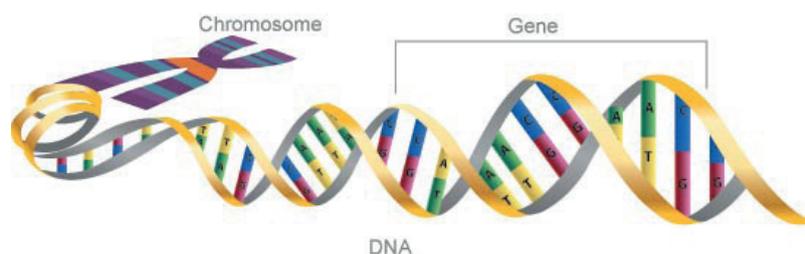
A engenharia genética permite “fabricar moléculas” que são demasiado complexas para poderem ser obtidas por via química. O que tem permitido desenvolver **novas terapias baseadas em proteínas**. As proteínas terapêuticas incluem, além dos exemplos que se seguem, outras que são utilizadas para substituir ou aumentar as proteínas que ocorrem naturalmente nos doentes, especialmente quando os níveis dessa proteína natural são baixos ou mesmo estão ausentes devido a doença.

THE SCIENCE OF BIOTECHNOLOGY AND ITS APPLICATION TO MEDICINE

The breakthrough that laid the groundwork for modern biotechnology came when the structure of DNA was discovered in the early 1950s. To understand how this insight eventually led to biotech therapies, it's helpful to have a basic understanding of DNA's central role in health and disease.

Figura 52

DNA: uma representação



(Illustration is copyrighted material of BioTech Primer, Inc., and is reproduced herein with its permission.)

**What does DNA do?**

DNA is a very long and coiled molecule found in the nucleus, or command center, of a cell. It provides the full blueprint for the construction and operation of a life-form, be it a microbe, a bird, or a human. The information in DNA is stored as a code made up of four basic building blocks, called nucleotides.

The order in which the nucleotides appear is akin to the order of the letters that spell words and form sentences and stories. In the case of DNA, the order of nucleotides forms different genes. Each gene contains the instructions for a specific protein.

With a few exceptions, every cell in an organism holds a complete copy of that organism's DNA. The genes in the DNA of a particular cell can be either active (turned on) or inactive (turned off) depending on the cell's function and needs. Once a gene is activated, the information it holds is used for making, or "expressing," the protein for which it codes. Many diseases result from genes that are improperly turned on or off.

**What functions do proteins control?**

The amino acids that form a protein interact with each other, and those complex interactions give each protein its own specific, three-dimensional structure. That structure in turn determines how a protein functions and what other molecules it impacts. Common types of proteins are:

- *Enzymes, which put molecules together or break them apart.*
- *Signaling proteins, which relay messages between cells, and receptors, which receive signals sent via proteins from other cells.*
- *Immune system proteins, such as antibodies, which defend against disease and external threats.*
- *Structural proteins, which give shape to cells and organs.*

Given the tremendous variety of functions that proteins perform, they are sometimes referred to as the work-horse molecules of life. However, when key proteins are malfunctioning or missing, the result is often disease of one type or another."

**How do biotechnology medicines differ from other medicines?**

A medicine is a therapeutic substance used for treating, preventing, or curing disease. The most familiar type of medicine is a chemical compound contained in a pill, tablet, or capsule. Examples are aspirin and other

pain relievers, antibiotics, antidepressants, and blood pressure drugs. This type of medicine is also known as a small molecule because the active ingredient has a chemical structure and a size that are small compared with large, complex molecules like proteins. A small molecule medicine can be made by chemists in a lab. Most medicines of this type can be taken by mouth in solid or liquid form.

Biotechnology medicines, often referred to as biotech medicines, are large molecules that are similar or identical to the proteins and other complex substances that the body relies on to stay healthy. They are too large and too intricate to make using chemistry alone. Instead, they are made using living factories—microbes or cell lines—that are genetically modified to produce the desired molecule. A biotech medicine must be injected or infused into the body in order to protect its complex structure from being broken down by digestion if taken by mouth.

Fonte: The Science of Biotechnology – AMGEN

Essas proteínas terapêuticas podem ser utilizadas para tratar doenças como cancro, desordens no sangue, artrite reumatoide, doenças metabólicas e doenças do sistema imunitário. São delas exemplos:

- Anticorpos monoclonais – são uma categoria específica de proteínas terapêuticas desenhadas para combater invasores – ou células cancerosas – pelo sistema imune. Os anticorpos terapêuticos podem identificar e inibir proteínas e outras moléculas que no organismo contribuem para doenças.
- Peptídeos – são proteínas objeto de engenharia que acumulam atributos quer das peptídicas quer dos anticorpos, mas que são distintas de ambos.
- Vacinas – estimulam o sistema imunitário a fornecer proteção, nomeadamente contra vírus. Enquanto as vacinas tradicionais utilizam vírus mortos ou debilitados para treinar o organismo a atacar os vírus verdadeiros, a biotecnologia pode criar vacinas recombinantes baseadas em genes virais.

Este Vº Sistema Técnico passou também:

- a utilizar um tipo especial de células – as células estaminais – para reconstrução de tecidos e reparação de órgãos.
- e da combinação com as nanotecnologias (vd. Caixa) surgiram novos modos de administração de fármacos mais focalizados, eficientes e com menos impactos colaterais.
- e a própria Impressão 3D, que referimos anteriormente, passou também a ser utilizada para a produção e reparação de tecidos ou mesmo de órgãos artificiais.

## NANO TECNOLOGIAS E APLICAÇÕES NA MEDICINA

Nanomedicine, the application of nanotechnology in medicine, draws on the natural scale of biological phenomena to produce precise solutions for disease prevention, diagnosis, and treatment. Below are some examples of recent advances in this area:

- *Better imaging and diagnostic tools enabled by nanotechnology are paving the way for earlier diagnosis, more individualized treatment options, and better therapeutic success rates.*

- *Nanotechnology is being studied for both the diagnosis and treatment of atherosclerosis, or the buildup of plaque in arteries. In one technique, researchers created a nanoparticle that mimics the body's "good" cholesterol, known as HDL (high-density lipoprotein), which helps to shrink plaque.*
- *The design and engineering of advanced solid-state nanopore materials could allow for the development of novel gene sequencing technologies that enable single-molecule detection at low cost and high speed with minimal sample preparation and instrumentation.*
- *Nanotechnology researchers are working on a number of different therapeutics where a nanoparticle can encapsulate or otherwise help to deliver medication directly to cancer cells and minimize the risk of damage to healthy tissue. This has the potential to change the way doctors treat cancer and dramatically reduce the toxic effects of chemotherapy.*
- *Research in the use of nanotechnology for regenerative medicine spans several application areas, including bone and neural tissue engineering. For instance, novel materials can be engineered to mimic the crystal mineral structure of human bone or used as a restorative resin for dental applications. Researchers are looking for ways to grow complex tissues with the goal of one day growing human organs for transplant. Researchers are also studying ways to use graphene nanoribbons to help repair spinal cord injuries; preliminary research shows that neurons grow well on the conductive graphene surface.*
- *Nanomedicine researchers are looking at ways that nanotechnology can improve vaccines, including vaccine delivery without the use of needles. Researchers also are working to create a universal vaccine scaffold for the annual flu vaccine that would cover more strains and require fewer resources to develop each year.*

Fonte: US National Nanotechnology Initiative

## 12.2. Biotecnologia, química, nova instrumentação e tecnologias da informação – uma nova abordagem em *drug discovery*

No passado, numa empresa farmacêutica, um químico orgânico envolvido no desenvolvimento de um novo fármaco com base em moléculas químicas, poderia obter uma grande variedade dessas moléculas em laboratório sem que pudesse dispor então de uma compreensão aprofundada de qual seria o composto químico desejado “idealmente” para a finalidade terapêutica em vista.

Ora atualmente, graças aos avanços em *drug discovery*, a abordagem é diferente e claramente multidisciplinar. Assim os especialistas químicos, em conjunto com biólogos, procuram obter uma muito melhor compreensão do processo e dos mecanismos bioquímicos da doença que pretende ser combatida pelo fármaco a desenvolver, antes de procurarem realizar no laboratório a síntese de possíveis moléculas químicas que possam ser candidatas a considerar nesse desenvolvimento.

Estes avanços em *drug discovery* envolveram inovações trazidas pela biotecnologia, como pela instrumentação e, cada vez mais, pela informática, evidenciando até que ponto neste Sistema as tecnologias da saúde e da informação caminharam em forte articulação, como se de uma convergência nos desenvolvimentos resultantes de dois códigos – o código binário e o código ético – se tratasse.

Destacaremos três áreas tecnológicas em que esta convergência claramente se realiza, quando se trata de inovação farmacêutica:

- **Modelização molecular** – tecnologia em que programas computacionais sofisticados permitem determinar a estrutura e as propriedades das moléculas de interesse para “atacar” o processo e os mecanismos da doença, foco do desenvolvimento do novo fármaco – o Target selecionado – e, posteriormente, de forma “inteligente” analisam os dados para prever a estrutura ideal de uma dada molécula que pudesse intervir no processo de geração da doença bloqueando o funcionamento molecular que está na origem da doença. Esta abordagem com base nos dados que permitem caracterizar as moléculas – estrutura e propriedades – torna a integração e análise da informação que fornecem muito desafiante exigindo computadores com grande rapidez de cálculo e capacidade para tratar grandes volumes de dados. Não é pois estranho que a qualidade da modelização molecular exija a utilização de computadores com performances gráficas muito exigentes associadas nomeadamente a computação paralela.
- **Química computacional** – disciplina que iniciou o seu desenvolvimento no último quarto de século e que hoje é utilizada em estreita ligação com modelização molecular, de tal forma que os investigadores começam por determinar as propriedades desejáveis das moléculas a considerar na busca de novo fármaco, ou seja, as propriedades que permitiriam bloquear mecanismos bioquímicos de desenvolvimento da doença em causa. Iniciando de seguida o processo da sua determinação, recorrendo a “bibliotecas de moléculas” e utilizando *software* que permite automatizar a busca de compostos nelas existentes e que apresentem estruturas mais compatíveis com a existência dessas propriedades, permitindo que posteriormente esses compostos sejam testados *in vitro* para verificação de atividade terapêutica, em confronto com sistemas que mimetizam o comportamento biológico do Target selecionado para o novo fármaco.
- **Screening de Elevado Rendimento** (*High Throuhoutput Screening* – HTS) -processo pelo qual um vasto número de compostos podem ser testados de uma forma automática, em termos da sua atividade como inibidores (*antagonists*) ou ativadores (*agonists*) de um dado target biológico particular, tais como seja um recetor na superfície de uma célula ou uma enzima metabólica. O objetivo primário desta tecnologia é o de identificar “Hits” ou “Leads” (ou seja, compostos que afetam o target no modo desejado) que estão ativos numa concentração razoavelmente baixa que apresentam uma nova estrutura. Quanto mais baixa for a concentração com a qual o composto atua, maior é a probabilidade que exiba especificidade e que, como corolário, menor o risco de efeitos laterais não desejados. Como quanto maior for o número e diversidade de compostos sujeitos a um *screening*, maior é a possibilidade de êxito, mais têm sido os incentivos ao desenvolvimento de mais sofisticados *HTS arrays*.

