



ORDEM  
DOS ENGENHEIROS  
REGIÃO SUL



ANO OE  
ENERGIA E  
CLIMA

# A Relação entre a Indústria e a Academia

Prof. Ribeiro e Silva, S.

Instituto Superior Técnico

## CONSTRUÇÃO NAVAL - UM SETOR EM MOVIMENTO:

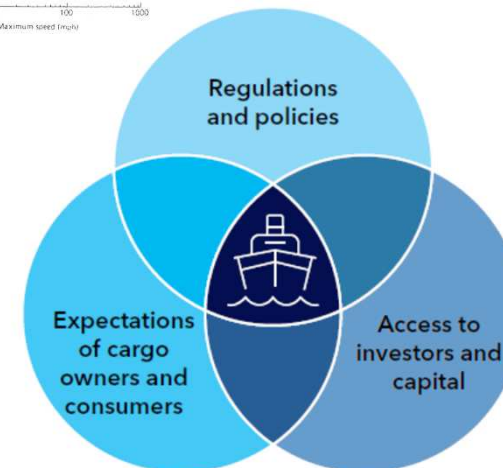
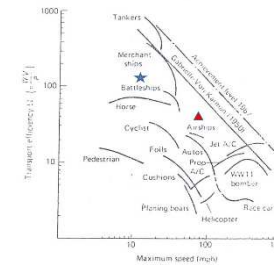
### **A Relação entre a Indústria e a Academia:**

1. A Transição Energética;
2. As Tecnologias *Green Ship* Atuais e Emergentes;
3. As Novas Tecnologias de Produção de Energias Renováveis Oceânicas;
4. Cooperação entre a Academia e a Indústria e os Restantes *Stakeholders*;
5. Metodologias de Desenvolvimento do Empreendedorismo;
6. Propostas de Aceleração em Portugal.

# 1. A Transição Energética

## Enquadramento:

- O **transporte marítimo** é um dos principais meios de transporte global de mercadorias e a sua eficiência de é superior aos outros meios, mas...
- A **IMO** estabeleceu metas de **reduzir drasticamente as emissões de Gases com Efeito de Estufa (GEE) e de CO<sub>2</sub>** no transporte marítimo internacional.
- Estas **metas ambiciosas requerem mudanças significativas** na forma como os Armadores e, em geral, a Indústria Marítima opera, com a necessidade de **adotar novas tecnologias**, investir em **combustíveis mais limpos** e adotar medidas de melhoria da eficiência energética dos meios.



# 1. A Transição Energética

## Enquadramento (cont.):

- A **implementação** destas medidas **enfrenta** uma série de **desafios**, incluindo:
  - O habitual **custo elevado das novas tecnologias**;
  - A **falta de infraestrutura de abastecimento** de combustíveis alternativos;
  - A **complexidade dos regulamentos** internacionais e nacionais.
- Deste modo, os Armadores enfrentam a **pressão da competitividade crescente e a incerteza sobre a disponibilidade e o custo dos combustíveis alternativos**.
- A solução deste problema passa por **medir os consumos energéticos atuais e/ou realizar de estudos técnico-económicos de viabilidade/seleção das novas tecnologias *Green Ship* e respetivos combustíveis** a adotar durante a progressiva descarbonização até 2050.

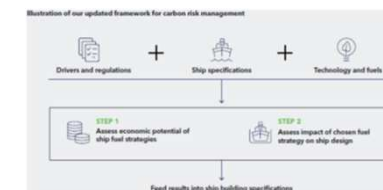
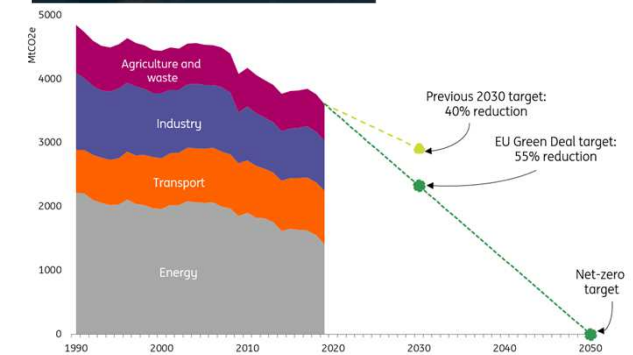
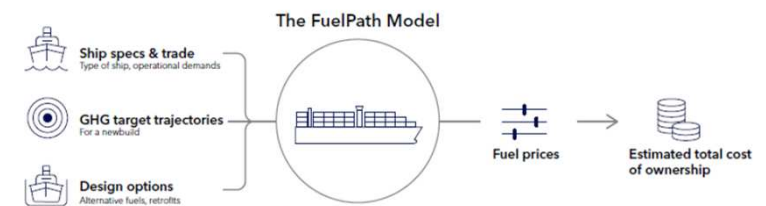


Illustration of the FuelPath Model used for techno-economic evaluation of design options



# 1. A Transição Energética

## Enquadramento (cont.):

- A progressiva descarbonização da economia europeia até 2050, **não se restringe apenas ao setores dos transportes** dentro do espaço europeu. De facto, estão em curso programas importantes de apoio ao desenvolvimento de novas tecnologias de **produção, distribuição e armazenamento de energia**, sendo o enfoque maior na energia elétrica.
- Acrescenta-se ainda o facto de, após o surgimento do conflito na Ucrânia, a questão da **segurança energética europeia ter-se revelado ainda mais crítica**, pelo que a **diversificação das fontes energéticas**, preferencialmente do tipo renovável (e.g., ‘Fit for 55’ e ‘European Green Deal’), **passou a ser uma prioridade e um desígnio europeu**.



## 2. As Tecnologias *Green Ship* Atuais e Emergentes

---

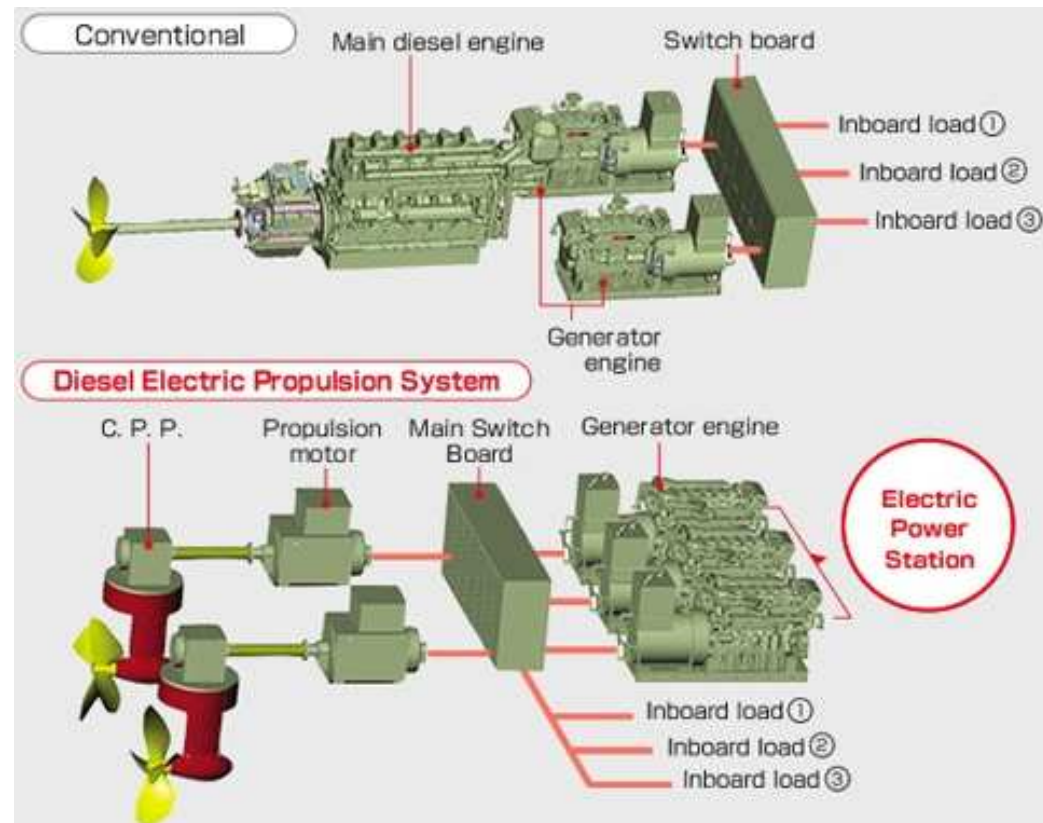
### As soluções *Green Ship* atuais:

