

# Dinâmica de Sistemas Navais e Oceânicos

PNV3314 Dinâmica de Sistemas

Aula 2

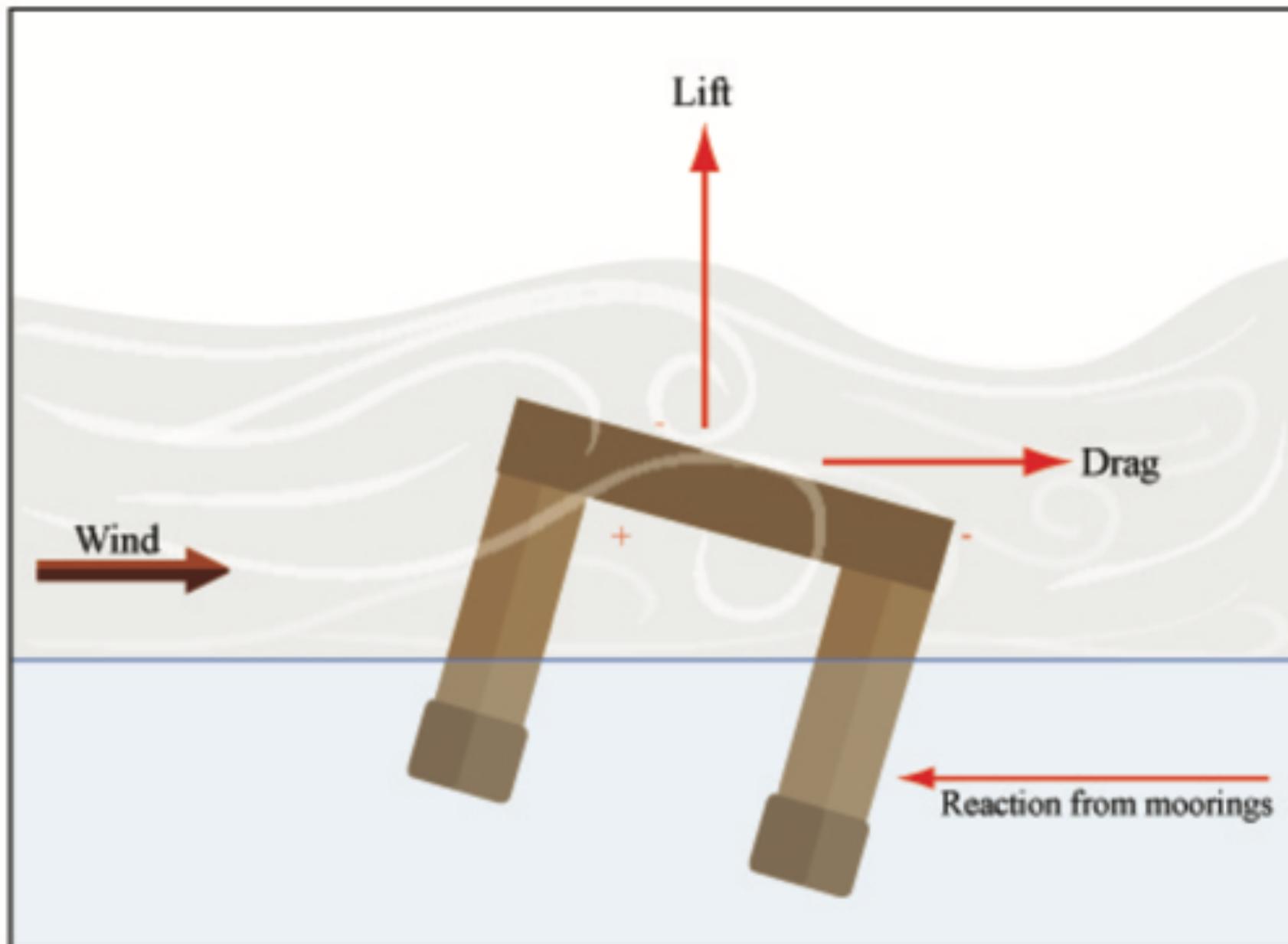


Image by MIT OpenCourseWare.

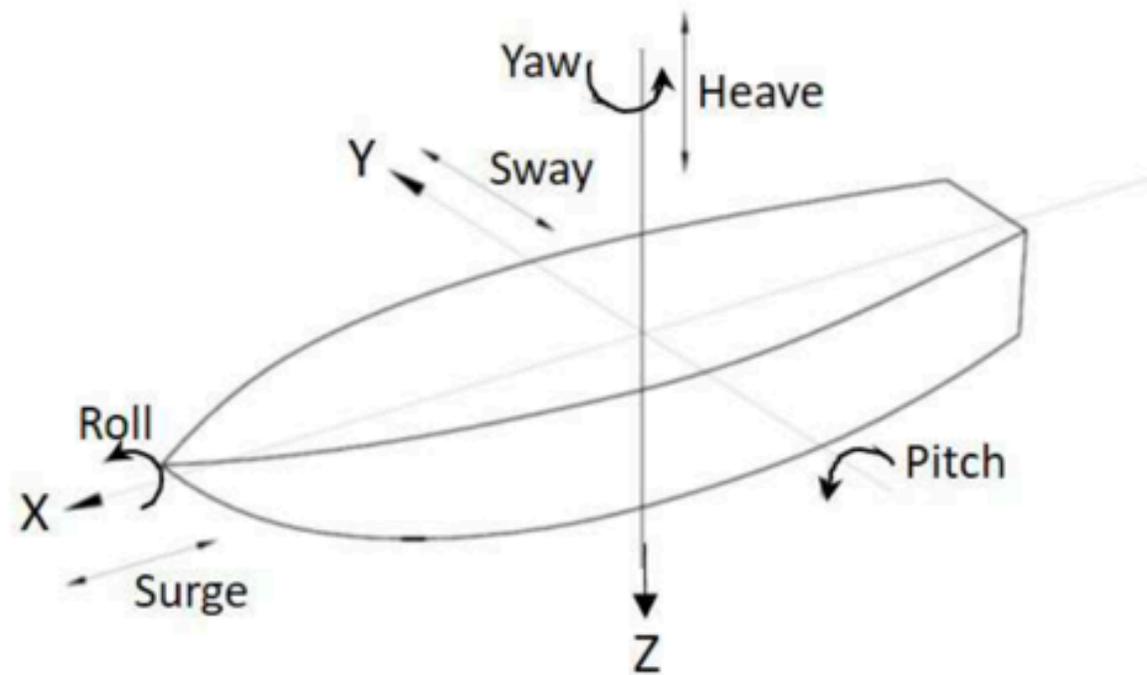
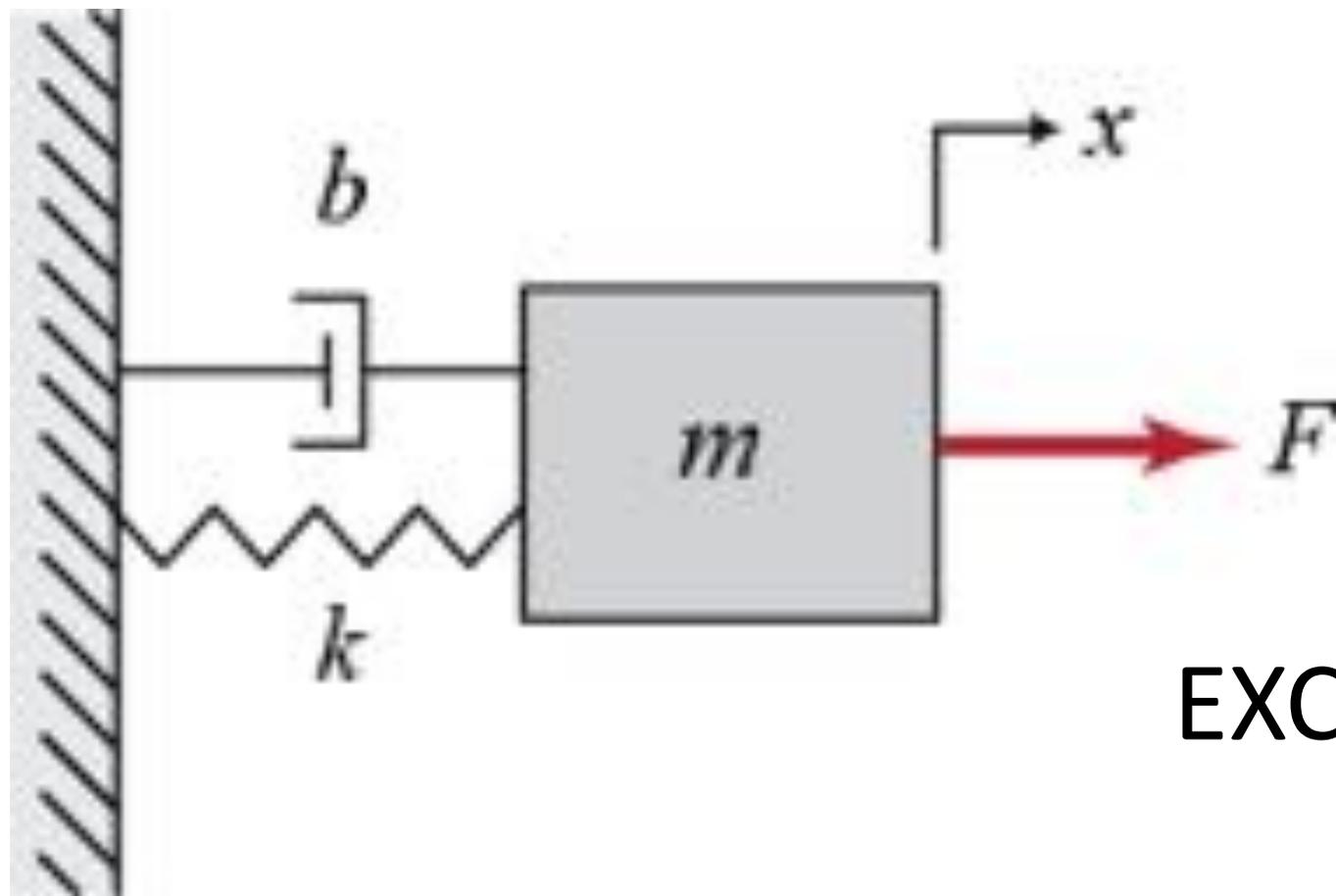


