

# O Hidrogénio como vector energético

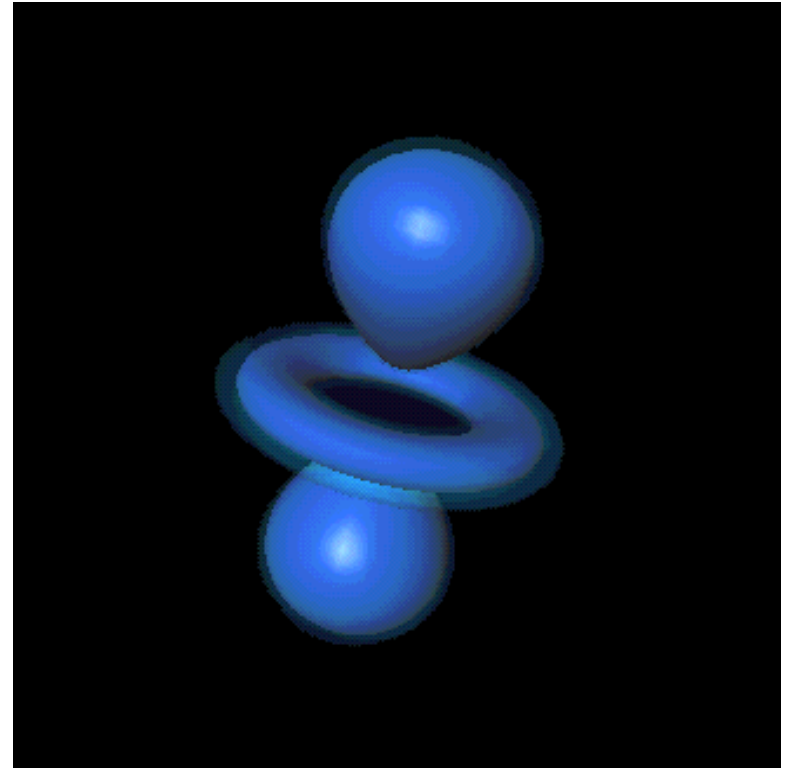
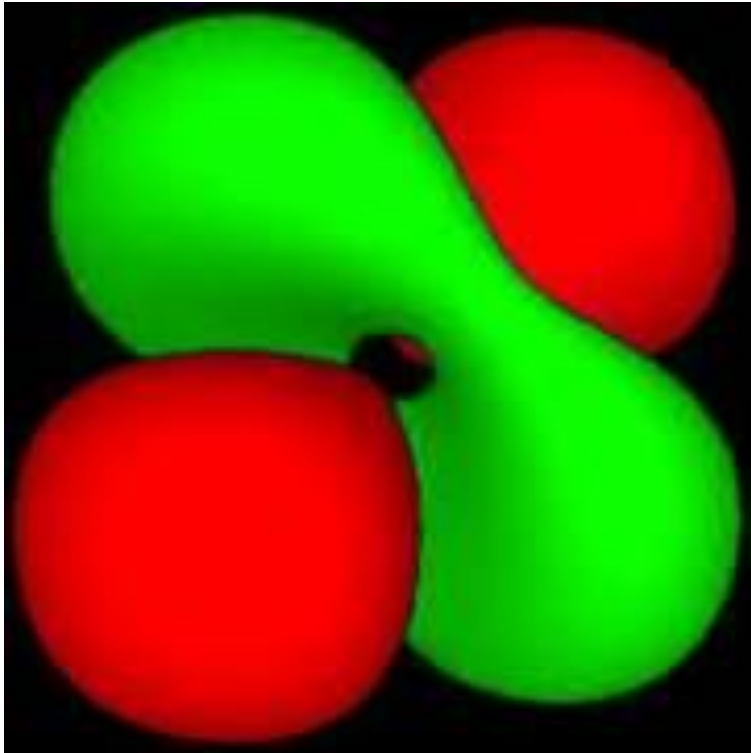
(4º ANO, 2º SEMESTRE)