1. Propulsão Elétrica e Híbrida Diesel Elétrica;
2. Dual Fuel LNG+Diesel;
3. Dual Fuel Metanol+Diesel;
4. HFO e/ou Diesel com *Advanced Air Quality Systems (AAQS)*;
5. Redução dos Consumos de Combustível.

## 2. As Tecnologias *Green Ship* Atuais e Emergentes

### As soluções *Green Ship* atuais (cont):

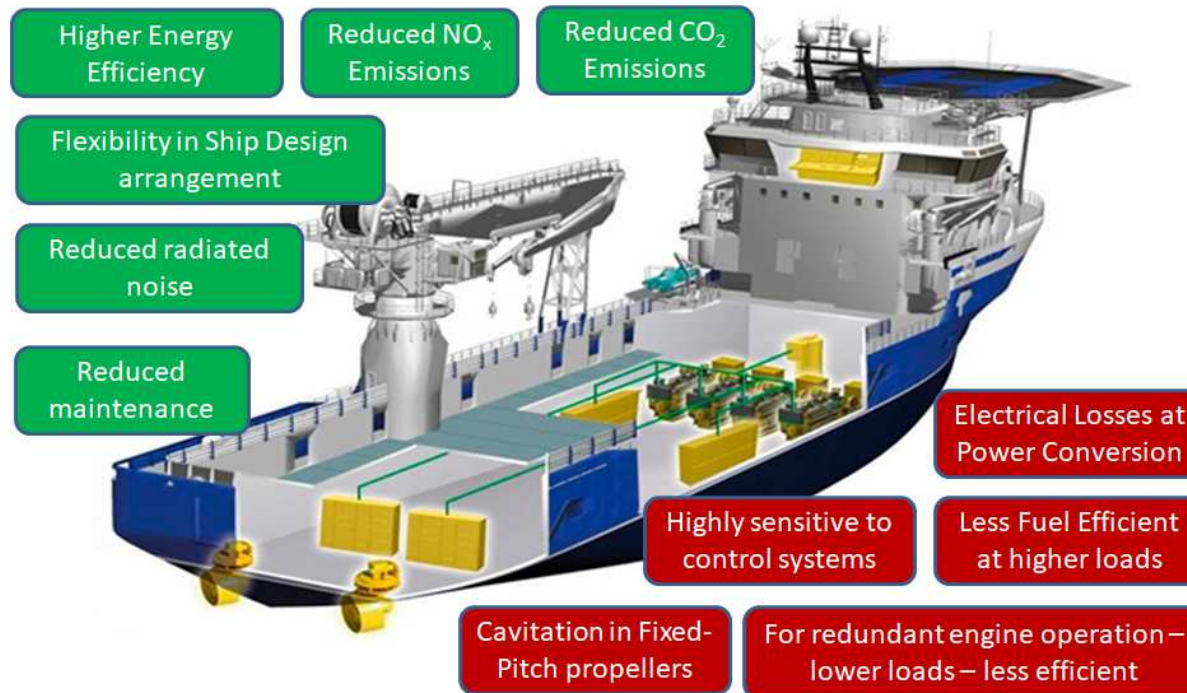
1. **Propulsão Elétrica e Híbrida Diesel Elétrica** – Comparação entre o sistema propulsor diesel convencional e o sistema propulsor totalmente elétrico;



## 2. As Tecnologias *Green Ship* Atuais e Emergentes

### As soluções *Green Ship* atuais (cont):

#### 1. Propulsão Elétrica e Híbrida Diesel Elétrica – Principais vantagens e desvantagens da propulsão elétrica;

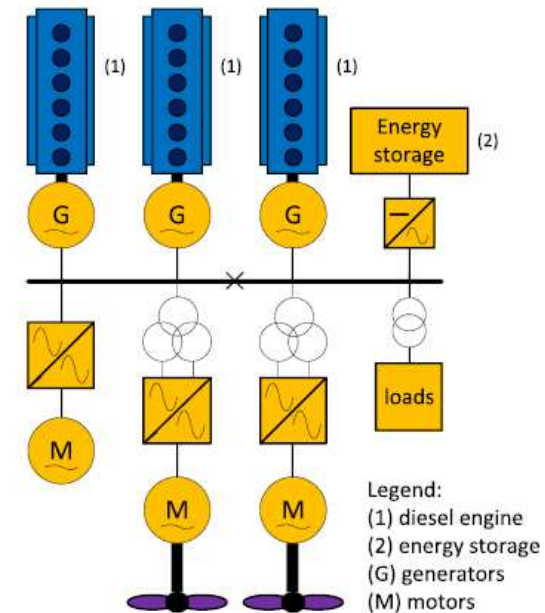
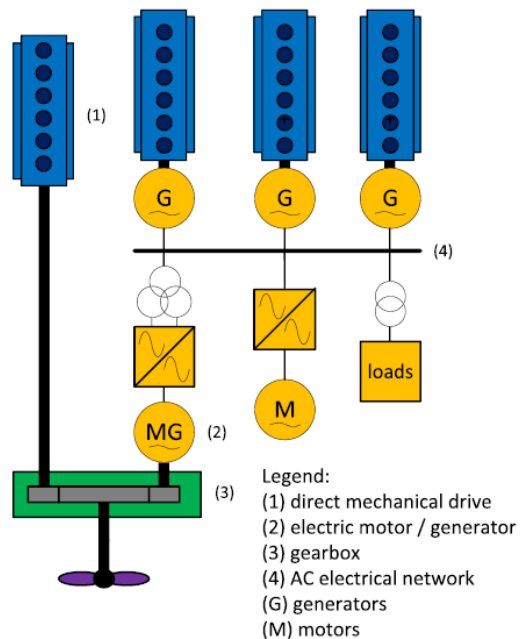