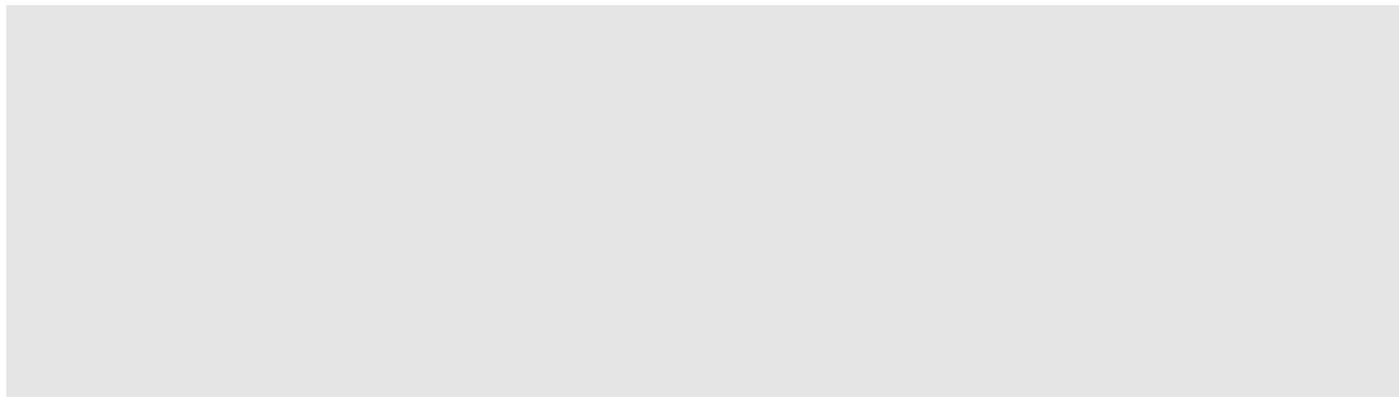
Figure 1.1: Tehe Six Degrees of Freededom (6DOF)

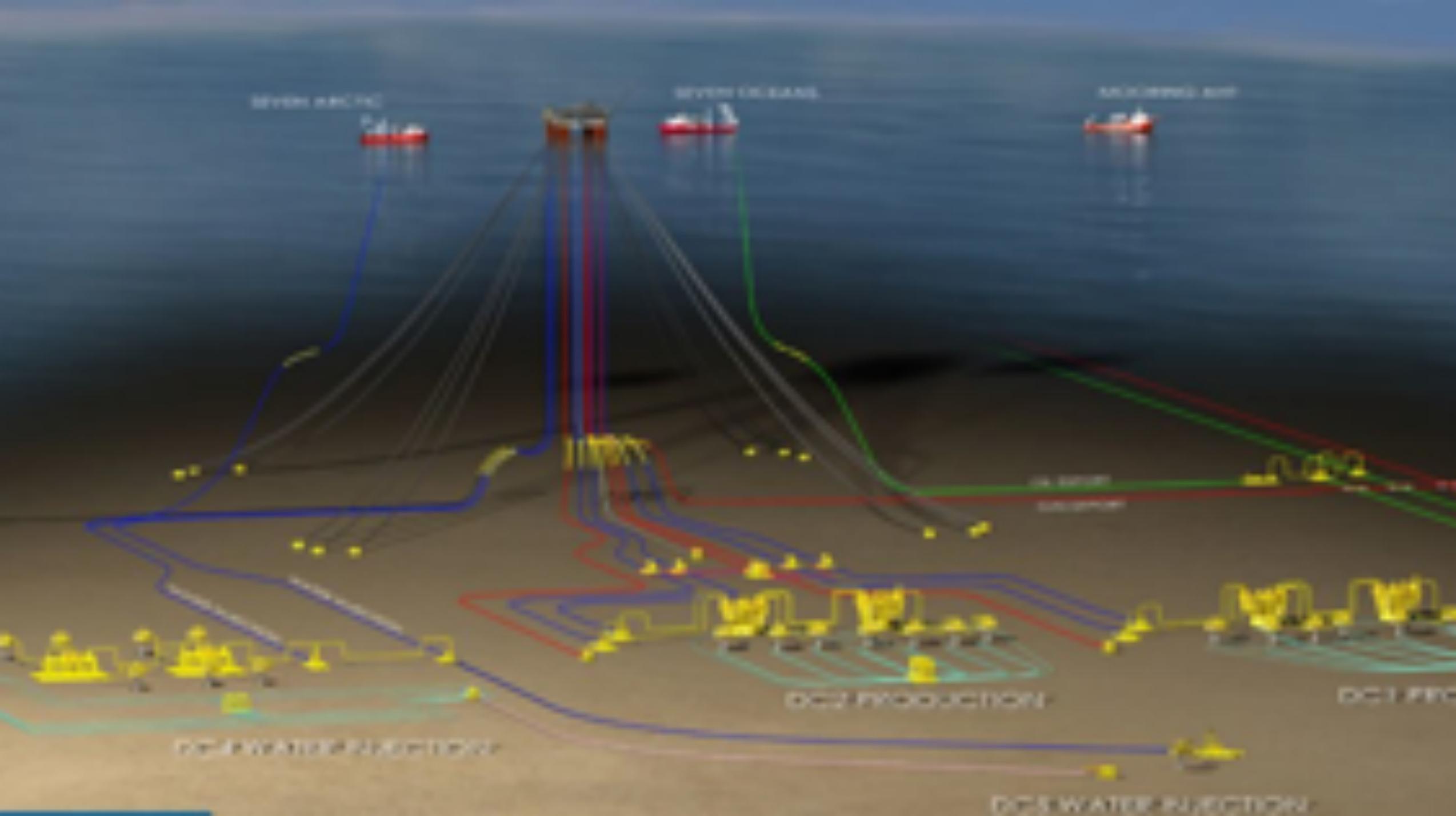
- |          |          |
|----------|----------|
| 1. Surge | 4. Roll  |
| 2. Sway  | 5. Pitch |
| 3. Heave | 6. Yaw   |