2019/2020

# Mitos sobre o Hidrogénio

1. Toda uma indústria do hidrogénio teria de ser desenvolvida de raiz;
2. O hidrogénio é muito perigoso, explosivo ou volátil para ser usado como combustível;
3. Produzir hidrogénio gasta mais energia do que a energia que o hidrogénio armazena, por isso é ineficiente;
4. Falta uma forma segura e barata de armazenar hidrogénio nos automóveis;
5. Comprimir hidrogénio para os tanques de armazenamento gasta muita energia;
6. O hidrogénio é muito caro para competir com a gasolina;
7. Produzir hidrogénio suficiente para uma frota de veículos é uma tarefa exageradamente dispendiosa;
8. Visto que as energias renováveis são actualmente muito caras, o hidrogénio teria de ser produzido a partir de combustíveis fósseis ou energia nuclear;
9. A indústria petrolífera e automóvel opõem-se actualmente à ideia do hidrogénio ser uma ameaça competitiva, portanto o seu desenvolvimento do hidrogénio é mera fachada;
10. Há formas mais atractivas do que o hidrogénio de conseguir mobilidade sustentável;
11. Uma transição viável para o hidrogénio demoraria entre 30 a 50 anos a completar-se, e dificilmente se teriam mudanças significativas em menos de 20 anos;
12. A transição para o hidrogénio necessita de um programa nacional
13. A única forma realista de nos livrarmos do petróleo é adoptar um programa radical de mudança para o hidrogénio.

# Molécula de Hidrogénio



# Hidrogénio

- O Hidrogénio é o elemento químico mais abundante no Universo (75%).
- É constituída apenas por um protão e por um electrão, sendo por isso o primeiro elemento da tabela periódica
- É o elemento e a molécula mais leve conhecido – 8 vezes mais leve que o gás natural.
- Quando arrefecido ao seu estado líquido ocupa um espaço equivalente a 1/700 do seu estado gasoso.
- É o elemento que contém o maior valor energético por unidade de massa - 120,7 kJ /g
- O hidrogénio molecular ( $H_2$ ) é constituído por 2 átomos que partilham electrões entre eles.
- Dada a sua grande actividade química, o hidrogénio não se encontra na sua forma livre na natureza, mas existe normalmente combinado com outros elementos. Na Terra encontra-se fundamentalmente sob a forma de água, combinado com o oxigénio, e em compostos orgânicos.
- Em condições normais de pressão e temperatura é um gás, não tem cor, cheiro ou sabor, não sendo tóxico.

# Hidrogénio

- Não é considerado uma fonte de energia, mas sim um transportador energético, como a electricidade ou gasolina. O hidrogénio não é uma fonte de ER, é uma forma de armazenamento e distribuição de energia, seja proveniente de uma ER, seja do gás natural, ou de outro meio qualquer apto à sua produção.
- É muito versátil pois pode ser armazenado em grandes quantidades, pode ser produzido a partir de quase todas as fontes de energia e ser utilizado em quase todas as aplicações energéticas.
- Está presente nos combustíveis fósseis – 2/3 dos átomos que constituem os combustíveis fósseis são hidrogénio.
- O hidrogénio é menos poluente que os tradicionais combustíveis uma vez que a sua combustão tem apenas como produto, além da energia, o vapor de água.

# Historial

## Quem descobriu o Hidrogénio?

- O gás hidrogénio,  $H_2$ , foi o primeiro produzido artificialmente e formalmente descrito por T. Von Hohenheim (também conhecido como Paracelso, 1493–1541) por meio da reação química entre metais e ácidos fortes.
- Em 1671, Robert Boyle redescobriu e descreveu a reação entre limalhas de ferro e ácidos diluídos, o que resulta na produção de gás hidrogénio.
- Em 1766, Henry Cavendish foi o primeiro a reconhecer o gás hidrogénio como uma discreta substância, ao identificar o gás de uma reação ácido-metal como "ar inflamável" e descobrindo, em 1781, que o gás produz água quando queimado. A ele geralmente é dado o crédito pela sua descoberta como um elemento químico.
- Em 1783, Antoine Lavoisier deu ao elemento o nome de hidrogénio - do grego (hydro) água e (genes) gerar - quando ele e Laplace reproduziram a descoberta de Cavendish, onde água é produzida quando hidrogénio é queimado.