Selecionadas as moléculas com propriedades mais adequadas ao *target* selecionado tem sempre que haver uma fase de separação e caracterização. Vários são os métodos utilizáveis para estes objetivos, vários deles já presentes no Sistema Técnico Económico anterior – e que neste Sistema estão eventualmente representados por gerações mais sofisticadas de instrumentação -, sendo exemplos já anteriormente referidos a eletroforese por gel, a cromatografia líquida de elevada performance, as tecnologias micro fluídicas e as tecnologias de *micro arrays*, dispondo os investigadores de várias opções tecnológicas para deteção de compostos – como os métodos de fluorescência ótica, espectrometria de massa e ressonância magnética nuclear.

**BIOLOGIA SINTÉTICA VERSUS ENGENHARIA GENÉTICA – UM APONTAMENTO INICIAL**

Synthetic biology is a new interdisciplinary area that involves the application of engineering principles to biology. It aims at the (re-)design and fabrication of biological components and systems that do not already exist in the natural world. Synthetic biology combines chemical synthesis of DNA with growing knowledge of genomics to enable researchers to quickly manufacture catalogued DNA sequences and assemble them into new genomes.

Improvements in the speed and cost of DNA synthesis are enabling scientists to design and synthesize modified bacterial chromosomes that can be used in the production of advanced biofuels, bio-products, renewable chemicals, bio-based specialty chemicals (pharmaceutical intermediates, fine chemicals, food ingredients), and in the health care sector as well.

**What is the difference between synthetic biology and systems biology? How does genetic engineering fit in?**

Systems biology studies complex natural biological systems as integrated wholes, using tools of modeling, simulation, and comparison to experiment. Synthetic biology studies how to build artificial biological systems, using many of the same tools and experimental techniques. The focus is often on taking parts of natural biological systems, characterizing and simplifying them, and using them as components of an engineered biological system.

Genetic engineering usually involves the transfer of individual genes from one microbe or cell to another; synthetic biology envisions the assembly of novel microbial genomes from a set of standardized genetic parts that are then inserted into a microbe or cell.

Synthetic biologists are working to develop:

- *Standardized biological parts – identify and catalog standardized genomic parts that can be used (and synthesized quickly) to build novel biological systems;*
- *Applied protein design – re-design existing biological parts and expand the set of natural protein functions for new processes;*
- *Natural product synthesis – engineer microbes to produce all of the necessary enzymes and biological functions to perform complex multistep production of natural products; and*
- *Synthetic genomics – design and construct a ‘simple’ genome for a natural bacterium.*

Fonte: “Synthetic Biology Explained”, BIO – Biotechnology Innovation Organization

### 12.3. Biologia sintética – os primeiros passos

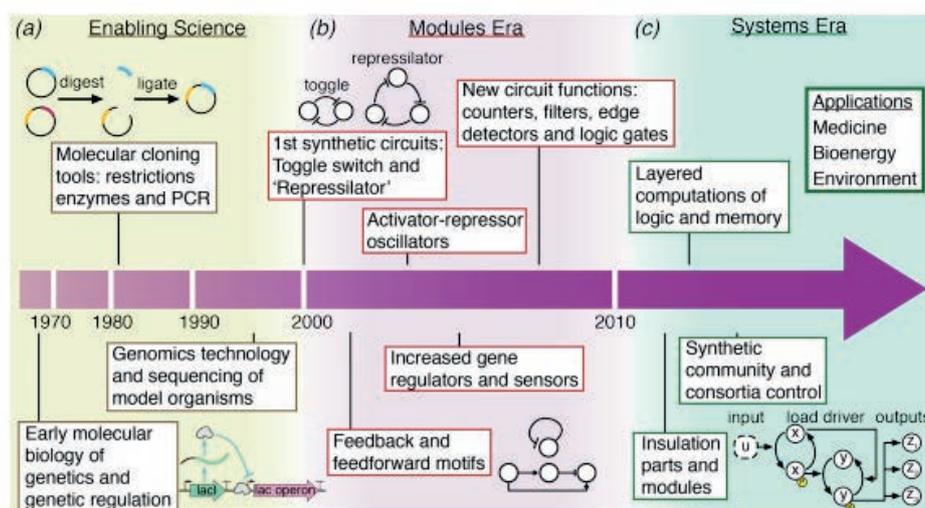
A Biologia Sintética – de que se fez um brevíssimo apontamento na Caixa acima – é um campo do conhecimento de clara vocação multidisciplinar que permite avanços não só em tecnologias da saúde – como iremos exemplificar de seguida – mas também em variados outros campos através, por exemplo, das relações que pode estabelecer com a biotecnologia industrial no desenvolvimento de “bio fábricas” capazes de produzir em larga escala substitutos de derivados dos hidrocarbonetos, quer como combustíveis quer como matérias-primas industriais.

Veja-se a aplicação que foi feita de tecnologias de biologia sintética para realizar um grande avanço na utilização de microalgas para produção de biocombustíveis, libertando a sua produção de matérias-primas Exxon Mobil.

A Biologia Sintética foi-se formando ao longo de um processo de aprendizagem que a Figura procura descrever, e no qual se começa por referir as três áreas científicas ou tecnológicas, cujo desenvolvimento teria fornecido as bases para a Biologia Sintética – biologia molecular, engenharia genética e genómica.

**Figura 53**

Timeline da biologia sintética



**Figure 2: Condensed timeline of synthetic biology.** (a) The development of synthetic biology is grounded on molecular biology, genetic engineering, and genomics. (b) The early phases of synthetic biology were focusing mostly on forward engineering simple modules, such as switches and oscillators. (c) After the “era” of modules, synthetic biology is heading toward the era of systems, in which modules will serve as functional units to create more complex and sophisticated systems with potential applications to energy, environment, and medicine.

Os avanços verificados em Biologia Sintética dependeram de um conjunto de novos conceitos e novas tecnologias. De entre os **conceitos** que a fizeram avançar refira-se a standardização de componentes biológicos e a utilização de níveis de abstração hierarquizados que permitem utilizar esses componentes para alcançar sistemas biológicos mais complexos. Em termos de **tecnologias básicas** para esses avanços refiram-se as que permitem “ler” e “escrever” DNA (sequenciação e fabricação), bem como as que permitem implementar medidas em múltiplas condições, tornando possível a modelização e a aplicação do CAD (desenho assistido por computador).

A figura descreve as fases de escrita do código biológico dos organismos – o seu genoma.

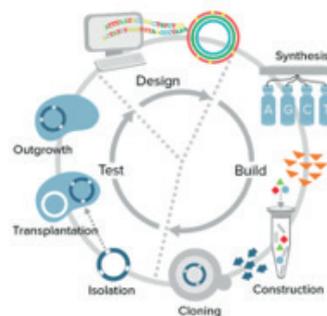
**Figura 54**

Biologia sintética

Writing Biological Code

A biological cell is very much like a computer—the genome is the software that encodes the instructions of the cell and the cellular machinery is the hardware that interprets and runs the genome software. Major advances in DNA technologies have made it possible for biologists to now behave as software engineers and rewrite entire genomes to program new biological operating systems.

Fonte\_ Craig Venter Institute



“Synthetic biologists develop their projects through standard engineering cycles of ‘design, build, test’. The design phase involves computer modelling of the components’ behaviour. The build stage involves the genetic engineering. The test step assesses if it works – and all too often unpredicted DNA interactions and toxicities mean it does not work as expected”.

Fonte: Life2.0: inside the synthetic Biology Revolution

Uma das aplicações da Biologia Sintética é a edição genética, ou seja, a possibilidade de operar sobre o genoma de um ser vivo para reprogramar parte dele. Desenvolvido durante a primeira década do novo milénio o CRISPR representa, na opinião de um especialista da área, a mais importante inovação nos últimos 30 anos em Biologia Sintética, situando-se na sua fase Sistémica (referida na Figura sobre o Timeline).

**CRISPR – UMA FERRAMENTA INOVADORA PARA GENE EDITING**

a) “In 2014, *MIT Technology Review* touted this gene-editing technology as “the biggest biotech discovery of the century.”

At the very least, CRISPR (more formally known as CRISP-Cas9) is the most important innovation in the synthetic biology space in nearly 30 years. Measured against any benchmark — such as the number of patents and scientific publications or the amount of government funding and private sector funding – interest in CRISPR has skyrocketed since 2013.

What CRISPR enables, say its proponents, is a quick, easy and effective way to edit the genes of any species – including humans. Other methods take months or years, while CRISPR speeds that time up to mere weeks. The ability to cut and splice genes so quickly and so precisely has potential applications for the ability to create new biofuels, materials, drugs and foods within much shorter time frames at a relatively low cost.

Fonte: Dominic Basulto – “Everything you need to know about why CRISPR is such a hot Technology, *The Washington Post*, 11. 04. 2015.

b) CRISPR (Clustered Regularly Interspaced Palindromic Repeats) was discovered in the 1980’s and turned out to be a part of an “immune system” used by bacteria to protect themselves from infections by viruses.

The gene editing method called CRISPR-Cas9, developed from the basic knowledge of the system's mechanism, essentially tricks the cell into cutting strands of genomic DNA at a precise spot and then replaces, changes or disables a gene. The method involves expressing the Cas9 endonuclease along with a guide RNA (sgRNA), directing the Cas9 to a particular gene and introducing a double-strand break in the DNA. The cell repairs the damage, but usually creates small insertions or deletions that inactivate the gene. CRISPR components can be expressed in cells by introducing their genes by transgenesis **using a viral vector system** or by delivering the Cas9-sgRNA complex produced in cell lines using a **nanoparticle delivery system**.