EXCITAÇÃO EXTERNA  
INÉRCIA  
RIGIDEZ  
AMORTECIMENTO

# Problema motivador





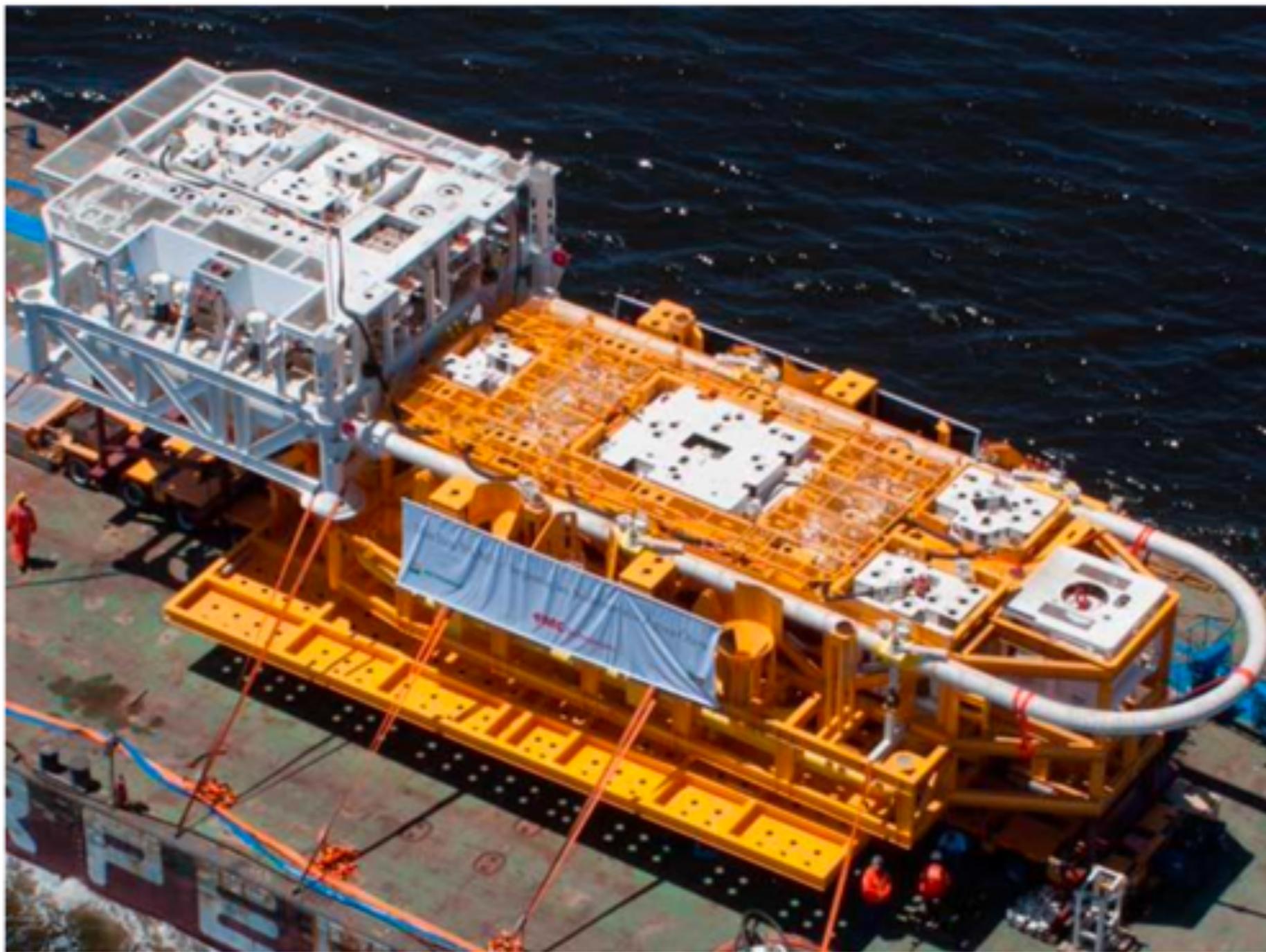




1: Manifold de Natal Molhada típica (Petrobras: Fatos



2: Manifold submarino típico (TecPetr









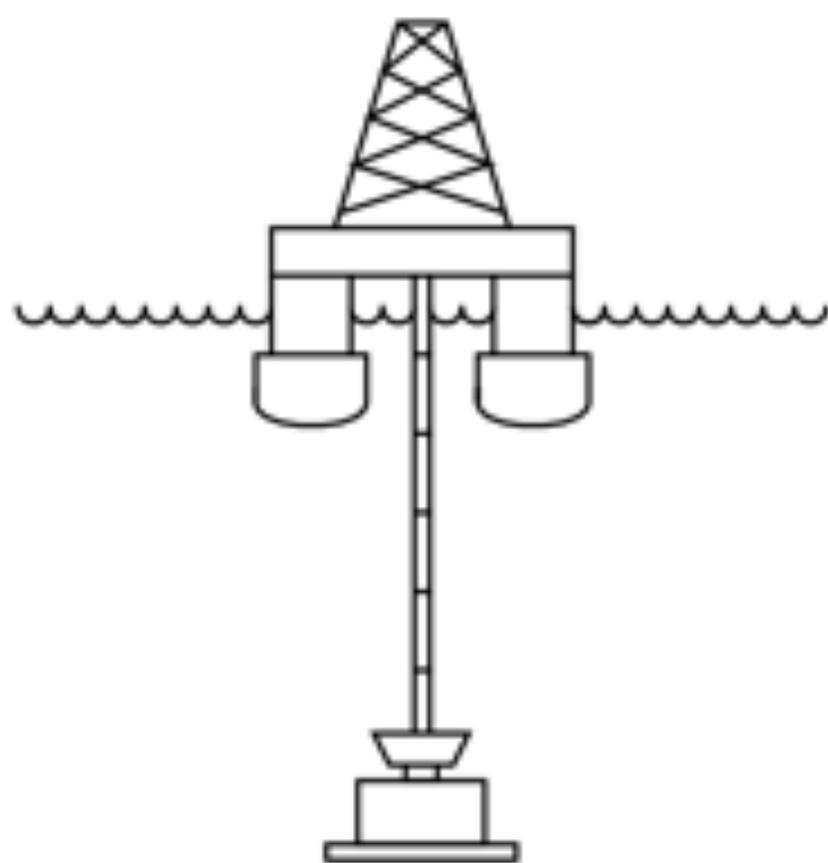


Figura 1.4: Instalação de equipamento submarino por sonda com *riser* rígido.