# Historial

*“Eu acredito que um dia hidrogénio e oxigénio, que juntos formam água, serão utilizados, separados ou juntos, como uma inesgotável fonte de calor e luz. - ”Jules Verne “A ilha misteriosa”, 1874*

*“Quando se esgotarem os depósitos de carvão, seremos aquecidos com água, sendo esta decomposta nos seus elementos pela electricidade. A água será o carvão do futuro“. – Cyros Harding, 1875*

# Historial

- O hidrogénio é usado como gás industrial à mais de 100 anos.
- Estima-se que a produção global de hidrogénio varia entre 600 e 700 biliões de m<sup>3</sup>, sendo o crescimento anual de 10 %. Cerca de 60 % desta produção destina-se a processos de indústria química e petroquímica.
- A maior parte do hidrogénio produzido a nível mundial provêm de derivados fósseis como o petróleo, gás natural e carvão. Cerca de 95% da produção mundial resulta de processos químicos ou das refinarias.
- A aplicação do hidrogénio nas células de combustível representa um pequeno nicho no mercado deste combustível, nicho esse com um elevado potencial de crescimento.



# Aplicações actuais do hidrogénio

- A maioria do hidrogénio produzido (55%) é aplicado para fins não energéticos, como é o caso da síntese da amónia ou do metanol, produção de ferro e aço, tratamento de óleos e gorduras e aplicado também na indústria do vidro e de componentes electrónicos.
- O hidrogénio é utilizado indirectamente para aplicações energéticas, especialmente nas refinarias, uma vez que é necessário proceder à dessulfuração do fuel de forma que os novos limites máximos autorizados para compostos sulfúricos na gasolina e no diesel sejam cumpridos.
- Apenas 5% do hidrogénio produzido é aplicado directamente em energia.

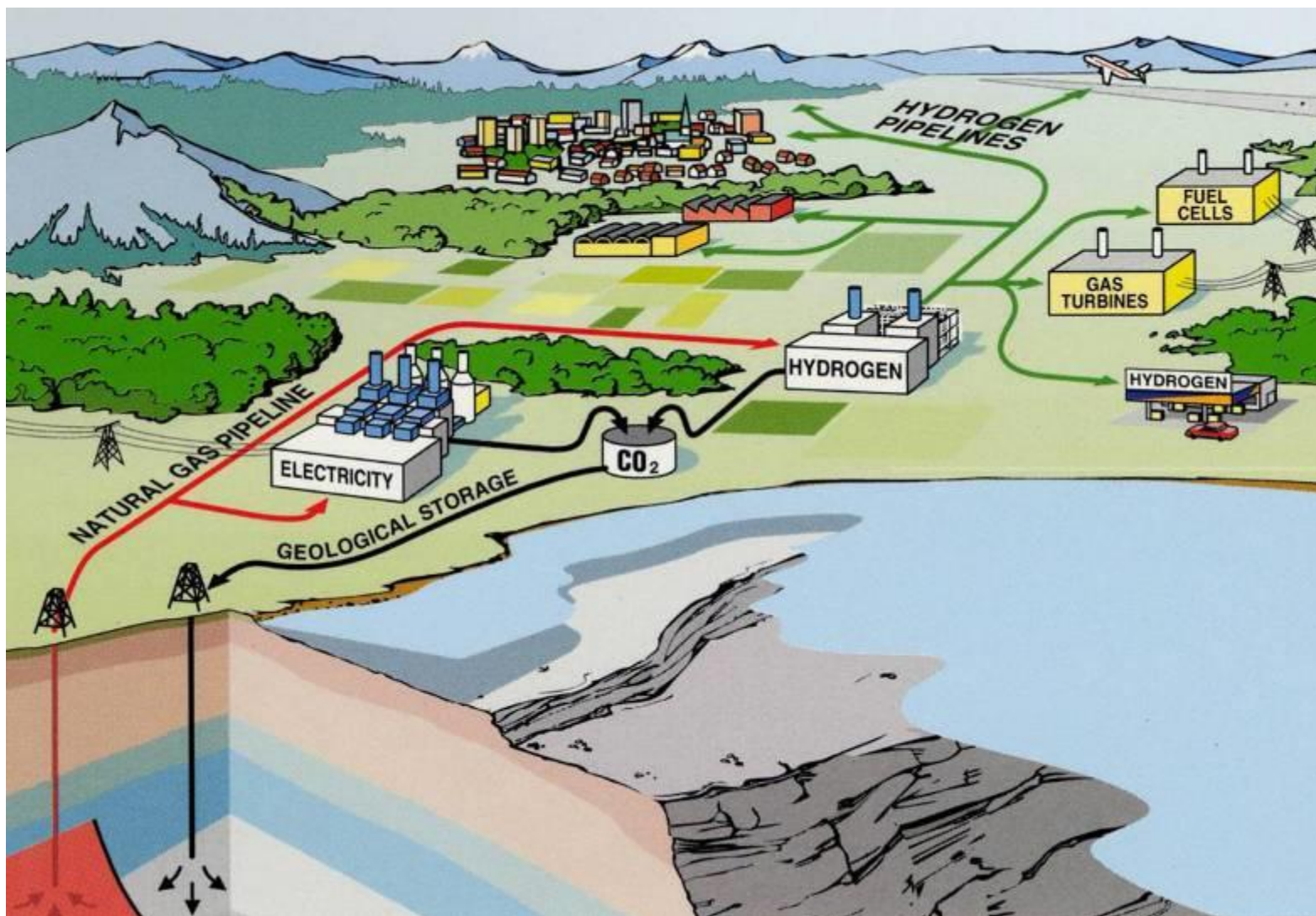
# Porquê do uso do hidrogénio como forma de energia