What excites most scientists and venture capitalists is the possibility of using CRISPR to treat genetic diseases such as Huntington's disease and muscular dystrophy. On the other hand, it also enables tinkering with genes of our progeny which as some argue could lead to the "designer baby" scenario seen in the movie **Gattaca**. That's not science fiction anymore, since **Chinese researchers have already edited a gene in human embryos using CRISPR**.

Of course, it could be the case that CRISPR is getting overhyped. After all, it is just a technique with many proof-of-principles and we'll have to wait a few years for first products to hit the market. There is no guarantee that another technique that is cheaper, better or faster than CRISPR will not be discovered in near future and replace it the same way that **CRISPR has replaced other gene-editing techniques, such as TALENs and zinc fingers**. Until then, CRISPR definitely will stay hot as fire.

Fonte: Why Is CRISPR Such a Hot Technology? Splice-bio.com

A edição de genes por via da CRISPR – Cas 9 pode ser utilizada na terapêutica de doenças genéticas. A Figura retirada do site de uma empresa que atua nesse domínio ilustra o modo como esta forma de terapia genética pode atuar.

### TERAPIAS GENÉTICAS UTILIZANDO CRISPR – CAS9 – UM EXEMPLO

With CRISPR/Cas9, we aim to target the source of genetically – defined diseases and engineer the next generation of cellular therapies.

Genetically-defined disease: Many diseases have a genetic cause, including more than 10,000 monogenic diseases caused by mutations in individual genes. CRISPR/Cas9 may enable us to repair the genetic defects that underlie these diseases.

Cellular engineering: Cell therapies have begun to make a meaningful impact in certain diseases. With CRISPR/Cas9, we can potentially engineer the genomes of cellular therapies to make them more efficacious, safer and available to a broader group of patients.

Three main categories of genetic edits can be performed with CRISPR/Cas9:

**DISRUPT** – *If a single cut is made, a process called non-homologous end joining can result in the addition or deletion of base pairs, disrupting the original DNA sequence and causing gene inactivation*

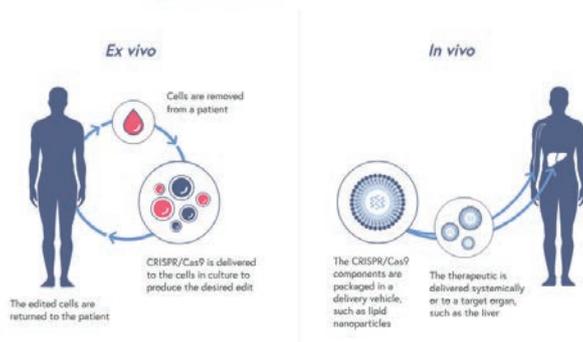
DELETE – A larger fragment of DNA can be deleted by using two guide RNAs that target separate sites. After cleavage at each site, non-homologous end joining unites the separate ends, deleting the intervening sequence

CORRECT OR INSERT -Adding a DNA template alongside the CRISPR/Cas9 machinery allows the cell to correct a gene, or even insert a new gene, using a process called homology directed repair

Figura 55

Terapias genéticas utilizando CRISPR CAS9

genetically-defined diseases, we can use a guide RNA that directs Cas9 to cut DNA at a specific site in a disease-causing gene, or at a different site, such as a region that regulates genes, to ameliorate the genetic defect through gene disruption or correction. For cell therapies, we can target genes that when disrupted may improve the safety or efficacy of the therapy, or precisely insert new genes to give the cells new abilities. In either case, we may edit cells either *ex vivo* (outside the body) or *in vivo* (inside the body).



Our development of transformative new medicines will involve working closely with patients, families, healthcare professionals, regulatory agencies and other groups dedicated to improving healthcare. We are focused on the treatment of somatic cells, which do not pass DNA on to children. We are not using human germline modifications, which could be passed from parents to children, and we support the current recommendations of the International Society for Stem Cell Research in this regard.

Fonte: CRISPR Therapeutics

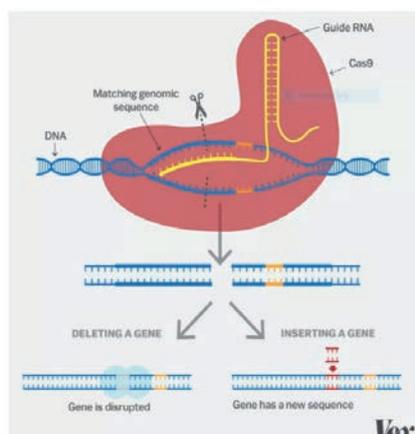
## 12.4. A biologia sintética transformando a agricultura – novos avanços

Como tecnologia alternativa à que já referimos anteriormente – e que dá origem a plantas transgênicas (GMO's) – Crisp-Cas9 é uma tecnologia de “edição” de genes que é aplicada num processo de **hibridização seletiva**, em que a “edição” do genoma da planta é modificada para que a planta passe a apresentar os traços desejados, sem ter que inserir um gene de outra espécie. Pode ser descrita em seis passos sucessivos:

- 1º Passo – Identificar o gene que é responsável por um determinado traço que se deseja modificar no comportamento da planta. Uma vez feita esta identificação é criada uma peça de RNA e um enzima que fixe como alvo o gene e seja capaz de o “editar”. Neste caso a enzima de restrição que irá servir como “tesoura genética” é a Cas9.
- 2º Passo – o pedaço de RNA que mimetiza um segmento da sequência de DNA do gene que é o alvo da operação e a enzima de restrição Cas9 são introduzidos numa célula da planta, sendo que é o RNA que “guia” a enzima para o gene que é o alvo da operação.
- 3º Passo – o pedaço de RNA tendo como guia o duplo par da sequência que se pretende modificar no DNA localiza-a e “fixa-se” nela, ao mesmo tempo que também se fixa na enzima Cas9, que intervém cortando o DNA no local alvo.
- 4º Passo – a enzima de restrição Cas9 corta as duas partes da sequência alvo do genoma da planta, e desse modo uma mutação é introduzida nesse genoma.
- 5º Passo – o traço do comportamento da planta que se quer alrear pode sê-lo através da remoção do gene-alvo ou da introdução de uma variante em sua substituição. Uma vez realizada a mudança, os cientistas contam com a capacidade da própria célula para reparar a sua sequência no DNA.
- 6º Passo – o pedaço de RNA e a enzima de restrição são removidas da célula e a planta com o novo genoma pode ser hibridizada com a planta original e desse modo o “novo” DNA será transferido tal como acontece no modo tradicional de hibridação

**Figura 56**

O novo modo de hibridação de plantas utilizando CRISP CAS9



Fonte: Brad Plumer, Eliza Barclay, Julia Belluz, and Umair Irfan, Updated Dec 27, 2018 – A simple guide to CRISPR, one of the biggest science stories of the decade, ed VOX, Updated Dec 27, 2018.

As aplicações do CRISPR Cas9 na agricultura estão a desenvolver-se em várias direções, de que são exemplos:

- a) Novos métodos de hibridização

#### DAS PLANTAS TRANSGÉNICAS À NOVA HIBRIDIZAÇÃO COM O CRISPR

*“Transgenic plants (also known as genetically modified organisms or GMOs) have been around for decades. But the insertion of foreign genes and DNA to produce desirable traits has prompted controversy as well as rejection of these plants by some consumers. In recent years, biologists have been developing more tailored methods for altering genomes that complement traditional plant breeding strategies and dovetail with new genetic tools. Until the advent of CRISPR within the past 5 years, one of the more promising gene-editing technologies was TAL effector nucleases (TALENs), which were developed from building blocks that occur naturally in plants.*

*However, CRISPR/Cas9 has largely overtaken other gene-editing techniques. Researchers tell similar stories: A few years ago, they started working on projects using both TALENs and CRISPR/Cas9 side-by-side, but quickly settled on CRISPR. While both techniques offer precise editing, TALENs are large, complex proteins that must be newly synthesized for each mutation, says Becky Bart of the Donald Danforth Plant Science Center in St. Louis. But using CRISPR/Cas9, a researcher needs only to develop new guide RNAs, she says, and “very quickly you can test a bunch of constructs right in the lab”.*

Fonte: Webb, Sarah “Plants in the CRISPR” Future Science.com, Bio techniques.

- b) **Mutações Genéticas** – ou seja, a capacidade de graças ao CRISPR Cas9 identificar as mutações genéticas que podem dar origem à alteração dos fenótipos das plantas, em vez de utilizar *random mutagenesis* como instrumento para compreender a função dos genes nas plantas.

- c) **Reforço da capacidade de resistência das plantas a doenças.**

## 13. O Vº SISTEMA TÉCNICO ECONÓMICO E A ALIMENTAÇÃO

Hoje são mais claramente perceptíveis um conjunto de desafios que se vão colocar nas próximas décadas à agricultura, à pecuária, às indústrias agroalimentares e às florestas que resultam de tendência pesadas e sua interação; restrições antecipáveis de fatores de produção ou de exigências ambientais e ineficiências nas cadeias alimentares que sustentam a humanidade

### 13.1. Tendências pesadas e sua interação

- A população mundial irá continuar a crescer e até 2050 é previsível que atinja pelo menos os 10 biliões de seres humanos, em comparação com os 7,6 biliões em Outubro de 2017. O que implicará acréscimos da procura de alimentos, que de acordo com a FAO poderão atingir em 2050 os 70%, quando comparados com a produção agrícola atual
- Uma parte crescente da população mundial viverá em cidades e nestas cada vez aumentará a importância das grandes metrópoles esperando-se que tal concentração aumente .....
- A conjugação de crescimento demográfico com a melhoria da situação económica e social que se espera atingir e com o processo de urbanização vai traduzir-se, como até aqui, num mudança de hábitos alimentares, em que se tem destacado o maior consumo de proteínas fornecidas pela carne de animais
- Restrições antecipáveis em fatores de produção e resultantes de exigências ambientais