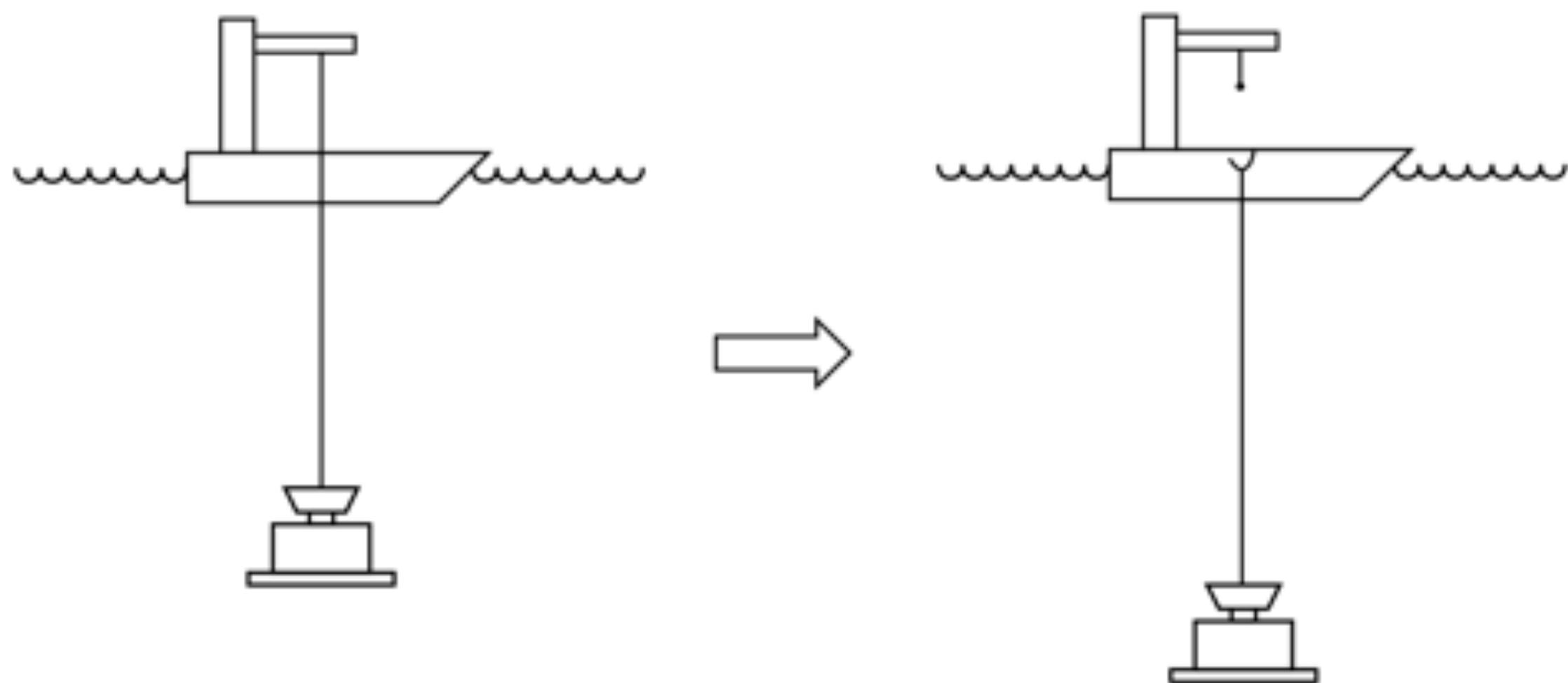


Figura 1.5: Instalação de equipamento submarino por múltiplas lingas.

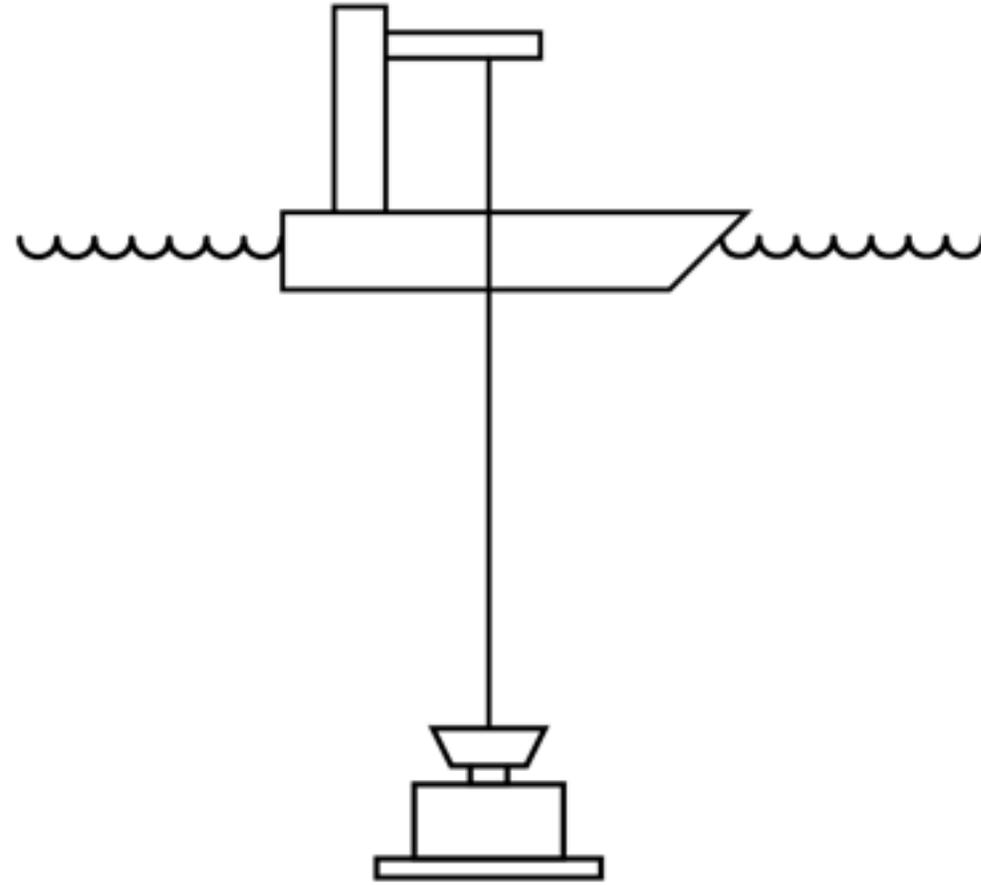


Figura 1.6: Instalação direta com cabo.