- Aumento da procura de energia
- Reservas de petróleo e gás natural limitadas. É previsível que a produção global de petróleo e de gás natural atinja o seu pico dentro de aproximadamente 40 anos.
- Independência dos países produtores de petróleo.
- Emissões de CO<sub>2</sub> e aumento da temperatura global do planeta
- O Hidrogénio é um vector energético de acumulação de energia;
- Viabiliza um modelo baseado na utilização de energias renováveis;
- É uma solução para a mobilidade;
- É o combustível com maior poder energético específico (KW/Kg) - um kg de H<sub>2</sub> equivale a 400 kg de baterias de chumbo;
- É possível produzir H<sub>2</sub> de forma ilimitada e a partir de muitas fontes
- É o melhor candidato para o armazenamento e a portabilidade;

# O hidrogénio como vector energético

- Possibilita a redução da dependência externa de recursos energéticos (nomeadamente de combustíveis fósseis) dado que todos os países possuem água e alguma forma de energia primária sustentável;
- Contribui significativamente para a diversidade e segurança energéticas (como vector energético pode ser produzido a partir de uma variada gama de fontes de energia);
- Permite uma grande variedade de aplicações (estacionárias, móveis e portáteis);
- Tem um reduzido impacto ambiental (que depende do ciclo completo de produção, armazenamento, distribuição e utilização final). Salientam-se:
  - ❖ Emissões nulas (na produção) quando obtido a partir de Energias Renováveis;
  - ❖ Redução de emissões (na produção) quando obtido através do reforming;
  - ❖ Emissões nulas (na utilização) quando usadas células de combustível em conjugação de um condensador de vapor de água;
  - ❖ Baixas emissões de NOx (na utilização) quando usado em motores de combustão interna;
- Permite o alargamento do papel das Energias Renováveis no sector energético na medida em que proporciona um meio efectivo para o seu armazenamento e distribuição, solucionando o problema da intermitência das fontes;