#### **A base das cadeias alimentares da humanidade vai deparar-se com três restrições:**

- Uma restrição na disponibilidade de terra arável em boas condições para cultivo, resultante de escassez física de novas áreas de cultivo, da intenção de travar o abate de florestas para conquistar mais terras aráveis, da degradação de parte das terras em exploração, causada por fatores como insuficiente período de pousio, erradas soluções de rotação de culturas, perda de potencial produtivo por sobrecarga de agentes químicos etc
- Uma restrição na disponibilidade de água em várias regiões densamente povoadas, limitando a produção nas melhores condições e exigindo volumosos investimentos em manutenção e extensão de áreas irrigadas
- Um cada vez menos numerosa população vivendo em áreas rurais, e tendo como ocupação principal agricultura, nomeadamente nas economias em emergência e em desenvolvimento colocando a questão de saber quem assegurará e como será assegurada a produção agrícola necessária para alimentar as respetivas populações
- Uma dificuldade e em aumentar a oferta de proteína animal nas formas atuais da pecuária assente no fornecimento de alimentos para o gado como soja e farinha de peixe, por limitações potenciais nestes alimentos e também por ser reconhecido que a pecuária tem um impacto ambiental negativo resultante das

emissões de metano para a atmosfera pelo gado (não obstante haver meios de reduzir essa emissão por aditivos alimentares)

### Ineficiências nas cadeias alimentares atuais

Por sua vez as cadeias alimentares que sustentam a humanidade apresentam, outras limitações – de eficiência e eficácia – para além das que resultam destas restrições na sua base:

- A componente agrícola das cadeias alimentares apresenta gastos de inputs em terra, água e produtos químicos que é considerado desejável reduzir para obter ganhos de eficiência e controlo de custos, para libertar fatores de produção para novas produções e para redução dos impactos do cultivo na degradação dos solos e na qualidade ambiental
- Nas cadeias alimentares existem segmentos em que o ratio de transformação dos inputs utilizados em produtos é relativamente baixo, traduzindo-se numa excessiva mobilização de fatores que poderiam ser utilizados para aumentar produção total
- Uma parte não desprezível da produção final da agricultura e das agroindústrias acaba por não ser utilizada, perdendo-se como resíduos alimentares que vão ampliar a massa de resíduos acumulados em aterros; tal resulta em parte da separação entre as decisões de oferta e as dinâmicas de procura por falta de informação em tempo real e inexistência de mercados capazes de as fornecerem.
- Aspetos fundamentais da atual dieta alimentar nas economias desenvolvidas – em rápida difusão pelas regiões urbanas do planeta – merecem uma análise profunda no sentido da eventual diversificação e ampliação da componente vegetal nessa dieta, e da reformulação na forma de garantir proteína com características equivalentes á atual proteína animal consumida

## 13.2. As transformações na alimentação no Vº sistema técnico económico

O Vº Sistema Técnico-Económico vai alterar substancialmente estas atividades para responder aos desafios que referimos:

- Recurso à engenharia genética para melhoramento de plantas – em termos de rendimento produtivo; capacidade de suportar stresses naturais e resistência a agentes patogénicos (sobretudo engenharia na modalidade CRISPR).
- Tecnologias associadas à digitalização – sensores e Internet of Things; Big Data e Analytics,; Inteligência Artificial contribuirão para uma agricultura de alta precisão
- Tecnologias da automação e robótica móvel na agricultura incluindo *cobots* para a tarefas agrícolas, tratores autónomos e *drones* permitirão aumentos substanciais da produtividade do trabalho e da terra
- **Fabricação aditiva de alimentos confeccionados e produção de tecidos para fins alimentares obtidos “em laboratório” ( ex: tecidos para substituição de carne de origem animal),**

Mas também consideramos integradas neste Vº Sistema Técnico económico modalidades não tradicionais de produção agrícola (culturas hidropónicas e agricultura vertical assistida por computador e com gestão energética controlada), o alargamento das matérias primas para produção alimentar (como certo tipo de algas e microalgas) ou a utilização da geo engenharia para iniciar a florestação de regiões desertificadas

Na Tabela I procurámos situar estas tecnologias na proximidade das transformações pretendidas para responder aos três tipos de desafios anteriormente referidos.

**Tabela I**

Síntese de fatores que podem contribuir para as transformações na alimentação



## 14. O Vº SISTEMA TÉCNICO-ECONÓMICO: O ESPAÇO EXTERIOR, O OCEANO PROFUNDO E A DEFESA

O IVº Sistema Técnico-Económico teve a sua origem nos desenvolvimentos na Defesa e na conquista do Espaço ocorridos entre 1950 e 1970, no quadro da competição entre as duas superpotências de então-EUA e URSS

Não é pois de estranhar que se analisem transformações em curso nestas duas áreas em que atualmente se movimentam mais países e se prosseguem outros objetivos para além dos que marcaram o IVº Sistema Técnico Económico.

### 14.1. O Vº sistema técnico – económico e a exploração do espaço exterior – novas tendências

Consideramos quatro evoluções principais na área Espacial que integramos neste Vº Sistema Técnico Económico:

#### 14.1.1. Miniaturização de satélites – os cube sat's

Os Cube Sats são satélites miniaturizados com construção modular que são lançados em órbita baixa terrestre (500km a 2000 km), muito abaixo dos 36 000 km onde são tradicionalmente colocados os satélites de comunicações. Têm vindo a ser utilizados para vários fins – investigação, observação da terra para efeitos de monitorização meteorológica, prevenção de catástrofes, acompanhamento da evolução de práticas agrícolas, controlo do tráfego marítimo, etc.

Na prática, os Cube Sats têm-se revelado preciosas plataformas de sensores (*Earth remote sensing*) para recolha de dados em grande quantidade (quer como imagens, quer sob outras formas de dados), que podem ser matéria-prima para o mercado de *Cube Sats* e podem ser colocados em órbita a partir da Estação Espacial Internacional, ou como carga secundária em lançadores já existentes, ou ainda através de novos lançadores também eles miniaturizados (vd. o Electron ou o Antares).

MINIATURIZAÇÃO DE SATÉLITES E NOVOS LANÇADORES – EXEMPLOS

Figura 57

Exemplos de miniaturização de satélites e novos lançadores

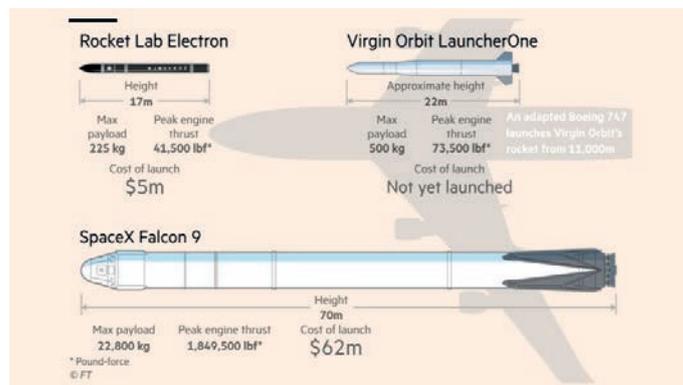


Ncube-2, a Norwegian CubeSat (10 cm cube)

CubeSats are a class of nanosatellites that use a standard size and form factor. The standard CubeSat size uses a "one unit" or "1U" measuring 10x10x10 cms and is extendable to larger sizes; 1.5, 2, 3, 6, and even 12U. They originally were developed in 1999 by California Polytechnic State University at San Luis Obispo (Cal Poly) and Stanford University to provide a platform for education and space exploration. CubeSats now provide a cost effective platform for science investigations, new technology demonstrations and advanced mission concepts using constellations, swarms disaggregated systems

Over 800 Cube Sats have been launched as of April 2018

Uma das formas de lançamento em órbita dos CUBE Sat´s é através de uma nova categoria de lançadores – também miniaturizados – de que o Electron da empresa Rocket Lab é um exemplo (ver dimensão comparada com outros lançadores na Figura).



Rocket Lab is responsible for the development and construction of the Electron Rocket.

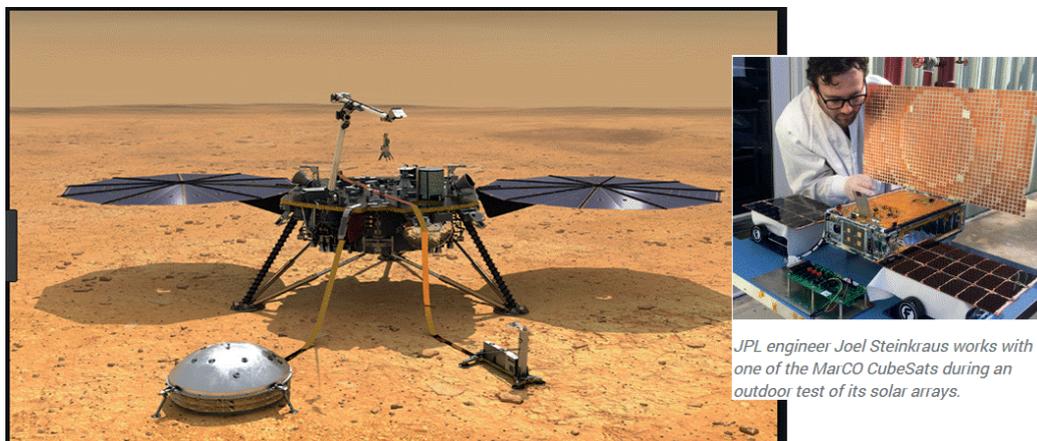
To keep costs down Rocket Lab uses carbon composite materials in its rockets rather than aluminium, which is a heavier and costlier material. Electric motors and lithium batteries drive the turbo pumps in the engine, rather than the more complex and expensive gas generators used in traditional rockets. The company 3D prints its engines, which dramatically reduces the time it takes to build each rocket

“Price is an important aspect but the most important thing [for potential clients] is frequency. The US went to space 21 times last year. We are licensed to launch every 72 hours over the next 30 years,”

Fonte: Financial Times & Rocket Lab site.

**Figura 58**

Os Cube Sat's em Marte



Fonte: NASA.

Os Cube Sat's não se limitam às funções de Earth remote sensing que referimos. Em Maio de 2018 foram utilizados para funções diferentes – muito para além da órbita terrestre – quando foram associados ao Programa InSight (abreviação de Interior Exploration using Seismic Investigations, Geodesy and Heat Transport) da NASA como relais de comunicação (designados por Macro) do Rover que em Marte está pela primeira vez a analisar o interior profundo do planeta, no contexto do programa de pesquisa da evolução dos denominados “planetas rochosos” (**Mercúrio, Vénus, Terra, Marte**, incluindo até mesmo a **Lua**). A importância desta experiência está patente na avaliação que a NASA fez desta experiência:

**Two CubeSats, MarCO A and MarCO B, have gone where no CubeSats have gone before: beyond low Earth orbit.** MarCO A and B – short for Mars Cube One – traveled to the Red Planet in a mission to prove that the tiny satellites can be useful in deep space. The MarCO satellites made the journey alongside NASA's InSight lander. According to NASA, the lander successfully touched down on Mars just before 3 p.m. ET on Monday, 26 November. InSight will break new ground as it probes deeper into Mars's surface than previous landers, in order to explore the composition of the planet's interior.