## 2. As Tecnologias *Green Ship* Atuais e Emergentes

### As soluções *Green Ship* atuais (cont):

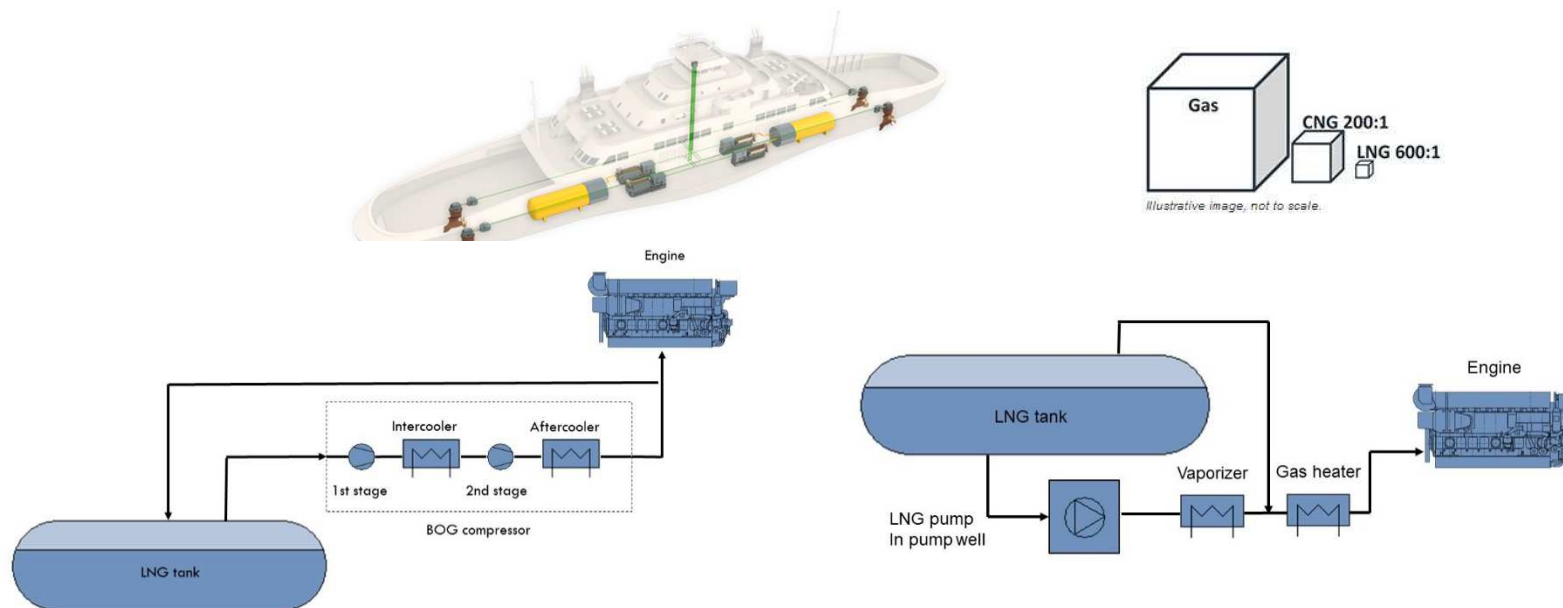
#### 1. Propulsão Elétrica e Híbrida Diesel Elétrica – Algumas variantes híbridas diesel elétricas;



## 2. As Tecnologias *Green Ship* Atuais e Emergentes

### As soluções *Green Ship* atuais (cont):

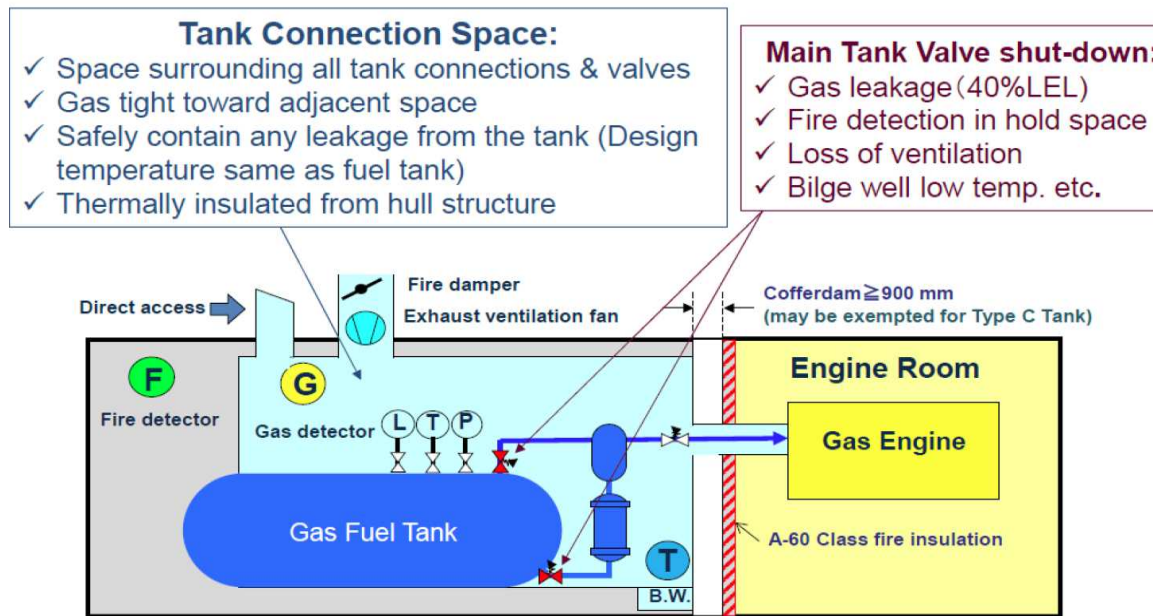
#### 2. Dual Fuel LNG+Diesel – Comparação entre o sistema propulsor diesel convencional e o sistema propulsor *Dual Fuel* LNG+Diesel;



## 2. As Tecnologias *Green Ship* Atuais e Emergentes

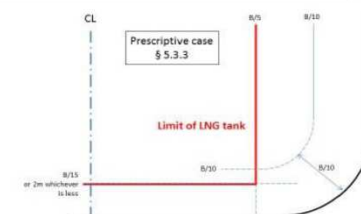
### As soluções *Green Ship* atuais (cont):

## 2. Dual Fuel LNG+Diesel – Influência dos requisitos de projeto (Código IGF para a instalação dos tanques LNG a bordo de navios de carga e de passageiros) no arranjo geral e projeto:



#### Tank location – Deterministic rule IGF § 5.3.3

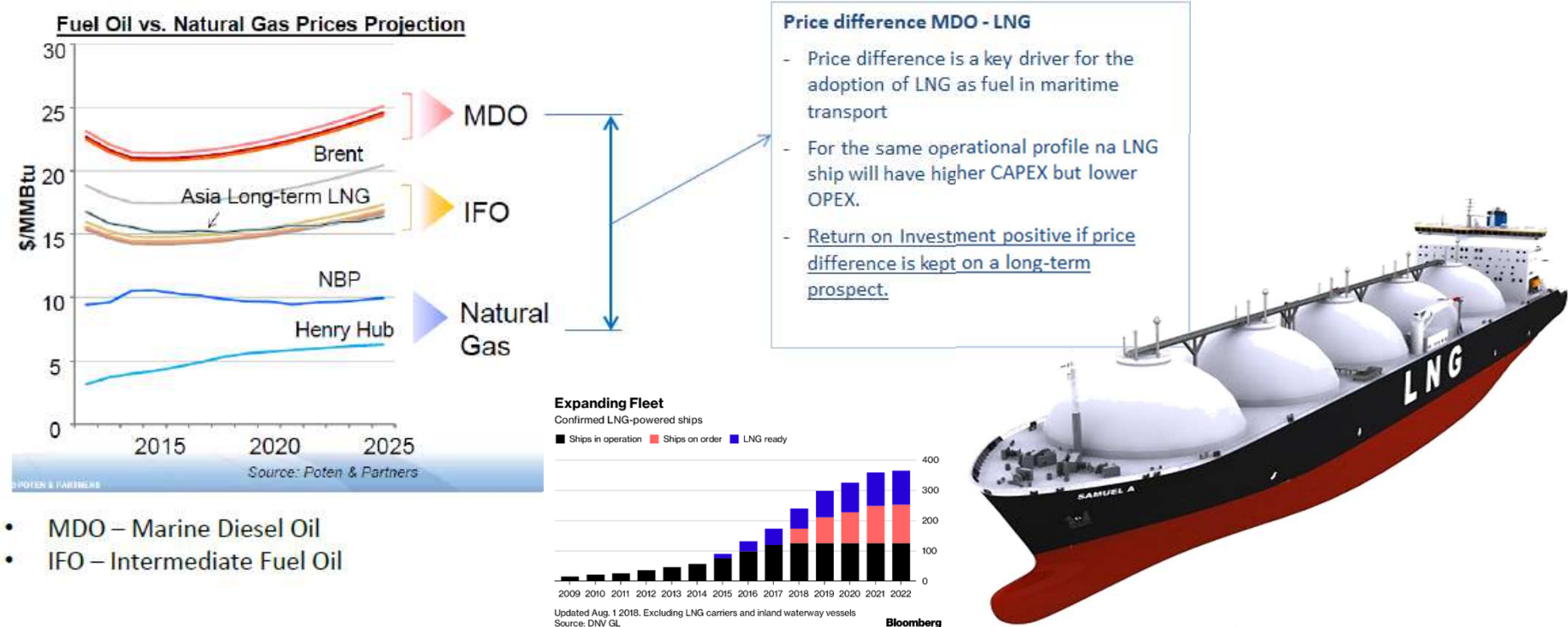
- Minimum distance from ship side  $B/5$  or  $11.5$  m whichever is less
- Passenger ships:  $B/10$  but greater than  $0.8$  m.
- Minimum distance from bottom line:  $B/15$  or  $2$  m whichever is less