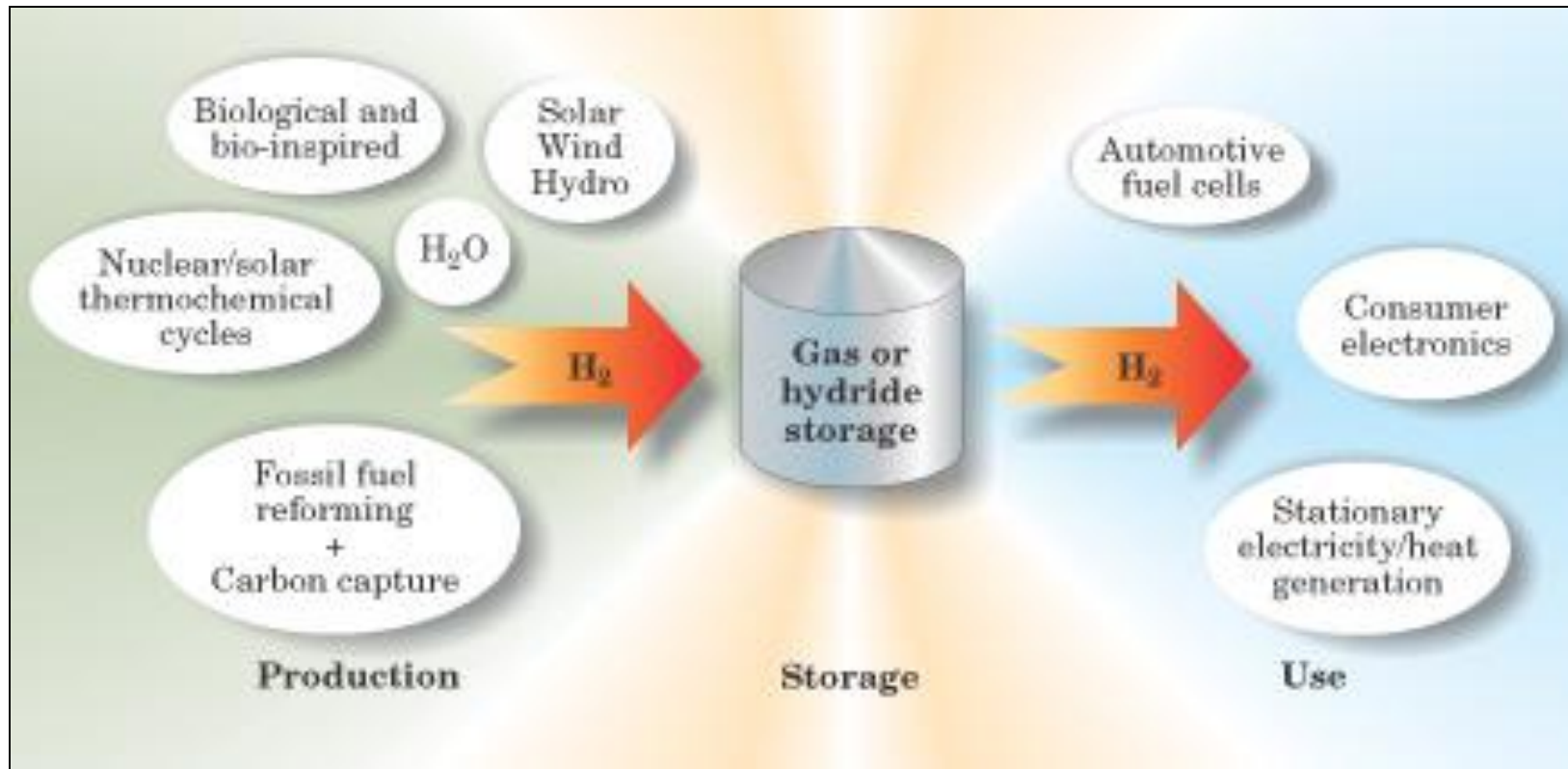
# Economia do Hidrogénio



# Economia do Hidrogénio

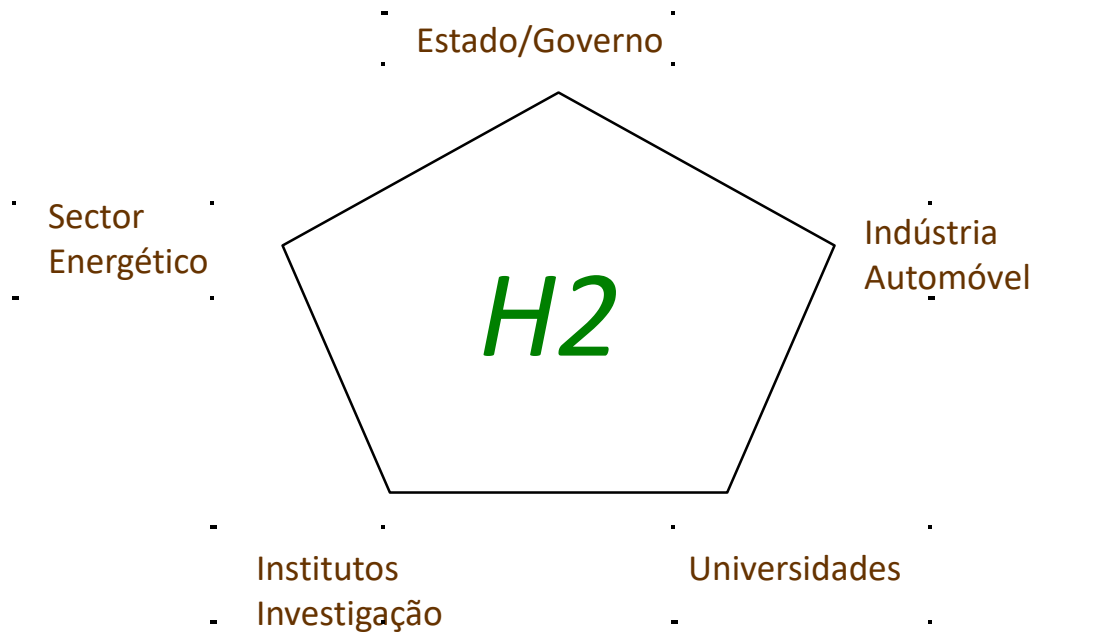
- Produção: Optimização, em eficiência e custo, dos processos de produção de hidrogénio, com particular atenção à produção via renovável como a electrólise e outros métodos alternativos (exemplos: biomassa, processos biológicos);
- Armazenamento: Aperfeiçoamento das tecnologias de armazenamento e transporte de hidrogénio existentes, por forma a torná-las baratas, seguras e eficientes;
- Utilização: Diminuição do custo de células de combustível eficientes, optimização do valor da razão peso/eficiência, desenvolvimento de técnicas de cogeração.

# Economia do Hidrogénio



# Economia do Hidrogénio

## Actores da "Economia do Hidrogénio"



# Barreiras Políticas/Sociais

- Falta de consenso público/intergovernamental sobre que soluções energéticas serão as mais viáveis e quais são as prioridades energéticas.
- Desconhecimento da maior parte da população do potencial do hidrogénio enquanto vector energético do futuro. Como a aposta neste vector implica um mudança de paradigma energético a sua aceitação generalizada é de lenta.
- A energia ser um negócio global, onde as principais empresas do sector operam a nível global, e em que por isso a tendência de mudança é na continuidade de uma lógica de produção centralizada e de utilização fontes de hidrogénio não renovável.



# Barreiras Económicas

- Os custos actuais de produção, distribuição, armazenamento e utilização ainda não são competitivos comparativamente com os combustíveis tradicionais e por isso a inserção de soluções tecnológicas no mercado será apenas parcial, não se prevendo a curto prazo a implementação de uma economia do hidrogénio.
- Ainda não existem suficientes aplicações comerciais no sector estacionário, de transportes e portátil.
- É necessário garantir I & D para reduzir os custos, especialmente os de armazenamento e de produção de hidrogénio via energias renováveis.

# Infra-estruturas

- Nos países desenvolvidos já existe um sistema global de distribuição de combustíveis baseados em recursos fósseis, o que coloca problemas relativamente a investimentos a fazer a nível de infra-estruturas para hidrogénio (adaptação das existentes e construção de novas).