Not to be outdone, however, MarCO did more than set a new distance record for CubeSats. The two satellites have potentially changed how NASA puts rovers and landers on other worlds. “What MarCO looks like will probably pave the way for future deep space CubeSats,” says Nacer Chahat, an antenna engineer for MarCO at NASA's”

Fonte: NASA.

### 14.1.2. Inovações incrementais nos lançadores

Lançadores que continuam a utilizar propulsão química e a funcionar com dois andares -tal como no IVº Sistema Técnico Económico

- Estas inovações, no caso dos EUA, foram introduzidas após a abertura ao setor privado do segmento de lançamento para o Espaço, o que ocorreu durante as Administrações Obama. A SPACEX, uma das empresas que entrou no setor, exemplifica-as

## A ABORDAGEM DA SPACEX

Fundada em Maio de 2002 por Elon Musk a SpaceX – com base na “família” de lançadores Falcon 9 – está atualmente presente no mercado internacional de lançamento de satélites onde, em poucos anos, ganhou quotas de mercado muito significativas e colabora com a NASA no estabelecimento de voos para a Estação Espacial Internacional, assegurando, por parte dos EUA, estas ligações.

Em 2018, fez o primeiro lançamento do Falcon Heavy, um lançador muito mais potente que o anterior e destinado a viagens para além da órbita terrestre, dispondo de capacidade de transporte de carga ou de astronautas.

A abordagem realizada pela SpaceX centrou-se em três inovações:

- a) A empresa fabrica os seus próprios motores, tendo começado com a série Merlin com propulsão a querosene e oxigénio líquido – tal como o motor Kestrel e prosseguido com os motores hipergólicos Draco e Superdraco e estando já a desenvolver um novo motor – o Raptor -, usando metano e oxigénio líquido.
- b) A empresa optou por construir com o Merlin um motor modular, permitindo que o aumento de potência seja atingido juntando vários motores modulares em vez de ter que desenvolver um novo motor. Tal pode verificar-se observando o sistema propulsor do 1º andar do Heavy. Esta opção permite a produção em série desses motores, reduzindo o custo dos lançamentos, já que os custos da propulsão têm uma parte muito significativa nos custos totais de cada lançamento no espaço.
- c) A empresa optou por construir lançadores parcialmente reutilizáveis – ao assegurar que o 1º andar do lançador Falcon 9, quando se separa do segundo andar, regresse à atmosfera terrestre e, com enorme precisão, aterre numa plataforma flutuante colocada no Oceano Pacífico, permitindo assim que esse primeiro andar – e os motores que o integram – possam ser de novo utilizados. Esta inovação permite igualmente reduzir o custo dos lançamentos.

Fonte: site da SpaceX

### 14.1.3. Um novo objetivo para a exploração espacial: a mineração no espaço – dos asteroides à lua

Este Vº Sistema Técnico-Económico está a iniciar a mineração no espaço com envolvimento de robótica autónoma e novas soluções de transporte Terra-Espaço Exterior para carga

A mineração tem objetivos distintos –diversos minerais no caso dos asteroides, e possivelmente o hélio 3 no caso da Lua – não obstante a extrema dificuldade da sua extração, acompanhada pelos desafios que se colocam à presença mais continuada de humanos em bases lunares permanentes – (vd projetos EUA e Japão, por exemplo)

O contexto em que este objetivo “Mineração no Espaço ” ganhou maior relevância foi marcado:

- Pelo super ciclo das matérias primas que ocorreu no início do novo milénio -com a alta geral dos preços das matérias primas-incluindo minérios de utilização comum e minérios para as tecnologias emergentes – incentivando a descoberta de novas fontes de abastecimento

- Pelas exigências da investigação sobre fusão nuclear que gerou interesse – por parte de promotores de investigação nesta área – pela eventual utilização do hélio 3, cuja disponibilidade é escassa na terra

### A ECONOMIA LUNAR E A INOVAÇÃO NA MINERAÇÃO – O CASO DO HELIUM 3

A thriving lunar economy will make off-world activity profitable and it will greatly expand the number of missions taking place and increase our knowledge of the moon and other bodies. **There are some extremely valuable resources on the moon that could support such a lunar economy.**

**Helium-3** is one moon resource that is rare on earth but much more abundant on the lunar surface and could potentially be cheaper to mine from the moon. Helium-3 is a very attractive fuel for future **nuclear fusion** reactors. **China**, Russia and **India** have all expressed interest in sourcing lunar Helium-3 for use on earth. This would require some serious innovation in mining industry technology to develop suitable remote techniques, not to mention the development of economically viable fusion reactors, but the return on investment would be massive if a commercial Helium-3 reactor were ever built. One of the goals of near-future moon missions may well be to map Helium-3 deposits for future mining and exploitation. With a kilogramme of Helium-3 expected to fetch \$3,000,000, the profits could be incredibly lucrative.

Fonte:

#### 14.1.4. O regresso humano à lua, após 50 anos de pausa

Estão em curso em 2022 projetos de sete Estados para conhecimento mais profundo e exploração na Lua – nalguns casos presença humana em bases a construir. Bem como instalação de uma estação orbital na Lua como infraestrutura de apoio a viagens interplanetárias, a começar pela viagem tripulada a Marte

### A LUA COMO DESTINO DE PROJETOS ESPACIAIS DE 7 PAISES EM 2022

*The Moon will be one of the most popular destinations in the Solar System in the next year. No fewer than **seven missions** are headed there from India, Japan, Russia, South Korea, the United Arab Emirates and the United States, along with several companies.*

*NASA's US\$93-billion Artemis programme might be stealing most of the limelight with its maiden launch this year because it's the first step towards sending astronauts to the Moon. But the United States is just one of many nations and private companies that soon plan to launch missions, heralding what scientists say could be a new golden age of lunar exploration.*

*Science isn't the only driving force. The flurry of missions also signals the growing ambition of several nations and commercial players to show off their technological prowess and make their mark, particularly now that getting to the Moon is easier and cheaper than ever before.*

The Moon will be one of the most popular destinations in the Solar System in the next year. No fewer than seven missions are headed there from India, Japan, Russia, South Korea, the United Arab Emirates and the United States, along with several companies.

Science isn't the only driving force. The flurry of missions also signals the growing ambition of several nations and commercial players to show off their technological prowess and make their mark, particularly now that getting to the Moon is easier and cheaper than ever before.

*US NASA's US\$93-billion Artemis programme might be stealing most of the limelight with its maiden launch this year because it's the first step towards sending astronauts to the Moon. But the United States is just one of many nations and private companies that soon plan to launch missions, heralding what scientists say could be a new golden age of lunar exploration. The Artemis missions will build a community on the Moon, driving a new lunar economy and inspiring a new generation. " While Mars remains our horizon goal, we have set our sights first on exploring the surface of the Moon with human and robotic explorers. We will send astronauts to new locations, starting with The **lunar South Pole**. At the Moon, we will:*

Find and use water and other critical resources needed for long-term exploration

Investigate the Moon's mysteries and learn more about our home planet and the universe Learn how to live and operate on the surface of another celestial body where astronauts are just three days from home Prove the technologies we need before sending astronauts on missions to Mars, which can take up to three years roundtrip

**South Korea's** Korean Pathfinder Lunar Orbiter (KPLRO), for example, "is the first step to secure and verify Korea's space exploration capability and obtain new scientific measurements of the Moon", says Chae Kyung Sim, a planetary scientist at the Korea Astronomy and Space Science Institute in Daejeon, South Korea, who is a member of the science team designing one of the mission's instruments. "We are enjoying joining this new wave of lunar missions."

**Japan's** SLIM (Smart Lander for Investigating the Moon), which is likely to launch sometime later this year, will attempt a pinpoint landing, with a level of accuracy no other country has ever achieved. That mission or one by the Tokyo-based company ispace, also set to launch this year, will be the country's first foray to the Moon.

**India's** Chandrayaan-3, currently officially slated for an August launch that might get delayed, will be the nation's second attempt to get a lander and rover onto the lunar surface, after the **failure of India's previous lunar lander mission**.

**Russia's** Luna-25 lander, scheduled for a July launch to the south polar region, will be the nation's first trip to the surface of the Moon since the Soviet Union's previous lunar lander mission in 1976.

**United Arab Emirates** is **embarking on its first lunar mission** with a rover called Rashid, scheduled to launch later this year. That flight will potentially mark another first — as the pioneering trip to the Moon by a commercial mission.

Fonte : Nature 11 may 2022

### 14.1.5. One shot to space – uma inovação tecnológica radical, no acesso futuro ao espaço exterior

Os lançadores que permitem acesso ao espaço, começando pelo acesso à órbita terrestre, têm atualmente uma característica comum – necessitam de ter pelo menos dois andares, dado que os sistemas de propulsão dentro e fora da atmosfera terrestre têm que ser diferentes, dadas as condições radicalmente distintas que existem nos dois espaços.

E a Space Shuttle, tendo sido uma inovação radical, não deixou de ter que respeitar este condicionalismo, tornando-se na primeira solução em que era possível reutilizar uma das componentes do vetor de lançamento, neste caso a Space Shuttle ela própria, enquanto a outra – o lançador em que estava montada era perdido. Com o fim da operação da Space Shuttle fomos reconduzidos à situação anterior de ter lançadores com dois andares em que ambos eram perdidos uma vez cumprida a sua missão. Se hoje com os lançadores da SPACEX é possível recuperar o primeiro andar – que antes era perdido quando o segundo andar se libertava – tal não significa uma rutura, mas sim um aperfeiçoamento de uma solução tecnológica que permanece – lançadores de dois andares – torna-se obviamente mais barata por tornar possível recuperar o sistema de propulsão do primeiro andar recuperado.