## 2. As Tecnologias *Green Ship* Atuais e Emergentes

### As soluções *Green Ship* atuais (cont):

#### 2. Dual Fuel LNG+Diesel – Evolução (originalmente) prevista dos preços Diesel versus LNG e da frota LNG:



- MDO – Marine Diesel Oil
- IFO – Intermediate Fuel Oil

## 2. As Tecnologias *Green Ship* Atuais e Emergentes

### As soluções *Green Ship* atuais (cont):

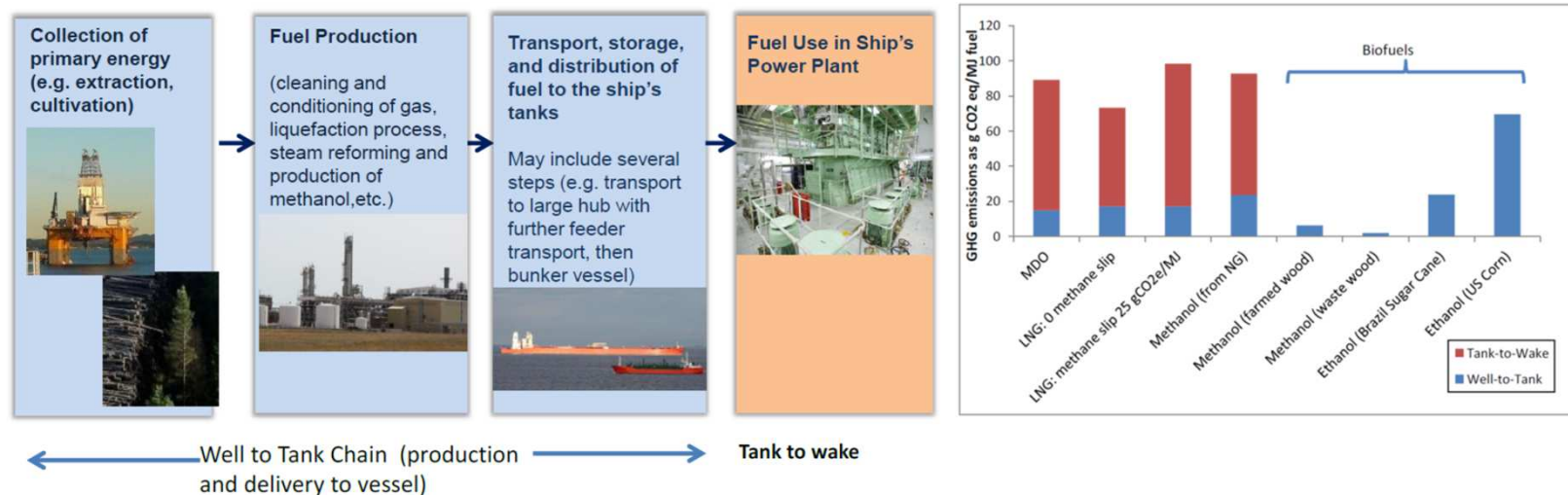
### 3. Dual Fuel Metanol+Diesel – Exemplo de um navio com um sistema propulsor *Dual Fuel* CH<sub>3</sub>OH+Diesel;



## 2. As Tecnologias *Green Ship* Atuais e Emergentes

### As soluções *Green Ship* atuais (cont):

#### 3. *Dual Fuel* Metanol+Diesel – Exemplo de um navio com um sistema propulsor Dual Fuel CH<sub>3</sub>OH+Diesel;



## 2. As Tecnologias *Green Ship* Atuais e Emergentes

### As soluções *Green Ship* atuais (cont):

#### 4. HFO e/ou Diesel com *Advanced Air Quality Systems (AAQS)* – Caso de Estudo;

Fuel	Combustion Emission Factor (CO <sub>2</sub> / MJ fuel)
Marine Diesel Oil	74.1
LNG	56.1
Methanol	69.1
Ethanol	71.4

Ship	Operational Profile
Ferry	100% in ECA (1) and 100% outside ECA (2)
Chemical Tanker	100% ECA (1) and 50% outside ECA (2)
Cruise Ship	100% ECA (1) and 75% outside ECA 25% in ECA (2)

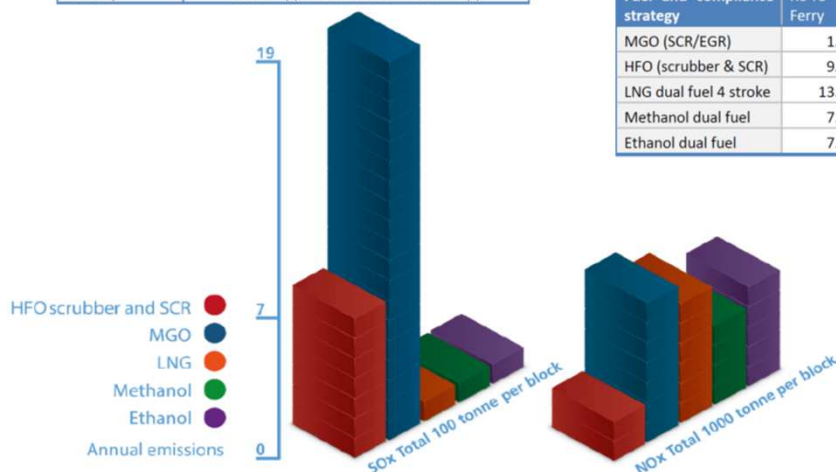
Ship	Ship parameter			Main Engine		Operational Profile [73]				AUX sfoc at MCR [g/kWh]
	L [m]	B [m]	P <sub>max</sub> [MW]	ME sfoc at MCR [g/kWh]	Ref	Days at sea, t	ME P <sub>h</sub>	AUX P <sub>h</sub>	Days AUX, t	
Ro-ro Ferry	250	30	4x5	176	[74]	232	65	70	360	192
Chemical Tanker	190	32	1x10	167	[9]	251	80	50	450	
Cruise Ship	230	29	23	181	[75]	227	65	70	360	