- As infra-estruturas actuais ainda se encontram num período de recuperação do investimento, não existindo, por isso, interesse político na descentralização.
- A economia de hidrogénio surge numa perspectiva de médio-longo prazo, onde será viável efectuar tais investimentos.

# Questões de segurança e de regulamentação

- O hidrogénio não é menos seguro que outros vectores energéticos, apenas possui diferentes questões de segurança.
- Para a introdução comercial (para efeitos de massificação do consumo e de confiança do consumidor) de aplicações finais de hidrogénio é necessário a harmonização internacional de regulamentos em termos de normas de segurança, códigos e standards, que ainda não existe.

# Desenvolvimento económico e aumento populacional

- O documento europeu “World Energy Technology and Climate Policy Outlook” – WETO prevê um crescimento médio anual de 1,8% de utilização de energia primária no mundo todo, no período de 2000/2030. Este aumento está a ser alimentado principalmente pelas reservas de combustíveis fósseis, que emitem vários gases de efeito de estufa e outros poluentes.
- Actualmente o nível de emissões de CO<sub>2</sub> per capita nos países em vias de desenvolvimento é de 20% das emissões dos principais países industrializados. No entanto, ao ritmo crescente de população e desenvolvimento económico, estima-se que, em 2030, metade das emissões de CO<sub>2</sub> será da responsabilidade dos países em vias de desenvolvimento.
- É considerado da responsabilidade dos países industrializados o desenvolvimento de novos sistemas de energia que alterem esta situação. O Hidrogénio e as células de combustíveis, são apontados por várias agências energéticas internacionais e governos como a solução mais capaz de futuro.
- A solução mais sustentável é que os países em desenvolvimento sejam capazes de dar um salto em termos de lógica de utilização energética (tipo de produção e consumo, de fontes primárias e de vector energético). Infelizmente, os sistemas energéticos e as células de combustível actuais ainda não estão a um nível competitivo tal, que este salto possa ser já uma realidade.