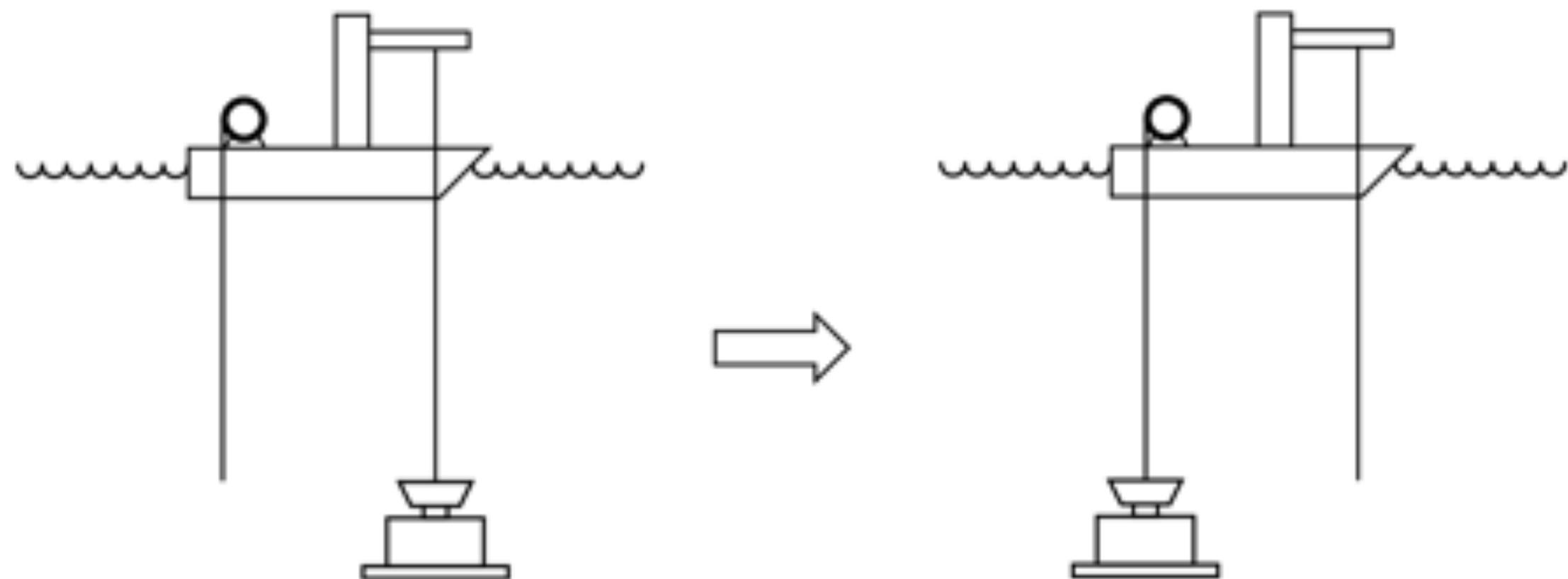


Figura 1.7: Instalação de equipamento submarino por transferência de carga submarina.

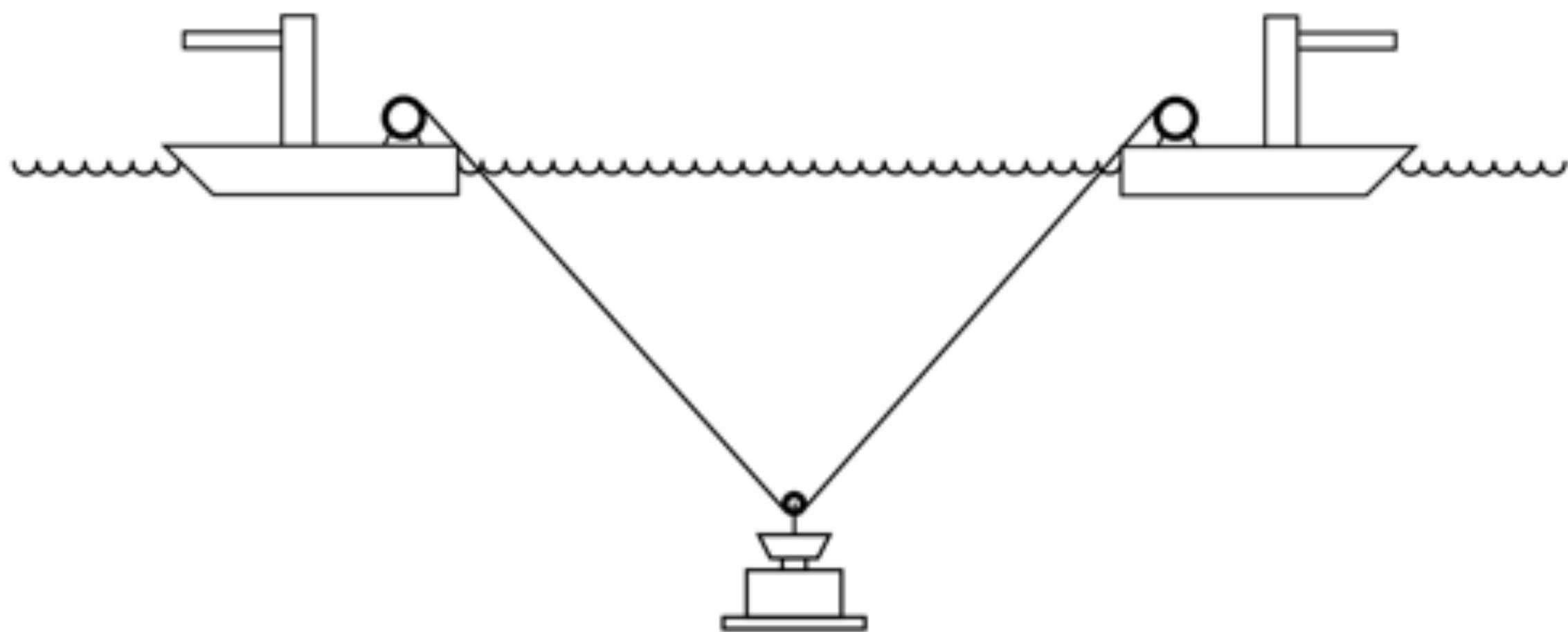


Figura 1.8: Instalação de equipamentos submarinos pelo método da roldana.