Fuel and compliance strategy	Retrofit	New builds (includes engine, generator, etc.)
MGO (engine upgrade, SCR/EGR)	150 000 + 63 \$/kW	120 000 + 542 \$/kW
HFO (scrubber & SCR)	489 \$/kW	926 \$/kW
LNG dual fuel 4 stroke plus tanks	664 \$/kW	1275 \$/kW
Methanol dual fuel 4 stroke	392 \$/kW	815 \$/kW
Ethanol dual fuel 4 stroke	392 \$/kW	815 \$/kW

Fuel and compliance strategy	Retrofit (retrofitting engine)			New builds (includes engines, generators, etc.)		
	Ro-ro Ferry	Chemical Tanker	Cruise ship	Ro-ro Ferry	Chemical Tanker	Cruise ship
MGO (SCR/EGR)	1.4	0.8	1.6	11.0	5.5	12.6
HFO (scrubber & SCR)	9.8	4.9	11.3	18.5	9.3	21.3
LNG dual fuel 4 stroke	13.3	6.6	15.3	25.5	12.8	29.3
Methanol dual fuel	7.8	3.9	9.0	16.3	8.2	18.7
Ethanol dual fuel	7.8	3.9	9.0	16.3	8.2	18.7

Fuel	Low oil price scenario		Average Scenario		High oil price scenario	
	\$/tonne	\$/MWh	\$/tonne	\$/MWh	\$/tonne	\$/MWh
HFO	393	35.4	711	69.5	870	78.3
MGO	718	60.1	1066	89.3	1600	134.0
LNG	709	51.1	931	67.1	959	69.1
Methanol	398	71.6	412	74.2	400	72.0
Ethanol	570	69.5	737	94.8	680	87.4

	Annual fuel costs for average fuel price scenario (in million \$)				
	HFO	MGO	LNG	Methanol	Ethanol
Ferry	10.3	14.3	10.9	12.0	15.2
Chemical Tanker	6.5	9.1	6.9	7.6	9.6
Cruise Ship	11.7	16.3	12.5	13.7	17.3



Ship Type and Operating Locations	Payback Time (years)							
	Retrofit				Newbuild			
	HFO + scrubber + SCR	LNG	Methanol	Ethanol	HFO + scrubber + SCR	LNG	Methanol	Ethanol
Ferry 100% in ECA	2.2	3.8	3.1	Never	2.0	4.6	2.6	Never
Ferry 0% ECA	NA	Never	Never	Never	NA	Never	Never	Never
Chem. Tanker 100% ECA	1.7	3.0	2.4	Never	1.5	3.6	2.1	Never
Chem. Tanker 50% ECA	3.4	7.5	21.2	Never	3.1	9.1	18.0	Never
Cruise Ship 100% in ECA	2.3	3.6	2.9	Never	2.1	4.4	2.5	Never
Cruise Ship 25% in ECA	9.0	36.2	Never	Never	8.2	44.2	Never	Never

## 2. As Tecnologias *Green Ship* Atuais e Emergentes

### As soluções *Green Ship* atuais (cont):

5. Redução dos Consumos de Combustível – Redução dos consumos de combustível em  $\approx 5-30\%$  por via da melhoria do desempenho Hidrodinâmico do navio (casco e hélice) e em  $\approx 5-20\%$  através da melhoria do desempenho da Maquinaria (sistema propulsor e sistema de produção e distribuição de energia).

Available technologies to decarbonize shipping and their GHG emission reduction potential. In the 2021 version of Maritime Forecast we focus on fuels and energy.

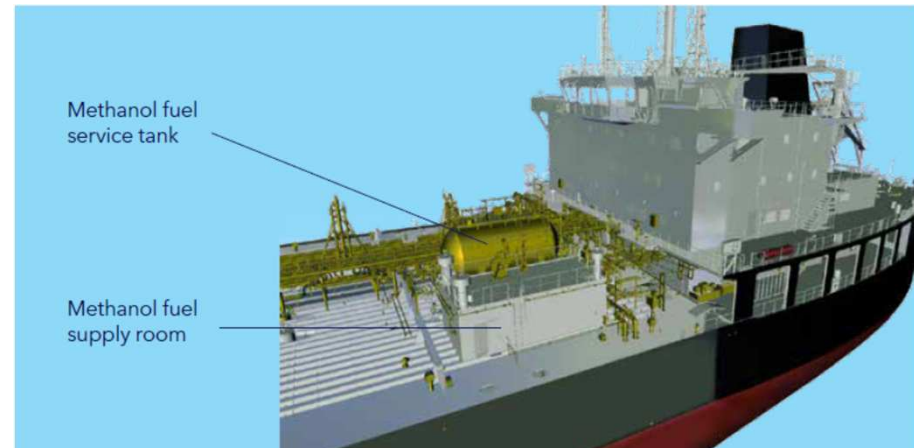
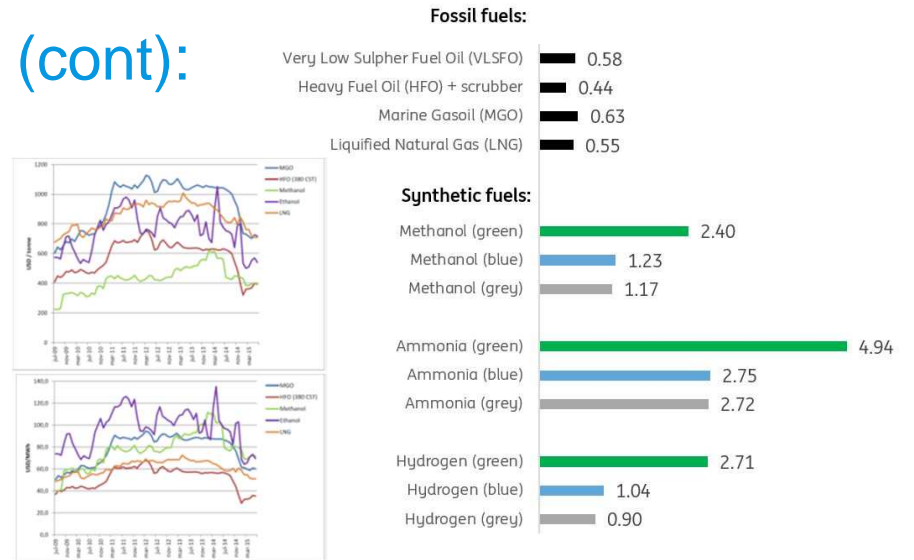




## 2. As Tecnologias *Green Ship* Atuais e Emergentes

### As soluções *Green Ship* atuais (cont):

**Conclusão:** Em termos de redução de consumos de combustível, podemos concluir “*there is a lot of room for improvement*” para navios existentes e mesmo para novos. Acrescenta-se, ser atualmente muito difícil identificar um combustível marítimo vencedor no futuro, mas o **Metanol de origem biológica** é tido como o combustível marítimo mais promissor...