A busca de uma solução tecnológica que permitisse utilizar um lançador único capaz de atingir a órbita terrestre, numa dada missão, e poder reutilizá-lo integralmente em missões posteriores, constituiu desde há muito um desafio ao setor aeroespacial. O conceito de **avião aeroespacial** identificava a natureza do lançador pretendido e até agora não alcançado.

Na década de 90 foram iniciados vários projetos com esse fim. Destacáramos o britânico Skylon, os norte-americanos DC-X e Lockheed Martin X-33. Todos estes projetos foram interrompidos, nomeadamente devido às limitações com os sistemas de propulsão disponíveis.

Entretanto, as exigências da Defesa tornaram mais necessário dispor a curto prazo de uma solução tecnológica daquele tipo, num período em que poderá ser necessário colocar rapidamente no espaço exterior substitutos de satélites “abatidos” pelo adversário.

A empresa britânica *Reaction Engines Limited* (REL), que já havia estado envolvida no Projeto Skylon, desenvolveu um novo tipo de sistema de propulsão único que permite alcançar a órbita terrestre, combinando características de motor foguete e de motor a jato, do tipo Ramjet – sistema de propulsão designado por SABRE – *Synergetic Air Breathing Rocket Engine*, motor que funciona a hidrogénio e oxigénio. Este projeto já recebeu o compromisso de colaboração da BAE – British Aerospace, da Rolls Royce e da Boeing, esta última interessada na possível aplicação da tecnologia ao voo hipersónico para fins civis e militares.

#### ONE SHOT TO ORBIT – THE SABRE ENGINE AND THE SKYLON AEROSPACE PLANE

##### THE SABRE ENGINE

The hypersonic Synergetic Air-Breathing Rocket Engine (SABRE) design is neither a conventional rocket engine nor jet engine, but a hybrid that uses air from the environment at low speeds/altitudes, and stored liquid oxygen (LOX) at higher altitude. The SABRE engine “relies on a heat exchanger capable of cooling incoming air to  $-150\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $-238\text{ }^{\circ}\text{F}$ ), to provide oxygen for mixing with hydrogen and provide jet thrust during atmospheric flight before switching to tanked liquid oxygen when in space

SABRE combines elements of a precooled jet engine and a closed cycle rocket engine, harnessing the advantages of each of those technologies to deliver single-stage-to-orbit space access. Instead of the multiple heavy propulsion stages of conventional space rocket launch systems, one piece of equipment handles every stage of flight, operating efficiently in the thick air of sea level, the rarefied atmosphere of high altitude and the vacuum of space.

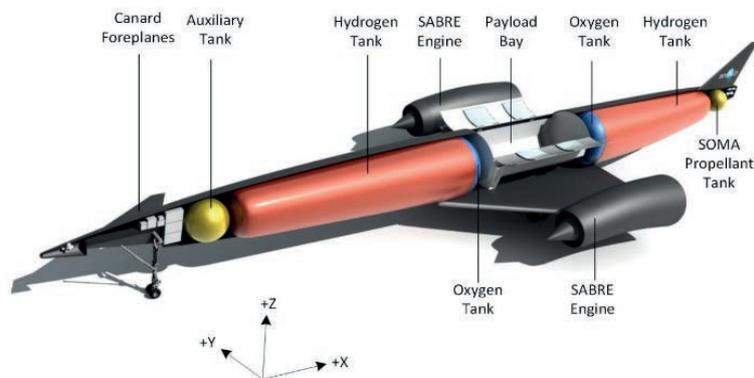
- Unlike jet engines, which are only capable of powering a vehicle up to Mach 3, three times the speed of sound, SABRE engines are capable of Mach 5.4 in air-breathing mode, and Mach 25 in rocket mode for space flight

In the atmosphere, the engine’s air-breathing mode enables hypersonic flight at over five times the speed of sound, outperforming conventional jet engines’ maximum speed of Mach 3. The engine also has an advantage over traditional scramjets, which require a secondary propulsion method, such as an extra boost engine, to reach high-velocities in excess of Mach 5 for self-sustained flight.

- Unlike traditional rocket engines, onboard oxidizer isn’t needed during low-altitude flight. Instead, SABRE uses air captured from the atmosphere as oxidizer in its air-breathing jet engine mode. Only at high altitudes, when SABRE switches to rocket mode, is oxygen consumed from tanks on the vehicle. The weight savings enabled by this design innovation could revolutionize access to space, making possible reusable single-stage launch vehicles with improved fuel efficiency and more room for payload.

**Figura 59**

*Do motor Sabre ao avião aeroespacial Skylon*



Reaction Engines' SKYLON concept orbital reusable spaceplane powered by two SABRE engines would take off from an extended runway, deliver a payload to Low Earth Orbit and glide back to Earth for a runway landing. Source: Reaction Engines

SABRE could carry a commuter plane from Brussels to Sydney in just over 4 hours, a trip that currently takes 21 hours.

Fonte: Eric Olson, "SABRE: A Hypersonic Precooled Hybrid Air-breathing Rocket Engine", Engineering 360 April 25, 2018.

### 14.1.6. O arranque de novas formas de propulsão para viagens interplanetárias – propulsão eletromagnética em vez de propulsão química (queima de combustíveis)

Desde o princípio da exploração do Espaço que a propulsão utilizada pelos lançadores foi sempre química, utilizando, por exemplo, compostos com base em hidrogénio. Ora, atualmente, face aos desafios colocados quer pela necessidade de colocar cargas mais volumosas no espaço, quer pelas exigências por missões tripuladas mais longínquas e de muito maior duração, como a ida a Marte, estão a obrigar a uma mudança radical dos sistemas de propulsão em direção a sistemas de propulsão elétrica, permitindo ultrapassar limitações da propulsão química como a baixa velocidade de exaustão, nunca superior a 3,5 Km/s, e a “obrigação” de “carregar” um volume de carburante muito superior à carga que podem deslocar.

As primeiras experiências de propulsão elétrica foram do tipo electro termiais (resistojets e arc jets) depois seguidas por sistemas de propulsão eletrostática – como a propulsão iónica. Ora, há décadas que está em desenvolvimento um novo tipo de motores – os primeiros motores a plasma de que foi exemplo o VASIMIR destinado à viagem tripulada a Marte, em preparação pela NASA. Trata-se de um motor que utiliza um gás – hidrogénio – que é ionizado graças a geradores de rádio frequências, sendo o plasma resultante a altíssima temperatura (da ordem dos milhões de graus em vez das centenas de milhar obtidos em propulsão química), “contido” por magnetos supercondutores e “expulso” a velocidades variáveis, mas nunca possíveis com a propulsão química. Mas, as soluções de motores a plasma exigem uma fonte de eletricidade a bordo compacta e intensa. Qual?

## 14.2. O Vº sistema técnico económico e a utilização dos recursos do oceano profundo

Paralelamente com a ‘nova “corrida” ao Espaço Exterior, o Vº Sistema Técnico Económico vai permitir a exploração de recursos vivos, recursos minerais e recursos energéticos num outra “Nova Fronteira” –o oceano profundo. Que coloca exigências de sustentabilidade ambiental muito significativas. E nesta “Fronteira” o Japão está distinguir-se de forma clara

Com efeito o Japão tem-se destacado pelos avanços tecnológicos realizados na identificação de recursos minerais e energéticos no oceano profundo. Uma Agência pública – a JAMSTEC – coordena o apoio do Estado à I&D nesta área muito exigente em robótica e maquinaria submarinas.

E na exploração dessa nova fronteira de recursos o Japão tem dado especial relevo

- As **terras raras** – ou seja, minérios contendo em quantidades economicamente exploráveis elementos cada vez mais utilizados nas tecnologias da fotónica, opto eletrónica, eletrónica e electro magnética e de que atualmente a China detém mais de 90% dos recursos conhecidos em terra;
- Os **hidratos de metano** – hidrocarbonetos existentes sob forma de gelo a grandes profundidades do oceano (ou sob o permafrost das regiões árticas), que podem ser utilizados como fontes primárias de energia para transformações energéticas diversas, recursos que um país que não dispõe de reservas nem de petróleo nem de gás natural no seu território considera poderem reforçar a segurança do seu abastecimento energético.
- Os **sulfuretos poli metálicos** – existentes na proximidade de fontes hidrotermais ativas ou inativas

Figura 60

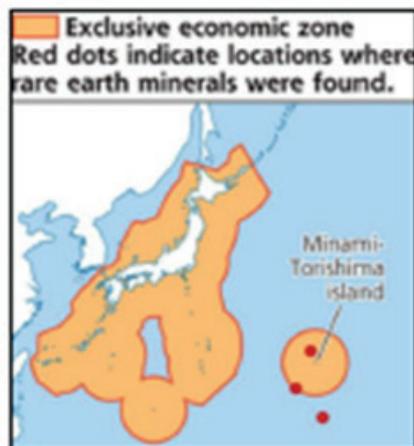
Zoom sobre o japão e o conhecimento e utilização do oceano profundo

**EXPLORAÇÃO DO OCEANO PROFUNDO- JAPAO**

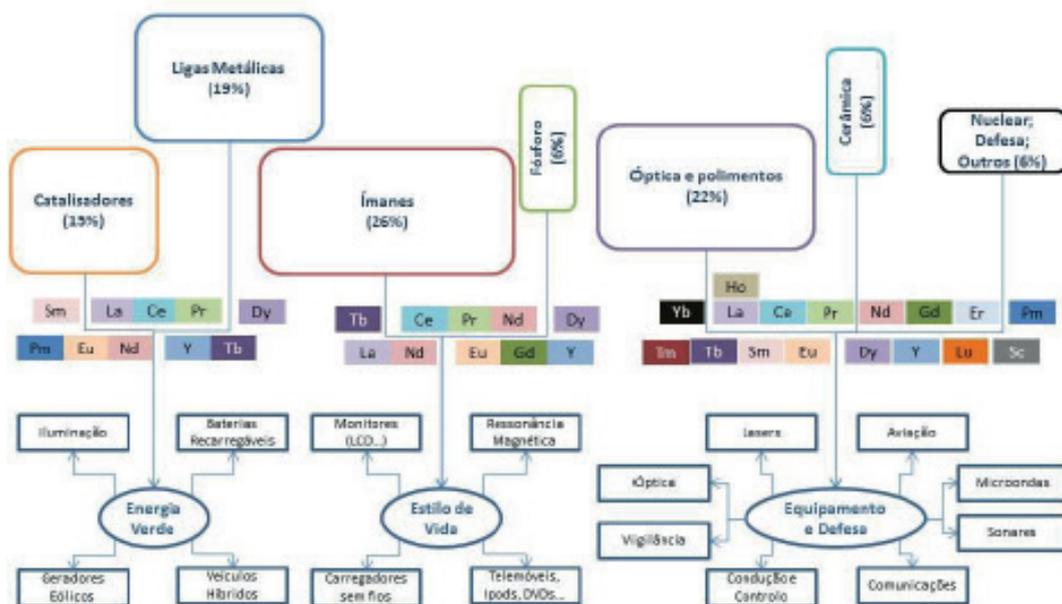
**EXPLORANDO TERRA RARAS NO FUNDO DO MAR,**