# Segurança energética e de fornecimento

- A sociedade actual depende essencialmente da disponibilidade ininterrupta de combustíveis fósseis a preços acessíveis, concentrados num número reduzido de países, em que alguns têm uma situação geo-política bastante instável.
- Prevê-se que a importação europeia de petróleo suba dos actuais 50% até aos 70% em 2020, se o paradigma de consumo não se alterar. Com a diminuição de recursos fósseis prevê-se um aumento gradual dessa instabilidade política e de preços.
- O hidrogénio pode ser produzido em qualquer parte do mundo, através de combustíveis fósseis, nuclear e dos vários tipos de energias endógenas (que começam agora a afirmar-se como umas das principais fontes de energia primária). Assim, o preço do H<sub>2</sub> como vector energético deve ser mais estável que o de qualquer fonte de energia primária.

# Segurança energética e de fornecimento

- A introdução do H<sub>2</sub> (em paralelo com a electricidade e os biofuels), permitirá a médio prazo a exploração de recursos que melhor se adaptam às circunstâncias regionais.
- Estes vectores permitem também a descentralização da produção de energia, baseada redes dinâmicas e *utilização in situ*. A descentralização é atractiva porque permite a independência energética regional e uma melhor adaptação às necessidades dos consumidores, e diminuí o risco de grandes e generalizados apagões e de exposição a ataques terroristas.
- A capacidade de mais facilmente armazenar hidrogénio que electricidade permite o balanceamento da intermitência das energias renováveis e a sua introdução massiva no sector dos transportes.

# Alterações climáticas

- O uso de combustíveis fósseis é responsável pela maioria das emissões de gases de efeito de estufa. Embora os esforços internacionais não tenham ainda resultado numa concertação mundial política (com o fracasso do protocolo de Kyoto), o reconhecimento da necessidade urgente de travar o aumento das emissões destes gases é generalizado e vários países (UE incluída) estão a adoptar políticas interventivas, já que o preço de não fazer nada para combater dos gases de estufa excederá o custo de investir em tecnologia que minimize a sua emissão.
- Paralelamente, várias empresas, energéticas e de transportes, muitas com dimensão multinacional, estão actualmente a estudar e desenvolver fontes alternativas de energia.
- O Hidrogénio pode cumprir um papel importante numa economia global não sustentada no carbono, já o seu uso em células de combustível apenas emite vapor de água e estas são mais eficientes que os sistemas de combustão. A produção de  $H_2$  via energias renováveis (e nuclear) não tem associada emissões prejudiciais relevantes.

# Qualidade do ar

- Esta é uma das principais preocupações de saúde pública actual. Embora tenha havido um desenvolvimento grande nas tecnologias convencionais e o aparecimento de novas técnicas de tratamento pós combustão, as grandes metrópoles continuam e continuarão a sofrer todas de problemas relacionados com a qualidade do ar, já que actualmente a tendência é o aumento populacional ser urbano.
- O sector dos transportes e as centrais eléctricas são dos principais poluidores atmosféricos. Veículos e produção energética estacionária a hidrogénio têm zero emissões, em termos de utilização, promovendo um aumento substancial da qualidade do ar local.



# Investimento de grandes empresas

- Contrariamente ao verificado no sector das energias renováveis, as grandes empresas petrolíferas e do ramo automóvel estão a investir bastante no desenvolvimento do hidrogénio como vector energético, principalmente na área das células de combustível, armazenamento e infra-estruturas de hidrogénio para veículos automóveis. Este pode ser um factor decisivo, uma vez que o grande parte do I & D efectuado nesta área é actualmente da responsabilidade de grandes grupos económicos.
- Este investimento (\$500 milhões e \$1 bilião por ano) é um indicador inequívoco do enorme mercado potencial que representa o hidrogénio e todas as tecnologias a ele associadas.