## 2. As Tecnologias *Green Ship* Atuais e Emergentes

---

### As soluções *Green Ship* emergentes:

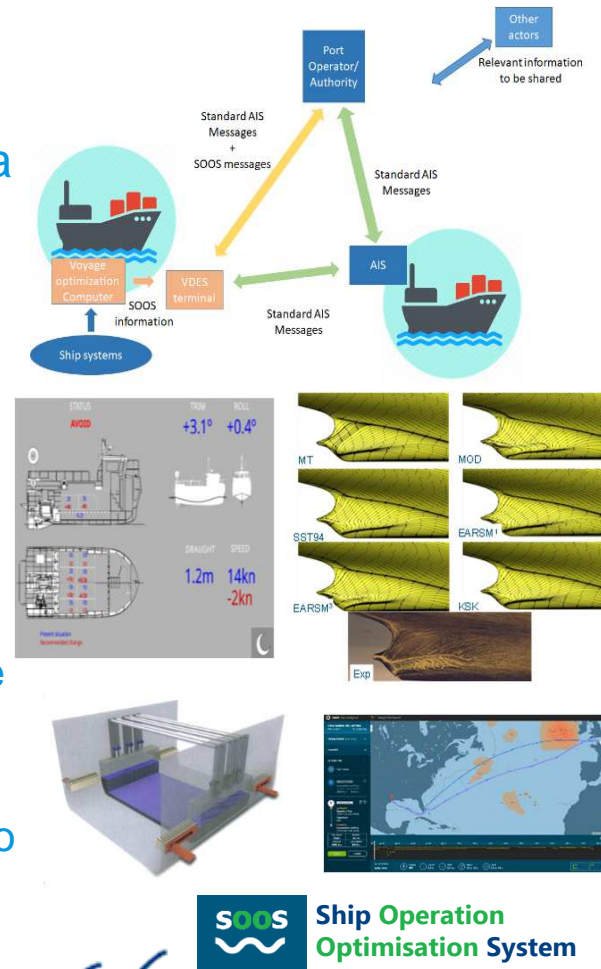
1. Redução integrada dos consumos;
2. *Dual Fuel*  $\text{NH}_3 + \text{H}_2$ ;
3. *Dual Fuel*  $\text{NH}_3 + \text{Gasolina}$  e  $\text{NH}_3$  p/ *Fuel Cells*;
4. *Dual Fuel* Diesel +  $\text{H}_2$  e  $\text{H}_2$  p/ *Fuel Cells*;
5. Propulsão Nuclear.

## 2. As Tecnologias *Green Ship* Atuais e Emergentes

### As soluções *Green Ship* emergentes (cont):

#### 1. Redução Integrada dos Consumos – Sistema integrado de apoio à decisão para redução dos consumos de combustível, com transmissão de dados em tempo-real para terra, através de **três vetores de ação hidrodinâmica**:

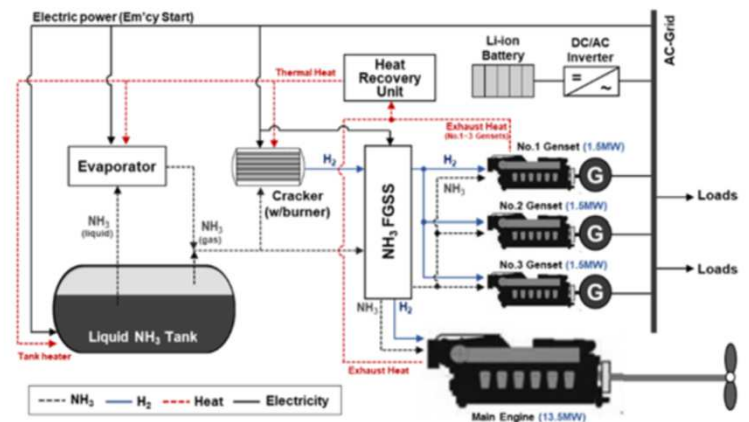
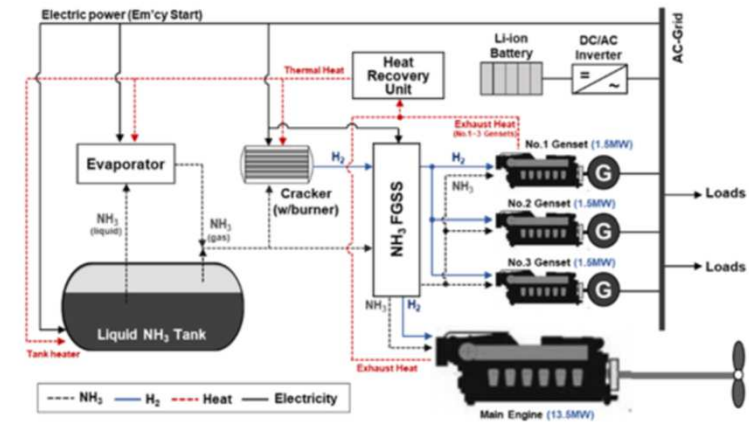
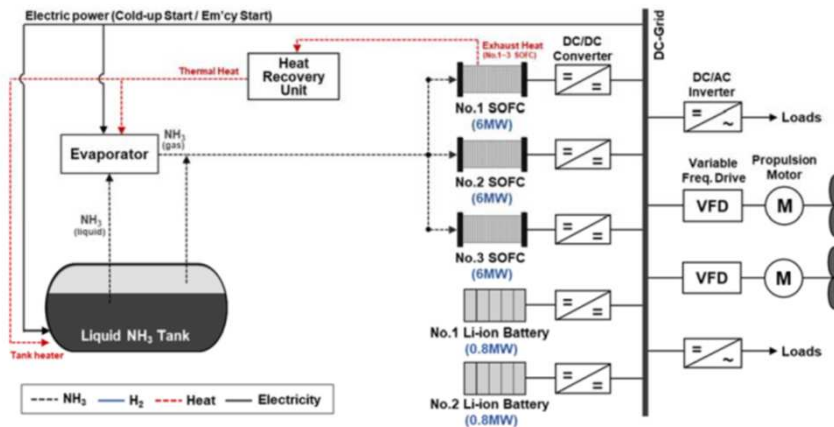
- **Otimização do caimento** do navio em função dos dados provenientes do sistema de monitorização da carga, robustez estrutural e estabilidade do navio;
- Instalação de sistemas adequados de **estabilização do movimento de balanço** induzido pelas ondas que alteram a distribuição de pressões em redor do casco e aumentam a potência instantânea no hélice;
- Módulo **Voyage Optimization** capaz de definir o rumo e a velocidade ótimos em função das previsões meteorológicas e do comportamento atual do navio.



## 2. As Tecnologias *Green Ship* Atuais e Emergentes

### As soluções *Green Ship* emergentes (cont):

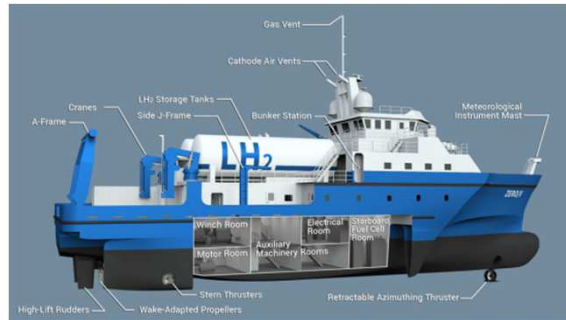
2. *Dual Fuel NH<sub>3</sub>+H<sub>2</sub>*;
3. *Dual Fuel NH<sub>3</sub>+Gasolina e NH<sub>3</sub> p/ Fuel Cells*;



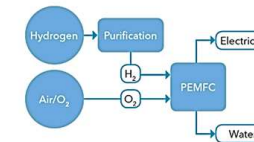
## 2. As Tecnologias *Green Ship* Atuais e Emergentes

### As soluções *Green Ship* emergentes (cont):

#### 4. *Dual Fuel Diesel+H<sub>2</sub>* e *H<sub>2</sub> p/ Fuel Cells*;



Technology selected: (a) PEM and (b) high-temperature PEM (HT-PEM)

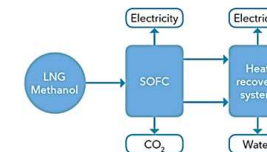


PEM Technology
Mature Technology
Compact and lightweight
Relatively low cost
Tolerance for cyclic operation
Require very pure H2
Complex water mgmt system