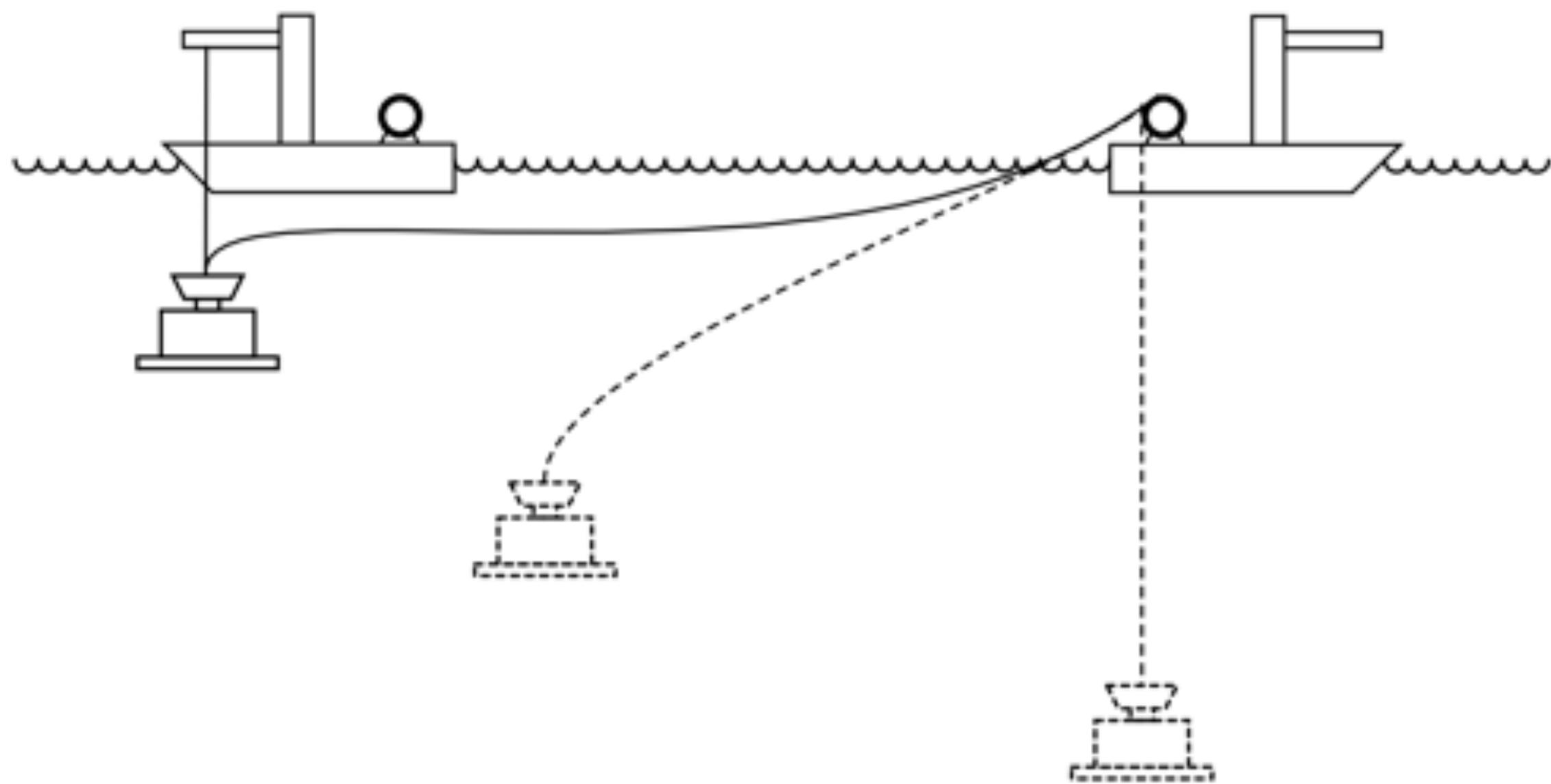


Figura 1.9: Método pendular para instalação de equipamentos submarinos.