“ Japan finds rare earths in Pacific seabed”- BBC- 4 July 2011

“Japanese researchers say they have discovered vast deposits of rare earth minerals, used in many hi-tech appliances, in the seabed. The geologists estimate that there are about a 100bn tons of the rare elements in the mud of all the Pacific Ocean floor. At present, China produces 97% of the world’s rare earth metals. Analysts say the Pacific discovery could challenge China’s dominance, if recovering the minerals from the seabed proves commercially viable



Utilizações de Elementos de Terras Raras por tipos de aplicações (% do volume das utilizações mundiais)



Fonte: UNCTAD, Commodities at a Glance, Special Issue on Rare Earths, 2014

**EXPLORAÇÃO DO OCEANO PROFUNDO- JAPÃO  
EXPLORANDO TERRA RARAS NO FUNDO DO MAR**

Em 2018 “Global trove of rare earth metals found in Japan’s deep-sea mud” By Roni - Science Apr. 13, 2018

A “semi-infinite” supply of rare earth metals used in batteries, electric vehicles, and other green energy technologies has been found in deep-sea mud about 1850 kilometers southeast of Tokyo, *The Wall Street Journal* reports.

Japanese researchers estimate the roughly 2499-square-kilometer region of seabed holds more than 16 million tons of rare earth oxides, including 780 years’ worth of the global supply of yttrium, 620 years’ worth of europium, 420 years’ worth of terbium, and 730 years’ worth of dysprosium, they write this week in *Scientific Report*

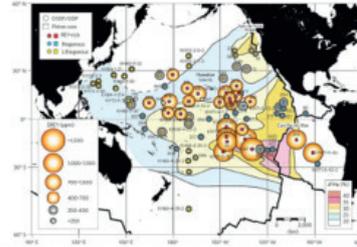


Figure 1 | Distribution of average SREY content in seabed mud with 1-cm diameter in the Pacific Ocean. (Color online) SREY values and locations represent the University of Tokyo probe results, with values corresponding to the dominant origin of seabed muds. SREY values are also shown samples from the seabed surface. Contents represent median SREY values of 100-cm-diameter muds. SREY values with average SREY >100 ppm is designated as a potential resource in this study.

Fonte: Kato, T., Fujiwara, K., Nakamura, K., Takaya, Y., Kitamura, K., Ohta, I., Tada, R., Nakashima, T. and Iwamoto, K., Deep-sea mud in the Pacific Ocean as a potential resource for rare-earth elements, *Nature Geoscience Letters*, July 2018

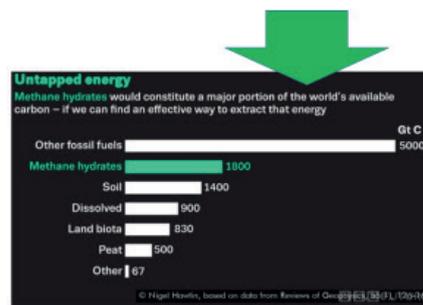
The find could challenge China’s dominance on the rare earths’ world market, but extracting such metals from seabed sludge is expensive and difficult; scientists say it could take up to 5 years to figure out the best method.

**– EXPLORAÇÃO DO OCEANO PROFUNDO- JAPÃO**

**EXTRAINDO HIDRATOS DE METANO DO FUNDO DO MAR**



Os Hidratos de Metano –se a sua extração se tornar economicamente competitiva poderão no longo prazo vir a constituir uma base de recursos para economia do Hidrogénio que o Japão está desenvolver como forma de mitigação das alterações climáticas. Permitindo a obtenção de hidrogénio e pó de carvão sem emissão de CO2



(Credit: Nigel Hawtin, based on data from *Reviews of Geophysics*, 55(1), 126-168)

**EXPLORAÇÃO DO OCEANO PROFUNDO- JAPÃO**

**EXTRAINDO HIDRATOS DE METANO NO OCEANO PROFUNDO- JAPÃO**

Em 2013- “Japan becomes first nation to extract ‘frozen gas’ from seabed”  
Successful extraction from frozen methane hydrate deposits is the first example of production of the gas offshore  
“The Ministry of Economy, Trade and Industry showed what it said was gas flaming from a pipe at the project in the Pacific Ocean 80 kilometres (50 miles) off the coast of central Japan. The breakthrough could be a step toward eventual commercial production, though the costs of extracting gas from the seabed are much higher than for other forms of production.”



In 2013, the deep-sea drilling vessel Chikyu succeeded in extracting methane hydrate from the waters around central Japan (Credit: Getty Images)

The JOGMEP Japan Oil, Gas and Metals National Corp and a government research institute, the National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, used a technology they developed to reduce pressure in the underground layers holding the methane hydrate 1,330 metres (4,363 feet) below the sea surface, and then dissolved it into gas and water, collecting the gas through a well, the ministry said.

Zoom sobre o Japão e o conhecimento e utilização do oceano profundo (continuação)

**Em 2017 - “Japan, China have extracted methane hydrate from the seafloor”**

This month, teams from Japan and China have successfully extracted methane hydrate, a hydrocarbon gas trapped in a structure of water molecules, off the seafloor. The substance looks like ice but can be set on fire, and it's energy-dense—one cubic meter of methane hydrate can contain 160 cubic meters of gas.... According to the Department of Energy, methane hydrates are abundant on the seafloor and under permafrost, and they contain “perhaps more organic carbon than all the world's oil, gas, and coal combined.”

Such vast reserves of fossil fuels are untapped because of how difficult it is to extract them. As a 2012 post from the Energy Information Agency (EIA) stated, until recently, methane hydrates “provided more problems than solutions.”... The “ice” substance that contains the gas generally can't just be picked up off the seafloor because it disintegrates outside of its high-pressure environment. The South China Morning Post wrote that current extraction efforts involve machinery “to depressurize or melt [the methane hydrate] on the sea bed and channel the gas to the surface.” As a 2012 post from the Energy Information Agency (EIA) stated, until recently, methane hydrates “provided more problems than solutions.”... The “ice” substance that contains the gas generally can't just be picked up off the seafloor because it disintegrates outside of its high-pressure environment. T



A photo of the rig extracting methane hydrate from the South China Sea.

\* The Straits Times said Chinese officials are hoping for commercialization before 2030, and Reuters reported that Japanese officials are hoping to commercialize methane hydrate-extracting technology between 2023 and 2027

**EXPLORAÇÃO DO OCEANO PROFUNDO- JAPAO**

**EXPLORANDO SULFURETOS METÁLICOS NO FUNDO DO MAR** (NUM CAMPO HIDROTÉRMICO INATIVO)

Seafloor polymetallic sulphides distributed across sea areas near Okinawa Prefecture and other sea areas are Japan's indigenous resources.

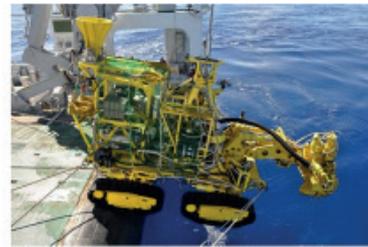
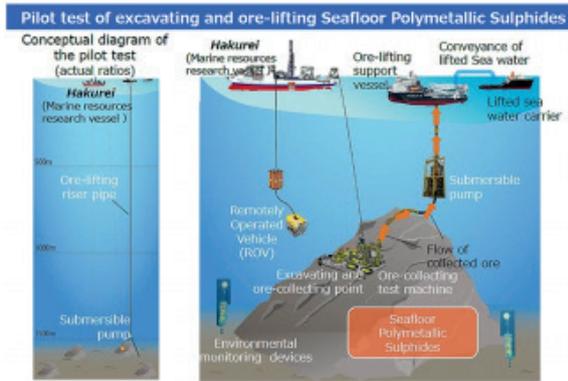
The successful development of these potential resources in Japan is expected to bring about new domestic supply sources of mineral resources, the majority of which Japan relies on imports from overseas to provide it with

According to the Basic Plan on Ocean Policy (approved by the Cabinet on April 26, 2013) and the Plan for the Development of Marine Energy and Mineral Resources (formulated by METI on December 24, 2013), METI has been promoting initiatives, e.g., research for resource amounts of seafloor polymetallic sulphides under sea areas surrounding Japan and basic study and research concerning production technologies.