HT-PEM Technology
Draws on the benefits of PEM, but address some of the cons:
• Fuel flexible
• Avoid complex water mgmt system
• Waste heat for heating purposes

Technology selected: (c) Solid Oxide Fuel Cell (SOFC)

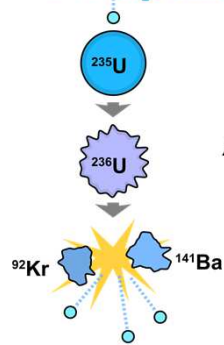


SOFC Technology	
Technology starting to become mature	
SOFC is highly efficient (up to 60%)	Opportunity for waste heat recovery
Moderately sized	Less flexible towards cyclic operation
Very fuel flexible	Good for battery hybrid solutions

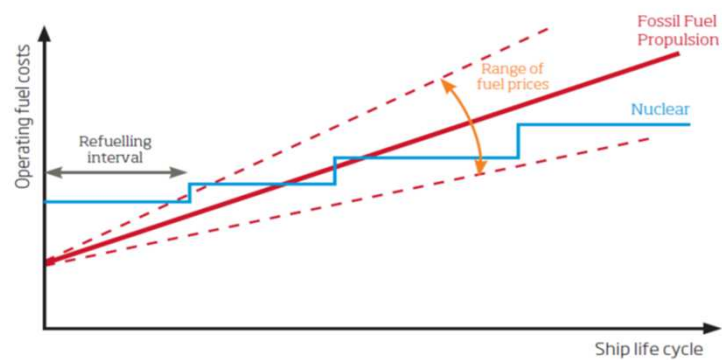
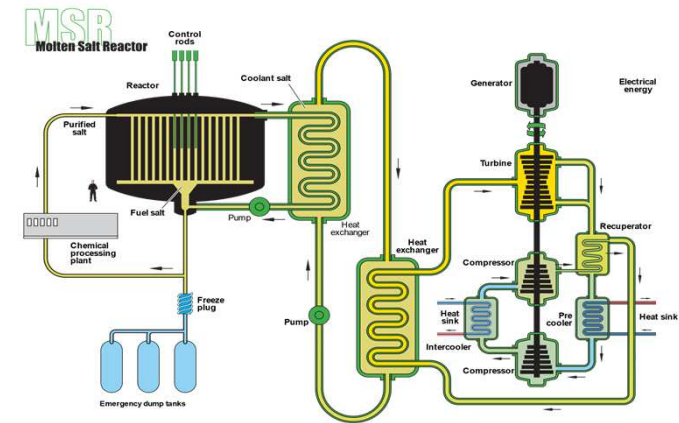
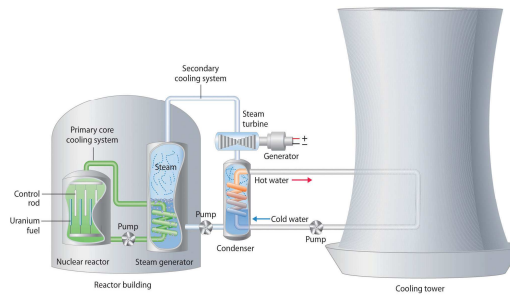
## 2. As Tecnologias *Green Ship* Atuais e Emergentes

### As soluções *Green Ship* emergentes (cont):

#### 5. Propulsão Nuclear;



$$\Delta E = \Delta m c^2$$



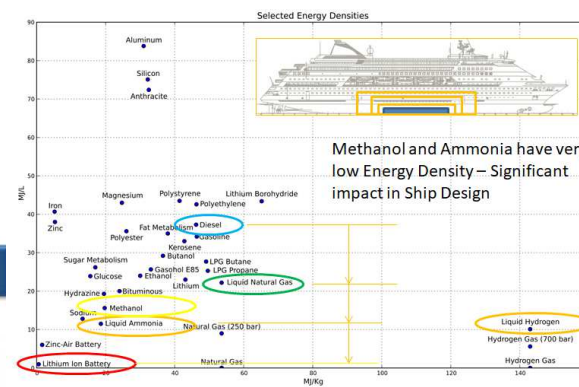
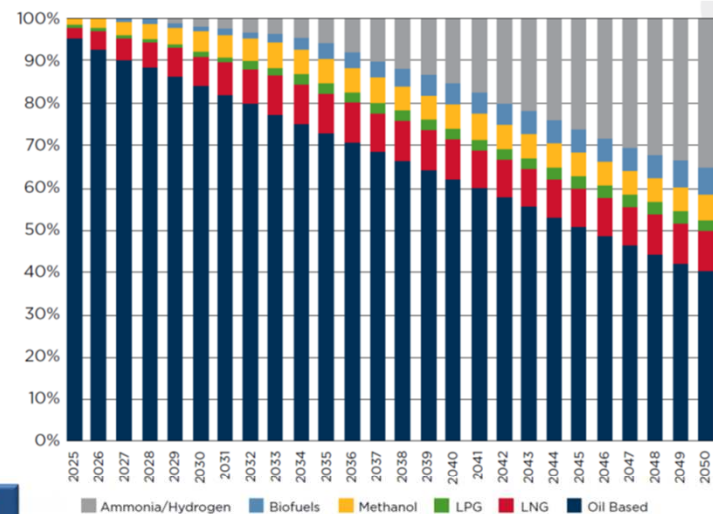
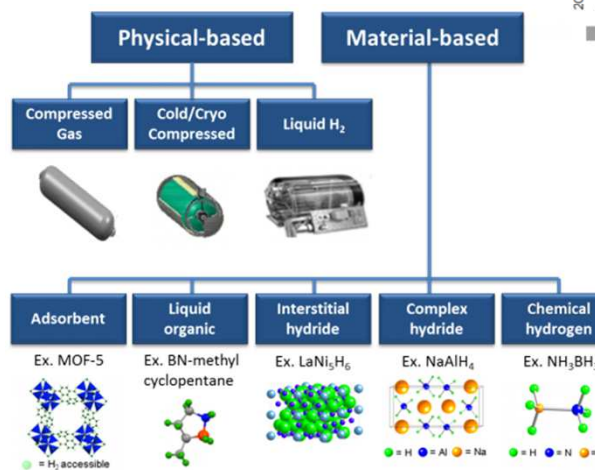
## 2. As Tecnologias *Green Ship* Atuais e Emergentes

### As soluções *Green Ship* emergentes (cont.):

**Conclusões:** Atualmente não existe uma cadeia logística de abastecimento destes combustíveis estabelecida para navios mercantes, algumas destas tecnologias levanta questões sérias de segurança e possui um rendimento energético muito baixo, sendo que a maior parte apresenta um estado de desenvolvimento tecnológico imaturo pelo que só no longo prazo poderão vir a ser considerados como um combustível marítimo alternativo.



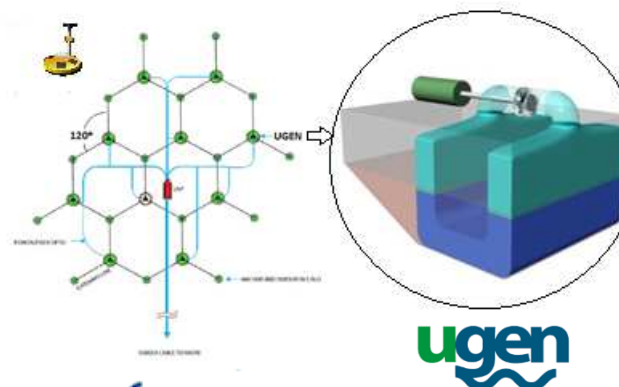
How is hydrogen stored?