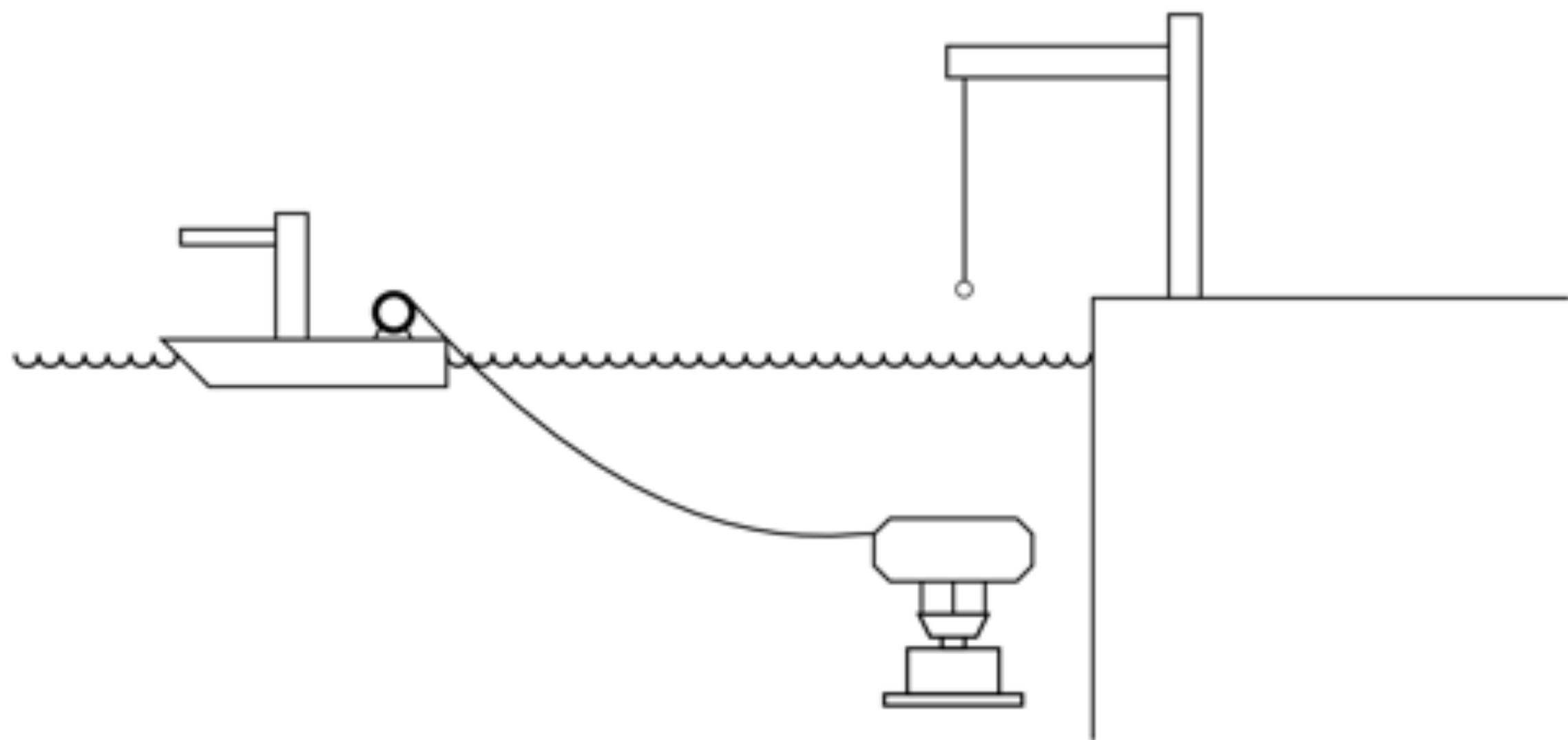
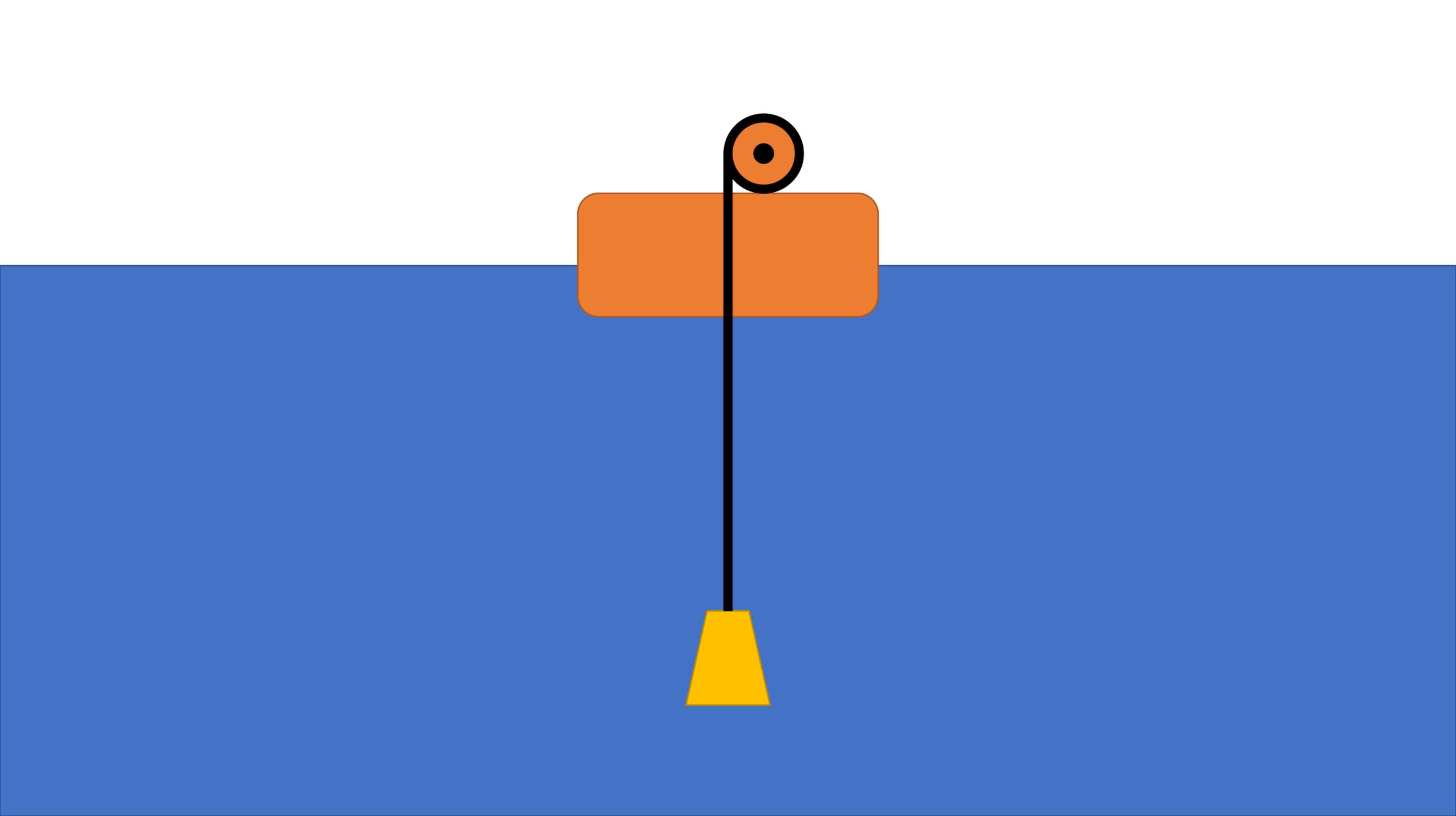
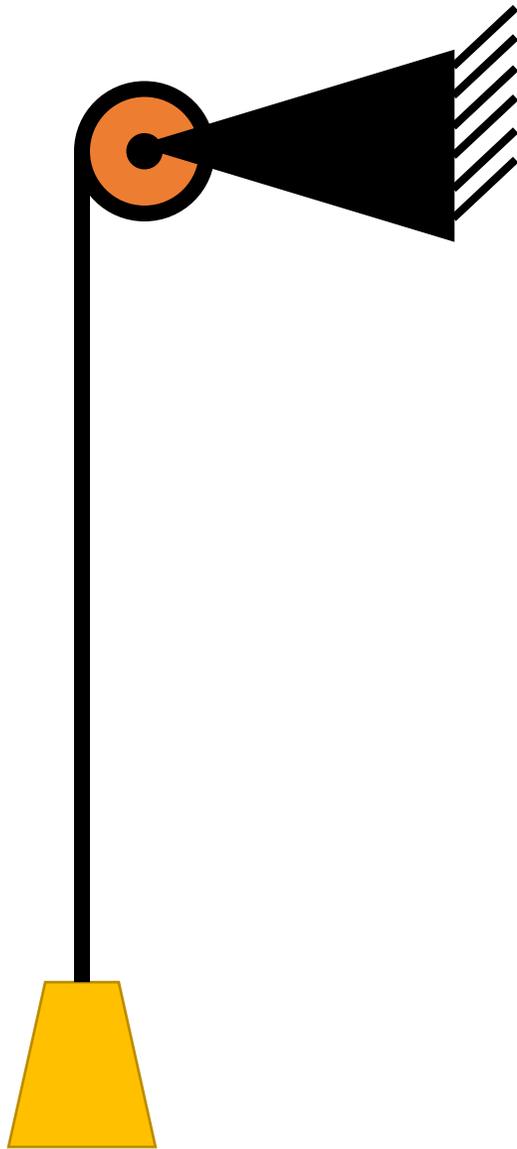