# Investimentos institucionais

- Em todos os documentos estratégicos das principais potências mundiais é sublinhada a importância dos apoios e investimentos institucionais na fase inicial da implementação de uma economia H<sub>2</sub>.
- Esta linha de acção é seguida, não para retirar a iniciativa ao sector privado, mas exactamente para demonstrar à opinião pública e aos investidores que existe uma alternativa ao sistema energético actual e assim estimular a procura (condição essencial para o desenvolvimento de um mercado em torno das tecnologias associadas ao hidrogénio).
- O sector institucional comportar-se-ia assim como um catalisador, promovendo um salto tecnológico que as empresas, por elas próprias, não conseguiriam dar.

# A visão da Comunidade Europeia

*“The European Union and the world need affordable, secure and sustainable flows of increasing amount of energy.*

*... Boosting the development and deployment of cleaner and more efficient energy technologies is a vital part of this policy.*

*Hydrogen and fuel cells technologies have the potential to contribute significantly to it”*

# A visão da Comunidade Europeia

## *Objectivos da UE para 2020- Valores anuais*

- 100.000 sistemas de pequena potência (nichos de mercado);
- 250 milhões FC para electrónica portátil;
- 100.000 a 200,000 FC para cogeração;
- 400.000 a 1.8 milhões de veículos a H<sub>2</sub>.

## *Consumo de H<sub>2</sub> na UE em 2020*

- 860.500 a 2.520.000 t de H<sub>2</sub>

A produção de 20% do Hidrogénio carbon free significa um investimento, até 2020, de 8.000 MW em energias renováveis.

# A visão da Comunidade Europeia

“Economia do Hidrogénio” em 2020

- 5 a 15 biliões de € em sistemas a FC
- 2,5 a 5 biliões de € no mercado do H<sub>2</sub>

Investimento (acumulado) de 8.000 MW em energias renováveis

# O Plano de Acção da EU

1: Veículos a Hidrogénio e estações de abastecimento:

mercado de produção em série em 2020

*Investimento 2,7 biliões de €, até 2015*

2: Produção sustentada de Hidrogénio

10 a 20% do H<sub>2</sub> CO<sub>2</sub> free

*Investimento estimado 0,8 biliões de €*

3: FC para cogeração e para produção de energia para a rede

Em 2015 a capacidade instalada superior a 1,000MW

*Investimento estimado: 2,8 biliões de €*

4: FC para nichos de mercado

até 2012 20,000 sistemas a pilhas de combustível

*Investimento estimado: 1,1 biliões de €*

# Em Portugal

- Dada a previsível adopção generalizada do hidrogénio no médio-longo prazo, é necessário investir em I & D em Portugal.
- A possibilidade de o país estar dotado de “know-how” e até de tecnologia não deve ser enjeitada, pois as oportunidades daí decorrentes afiguram-se como muito significativas: quer a hipótese de o país se poder colocar na linha da frente (evitando a importação “ad-hoc” de tecnologia e conhecimento), quer as perspectivas de mercado futuras como a exportação para os PALOPS.
- Trata-se de um mercado promissor, visto serem países em vias de desenvolvimento com necessidades de consumo energético crescentes e redes de distribuição deficientes tornando-se palcos privilegiados para a implementação de uma economia energética baseada no hidrogénio renovável.

# Legislação

Decreto-Lei nº 363/2007, de 2 de Novembro, ou “Renováveis na hora”

Este Diploma surge na linha das medidas de orientação da Estratégia Nacional para a Energia (RCM 169/2005) e estabelece o regime jurídico aplicável à produção de electricidade por intermédio de instalações de pequena potência, designadas por unidades de microprodução.

O tarifário de referência (E 650/MWh) depende do tipo de energia renovável utilizada, com a aplicação das seguintes percentagens: solar – 100%; eólica – 70%; hídrica – 30%; biomassa – 30%; pilhas de combustível com base em hidrogénio proveniente de microprodução renovável – percentagem aplicável ao tipo de energia renovável utilizado para a produção de hidrogénio.

Este diploma é, o primeiro a fazer referência expressa às pilhas de combustível de hidrogénio.