# 3. As Novas Tecnologias de Produção de Energias Renováveis Oceânicas

## O Estado-da-Arte:

- Nesta fase de transição energética, além do papel fundamental da **construção naval** no transporte marítimo, este setor deverá ainda contribuir no projeto e na manufatura de **novas soluções tecnológicas de produção de energias renováveis oceânicas**.
- Efetivamente, no âmbito de uma progressiva descarbonização e diversificação das tecnologias de produção de energia na Europa, julga-se ser possível desenvolver no curto e médio prazo (até 2030 e 2050, respetivamente) soluções competitivas e comercializáveis, com um TRL 9 e um LCOE *circa* 70 [€/MWh] (após atingida fase maturidade), para as seguintes fontes de energias renováveis oceânicas:
  - **Energia eólica flutuante;**
  - **Energia das ondas.**



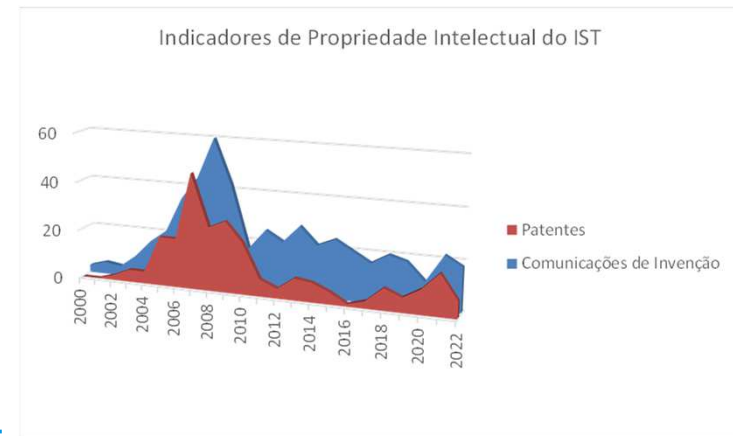


## 4. Cooperação entre a Academia e a Indústria e os Restantes *Stakeholders*

As **principais características** desta cooperação nas universidades portuguesas. O exemplo do TT@Técnico:

A **missão da área da transferência de tecnologia do IST** consiste em apoiar o CG na ligação à Sociedade, através da **valorização económica do conhecimento**, sendo responsável por:

1. Receção e avaliação prévia das **comunicações de invenção**;
2. Proteção e manutenção dos direitos de **propriedade intelectual**;
3. Negociação e **licenciamento da propriedade intelectual**;
4. Apoio à **contratualização de atividades que possam produzir propriedade intelectual**;
5. **Apoio ao empreendedorismo** de base tecnológica como veículo de transferência de tecnologia;
6. **Estabelecimento de parcerias empresariais e interface entre o IST e as empresas**;
7. Serviços de **carreira** e apoio aos processos de **recrutamento**;
8. Elo de **ligação com os núcleos de alunos do IST**.



Núcleo de Alunos  
de Engenharia Naval



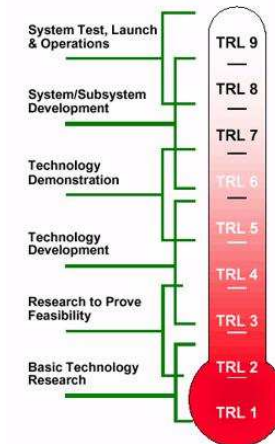
## 4. Cooperação entre a Academia e a Indústria e os Restantes *Stakeholders*

### Os principais obstáculos:

- 1. Informação dispersa e não pública** - falta criar um sistema integrado de referenciação e de classificação das várias tecnologias;
- 2. *Obstáculos no Diálogo entre os Investidores e os Investigadores*** – falta aperfeiçoar a capacidade de transmitir eficientemente quais as tecnologias com maior potencial de investimento;
- 3. *Constituição de Equipas Multidisciplinares de Desenvolvimento da Tecnologia até à sua Comercialização (TRL9)*** – facilitar a criação de equipas multidisciplinares na universidade ou nas incubadoras, com uma participação ativa dos investidores.

For technology readiness level (TRL), the following definitions apply (EU)

TRL 1 - basic principles observed  
TRL 2 - technology concept formulated  
TRL 3 - experimental proof of concept  
TRL 4 - technology validated in lab  
TRL 5 - technology validated in relevant environment (industrially relevant environment in the case of key enabling technologies)  
TRL 6 - technology demonstrated in relevant environment (industrially relevant environment in the case of key enabling technologies)  
TRL 7 - system prototype demonstration in operational environment  
TRL 8 - system complete and qualified  
TRL 9 - actual system proven in operational environment (competitive manufacturing in the case of key enabling technologies; or in space)



## 4. Cooperação entre a Academia e a Indústria e os Restantes *Stakeholders*



Quem são os **11 Stakeholders** na Transferência de Conhecimentos e de Tecnologia de Descarbonização do Setor do Transporte Marítimo em Portugal:

1. **Academia** – Todas universidades e centros de investigação nacionais;
2. **Estaleiros** – Explos: SunConcept, WestSea, Lisnave, Nautiber, ENP, AtlanticEagle, etc.;
3. **Fabricantes de Equipamentos** – Explos: Open Renewables, EDMTech, NorthVolt, etc.;
4. **Empresas de Projeto** – Explos: Vera Navis, Ocean e KDS Offshore (spin-offs do Técnico), TecnoVeritas, etc.
5. **Administrações Portuárias** – Todas as APs em Portugal Continental e Insular;
6. **Associações de Armadores** – Explos: AAMC, ADAPI.
7. **Órgãos UE e do Estado** – Explos: EMSA, Ministério da Economia e do Mar, Ministério do Ambiente, Ministério das Infraestruturas, etc.
8. **Sociedades Classificadoras** – Explos: DnV-GL, BV-RINAVE, KR, etc.
9. **Fundos de Investimento e Entidades Bancárias** – Explos: Banco de Fomento Europeu, Fundos de Capital de Risco do PRR, CGD, Novo Banco, etc.
10. **Empresas de Fornecimento de Energia** – Explos: Galp, REN, EDPR, etc.
11. **Ordens Profissionais** – Explo: Ordem dos Engenheiros.

## 5. Metodologias de Desenvolvimento do Empreendedorismo

---

As metodologias de desenvolvimento do empreendedorismo nos países europeus e norte americanos (e que são do conhecimento público) apresentam as seguintes particularidades:

- **No norte da Europa** (e.g., Noruega e Reino Unido), existem **órgãos competentes nomeados pelo governo responsáveis pelo processo de seleção das tecnologias mais promissoras e respectivas equipas de desenvolvimento;**
- **A “gravitar” em redor da Universidade MIT** (Boston, Massachusetts, USA) **existe um comunidade vibrante de investidores privados.**

## 6. Propostas de Aceleração em Portugal

### Propostas de Aceleração da Transferência de Conhecimentos e do Empreendedorismo em Portugal:

- Reforçar junto dos gestores responsáveis pelo 17 Fundos de Capital de Risco do PRR a importância de serem **escolhidas (conjuntamente com a Academia) tecnologias competitivas e fiáveis** que permitam na prática e efetivamente **resolver os problemas dos Armadores** e que irão permitir o desenvolvimento de **novas tecnologias próprias de produção, distribuição e armazenamento de energia** a partir de fontes e renováveis oceânicas;
- **Reforçar o papel do investimento privado** no ecossistema nacional de transmissão de conhecimentos da Academia para a Indústria como forma acelerada e pragmática de desenvolvimento do empreendedorismo e do aumento do PIB *per capita* nacional.

# Ribeiro e Silva, S.

---



ORDEM  
DOS  
ENGENHEIROS