“2017- The Ministry of Economy, Trade and Industry (METI) and the Japan Oil, Gas and Metals National Corporation (JOGMEC) conducted and succeeded in the world's first pilot test of excavating and ore lifting for seafloor polymetallic sulphides under the sea area near Okinawa Prefecture. In this test, using excavating/ore-collecting test machines, METI and JOGMEC succeeded in excavating the seafloor polymetallic sulphides lying approximately 1,600m below sea level, continuously collecting and lifting them together with seawater by a submersible pump up onto the ore-lifting support vessel. The success of the test marked a large step toward the establishment of technologies required for the development of ocean mineral resources”

Zoom sobre o Japão e o conhecimento e utilização do oceano profundo (continuação)

**EXPLORAÇÃO DO OCEANO PROFUNDO- JAPÃO**  
**EXPLORANDO SULFURETOS METÁLICOS NO FUNDO DO MAR** (NUM CAMPO HIDROTÉRMICO INATIVO)



Ore-collecting test machine launched from the deck of vessel



Ore-collecting test machine working on the seafloor

**14.3. O Vº sistema técnico económico e tendências nas indústrias da defesa**

O Vº Sistema Técnico Económico surge num período em que, após o parentese do “momento unipolar”, em que se assistiu a confrontos entre uma superpotência – os EUA – e candidatos a potência regional no Golfo Pérsico (Irão) ou organizações terroristas com retaguardas territoriais (Al Qaeda no Afeganistão/Paquistão e ISIS na Síria/Irão) e se regressa a uma acesa competição entre potências com ambições globais ou macro regionais. Competição em que desempenha um papel cada vez mais decisivo o **controlo integrado dos fluídos estratégicos – oceanos, espaço aéreo, espaço exterior e ciberespaço.**

Considerámos sete evoluções tecnológicas principais na “Arte da Guerra” que vão começar a ser dominantes neste Vº Sistema Técnico-Económico:

- a) **Das armas de destruição maciça às armas de paralisação total ou parcial** – em sociedades organizadas a partir do ciberespaço e com sistemas de armas centrados na eletrónica – torna-se possível infligir danos severos às sociedades e/ou neutralizar sistemas de armas ofensivas, recorrendo à ciberguerra, às armas de micro ondas e, numa escala mais elevada de confronto, às armas de *Electro Magnetic Pulse* (EMP).
- b) **Do papel crucial do Espaço Exterior na condução das guerras convencionais** – terra, mar e ar – ao Espaço Exterior como espaço de confronto estratégico com a colocação de armas no espaço – por exemplo, para destruir satélites ou mísseis balísticos em voo.
- c) **Das plataformas aéreas às plataformas aeroespaciais** – como sistemas ofensivos capazes de atuarem a muito longa distância, saindo e reentrando na atmosfera com elevada velocidade e transportando armas de grande precisão.
- d) **Da furtividade das plataformas aéreas à hipervelocidade das plataformas e dos mísseis** para romper barreiras defensivas.
- e) **Dos explosivos – incluindo os explosivos nucleares – às armas de energia dirigida** – armas de energia cinética e armas laser – a localizar quer no Espaço Exterior quer no espaço aéreo, quer no espaço oceânico.
- f) **Dos drones e dos robots ... e dos novos torpedos** – da guerra telecomandada à robótica autónoma e em grupo.
- g) Da vulnerabilidade das comunicações cifradas **ao desenvolvimento de uma criptografia** assente num nova conceção de computação – **a computação Quântica**.

Se considerarmos este conjunto de mudanças, podemos constatar uma cada vez maior necessidade de recorrer a fontes de geração de eletricidade com grande potência, instaladas em plataformas móveis, operando nalguns desses fluídos, o que leva à importância de **avanços mais rápidos na fusão nuclear compacta. Para responder a esta “eletrificação da guerra”**.

NAVIOS AUTÓNOMOS – COMPONENTE DE NETWORK CENTRIC WARFARE NAVAL

Figura 61

Sea Hunter, um navio autónomo



*The U.S. Navy’s Sea Hunter unmanned surface vessel has become the first ship of any description to ever sail from San Diego, California to Pearl Harbor, Hawaii and back without the need of a crew for navigation and steering. It’s a significant milestone for this particular vessel and its future cousins, which the service has primarily been developing as anti-submarine warfare platforms, but could also provide electronic warfare support and acting as decoys to help shield friendly forces.*

*Defense contractor Leidos, which is leading the Sea Hunter project for the Navy, announced the achievement in a press release on Jan. 31, 2019. The notice did not say when the trimaran craft, formally known as the Medium Displacement Unmanned Surface Vehicle (MDUSV), had left from or returned to San Diego, a round trip of more than 5,200 miles.*

*The overarching principle behind the unmanned warships is to use them to overwhelm an enemy at sea, stretching and breaking an adversary’s ability to keep track of all the U.S. Navy can throw at it. In any future conflict the Navy will press opponents with tactical aircraft, submarines, surface ships, and even space surveillance. It will be hard enough for the enemy to keep track of manned surface combatants. When every cruiser and destroyer is controlling one or two unmanned combatants – each of which is feeding it vital information and presents a threat – the enemy’s worries increase dramatically.*

*At the same time, drone ships act as force multipliers. They can increase a fleet’s sensor detection range. For example, the ship could sail as much as 100 to 200 nautical miles ahead of a carrier task force, providing early warning of high-speed anti-ship missiles. An unmanned warship can sail into dangerous territory a manned warship might find too risky. The ships could also perform so-called “economy of force” tasks, keeping an eye on relatively low-threat areas while the manned ships do something else.*

Fonte: The Drive-The War Zone.

No final da segunda Administração Obama, confrontado com o avanço da China e da Rússia em termos de novas tecnologia para a Defesa e com o atraso na introdução de sistemas cujo desenvolvimento se arrastou durante o período desta Administração, o ultimo Secretário da Defesa – Ash Carter – tentou retomar a iniciativa anunciando os parâmetros da que deveria ser uma terceira Estratégia de ultrapassagem dos rivais em termos de tecnologias da Defesa (vd. Caixa).

## THIRD OFFSET STRATEGY – ORIGENS E SUPORTES TECNOLÓGICOS

1) Nas Origens da *Third Offset Strategy*

“In 2012, the Pentagon’s senior leadership secretly established a new office to work on state-of-the-art weapons. For the next four years, officials there labored away quietly on projects ranging from swarming micro drones to hypervelocity projectiles, until the Pentagon finally revealed the organization’s existence. This shadowy division, called the **Strategic Capabilities Office, or SCO**, formed part of a larger military strategy to advance technology, known as the **Third Offset**. That included also a **Defense Innovation Unit Experimental (DIUx)**, which put a Pentagon office in the heart of Silicon Valley with a mandate to experiment with new technologies

The strategy, first publicly announced in 2014 by then-Secretary of Defense Chuck Hagel, was an ambitious plan to do less with more, and “to identify and invest in innovative ways to sustain and advance America’s military dominance for the 21st century.” Hagel promised to “put new resources behind innovation, but also account for today’s fiscal realities — by focusing on investments that will sharpen our military edge even as we contend with fewer resources.”

Both the SCO and DIUx were the brainchild of former President Barack Obama’s final defense secretary, **Ash Carter**, and **operated under the idea that when it comes to developing things like artificial intelligence, space systems, and encrypted communications, the United States was falling behind adversaries like China and Russia in key areas.**

“(Deputy Secretary of Defense) Robert Work reminded the audience that the United States has enjoyed a conventional advantage over recent adversaries. Importantly, that advantage has been against small regional powers. There has been less worry about peer competitors since the end of the Cold War, he said, but that has changed again over the past decade. With an ascendant China and a re-strengthened Russia, a new military strategy called the Third Offset “helps deter a conventional conflict with a large state power,” according to Work. A key facet is strengthening conventional deterrence. In short, the Third Offset is meant to help prevent war with a great power by ensuring that if we did ever fight, we would prevail”

2) Tecnologias Chave para a *Third Offset Strategy*

“Much has been written about the Third Offset strategy, which aims to reassert America’s military technological edge. But Robert Work gave greater insight into five key points he is looking into over the next year:

- **Autonomous “deep learning” machines and systems**, which the Pentagon wants to use to improve early warning of events. As an example, Work pointed to the influx of “little green men” from Russia into Ukraine as simply a big data problem that could be crunched to predict what was about to happen.
- **Human-machine collaboration**, specifically the ways machines can help humans with decision-making. Work pointed to the advanced helmet on the F-35 joint strike fighter, which fuses data from multiple systems into one layout for the pilot.
- **Assisted-human operations, or ways machines can make the human operate more effectively** — think park assist on a car, or the experimental “Iron Man” exoskeleton suit DARPA has been experimenting with. Work was careful here to differentiate between this point and what he called “enhanced human operations,” for which he did not offer an example, but warned “our adversaries are pursuing [enhanced human operations] and it scares the crap out of us, frankly.”

- **Advanced human-machine teaming**, where a human is working with an unmanned system. This is already going on with the Army's Apache and Grey Eagle teaming, or the Navy's P-8 and Triton systems. "We're actively looking at a large number of very, very advanced things," Work said, including swarms of unmanned systems.
- **Semi-autonomous weapons** that are hardened to operate in an electronic warfare environment. Work has been raising the alarm for the past year about weapons needing to be hardened against such attacks, and noted the Pentagon has been modifying the small diameter bomb design to operate without GPS if denied.

Work stressed the criticalness of **Artificial Intelligence (AI) and autonomy**. "Putting AI and autonomy into the battle network is the most important thing we can do first," he said. **Missile defense, robotics, and unmanned systems** also fit into the Third Offset framework

Fontes: Paul Mc Leary "The Pentagon's Third Offset May be Dead, But No One Knows What Comes Next" Foreign Policy December 18, 2017 ; Ian Livingston "Technology and the Third Offset foster innovation for the force of the future", Brookings, 9 December 2016; Aaron Mehta "Secretary Work Outlines Key Steps in Third Offset Tech Development" Defense News, December 14, 2015

#### 14.4. O enquadramento estratégico e ambiental do Vº sistema técnico económico exige uma mudança radical de paradigma energético, para além do que se pode esperar deste Vº sistema

Mudança radical de paradigma energético que irá para além da que definimos ser uma fase de transição (a "economia do hidrogénio"). Mudança que provavelmente só será difundida num Sistema Técnico Económico posterior, embora tenha grandes avanços na fase de maturidade do Vº Sistema Técnico Económico. Se observarmos que:

- Na área da **Defesa** há uma procura cada vez mais intensa de novas formas de transformação energética que permitam dispor de energia de elevada densidade transportável em suportes móveis de dimensão claramente limitada – o que conduz à procura de soluções de  **fusão nuclear** com conversão direta em eletricidade (ou seja sem recorrer a soluções termomecânicas para transformar calor libertado pela fusão em movimento rotativo para gerar eletricidade a partir de turbinas a vapor). Nas várias linhas de I&D sobre fusão surgem vários modos de confinamento de plasmas aquecidos a temperaturas excecionalmente altas.
- Na área do **Espaço** – sobretudo para as viagens interplanetárias a destinos mais longínquos é de antecipar uma evolução em direção à propulsão eletromagnética, incluindo sob a forma de motores a plasmas.

Da interação entre as trajetórias da Defesa e do Espaço é possível que venha a existir uma convergência em torno de transformações energéticas com elementos comuns e exigências idênticas (ex: supracondutores a alta temperatura).

Se assim for, o Vº Sistema Técnico-Económico que começou com o seu "centro de gravidade" comercial localizado nas aplicações das tecnologias de informação, possa terminar com um contributo para uma revolução energética, em que assente o Sistema Técnico-Económico seguinte, permitindo responder a dois desafios que se colocam à Humanidade

- ○ controlo sobre o clima na Terra
- ○ avanço na exploração do Espaço Exterior