Figura 1.10: Instalação de equipamentos submarinos utilizando uma boia lastreável.

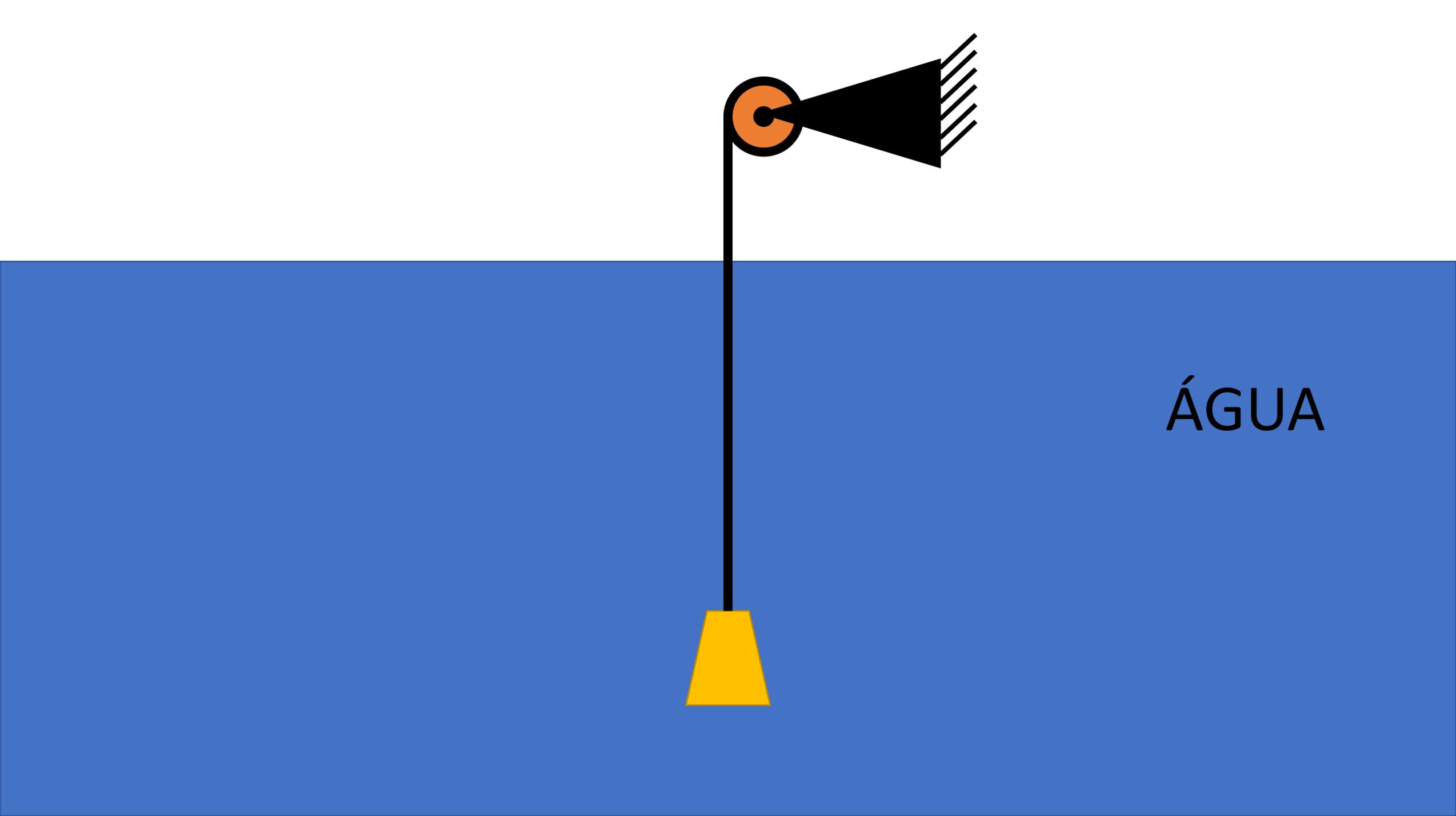
# Instalação direta com cabos contínuos

---

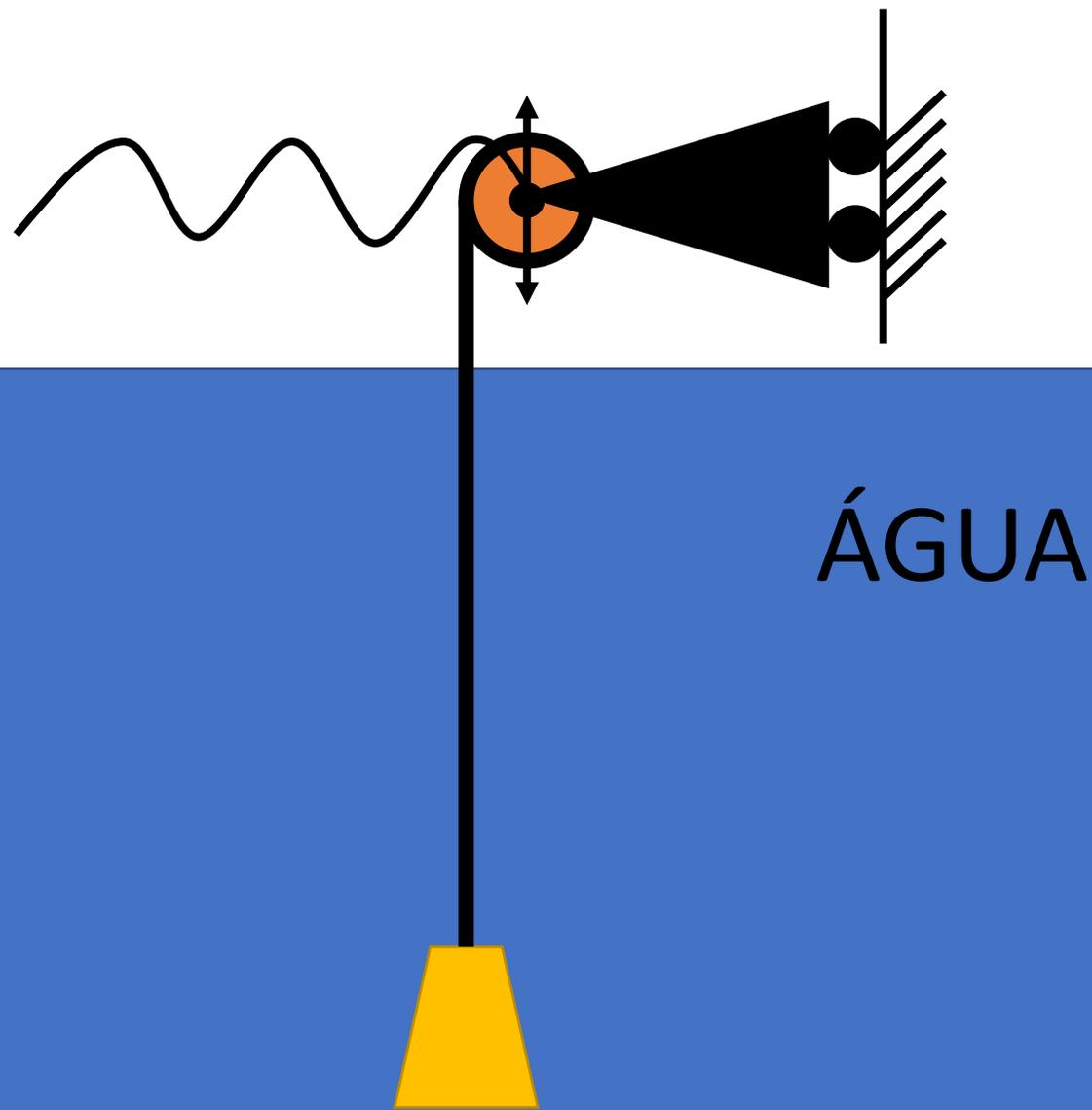
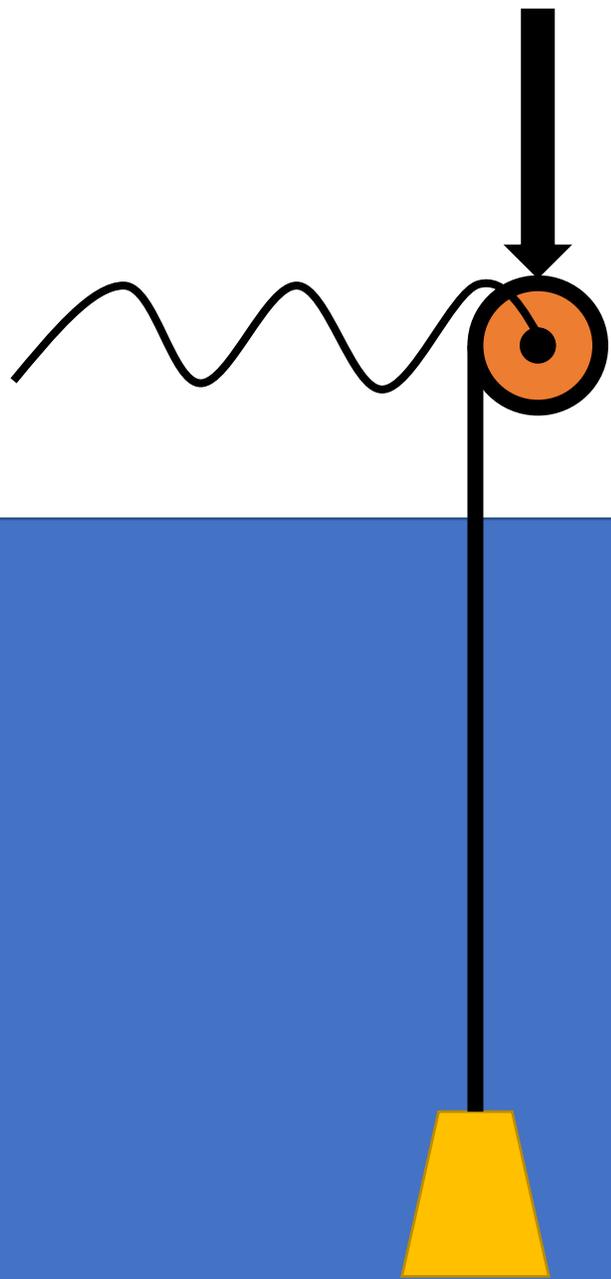


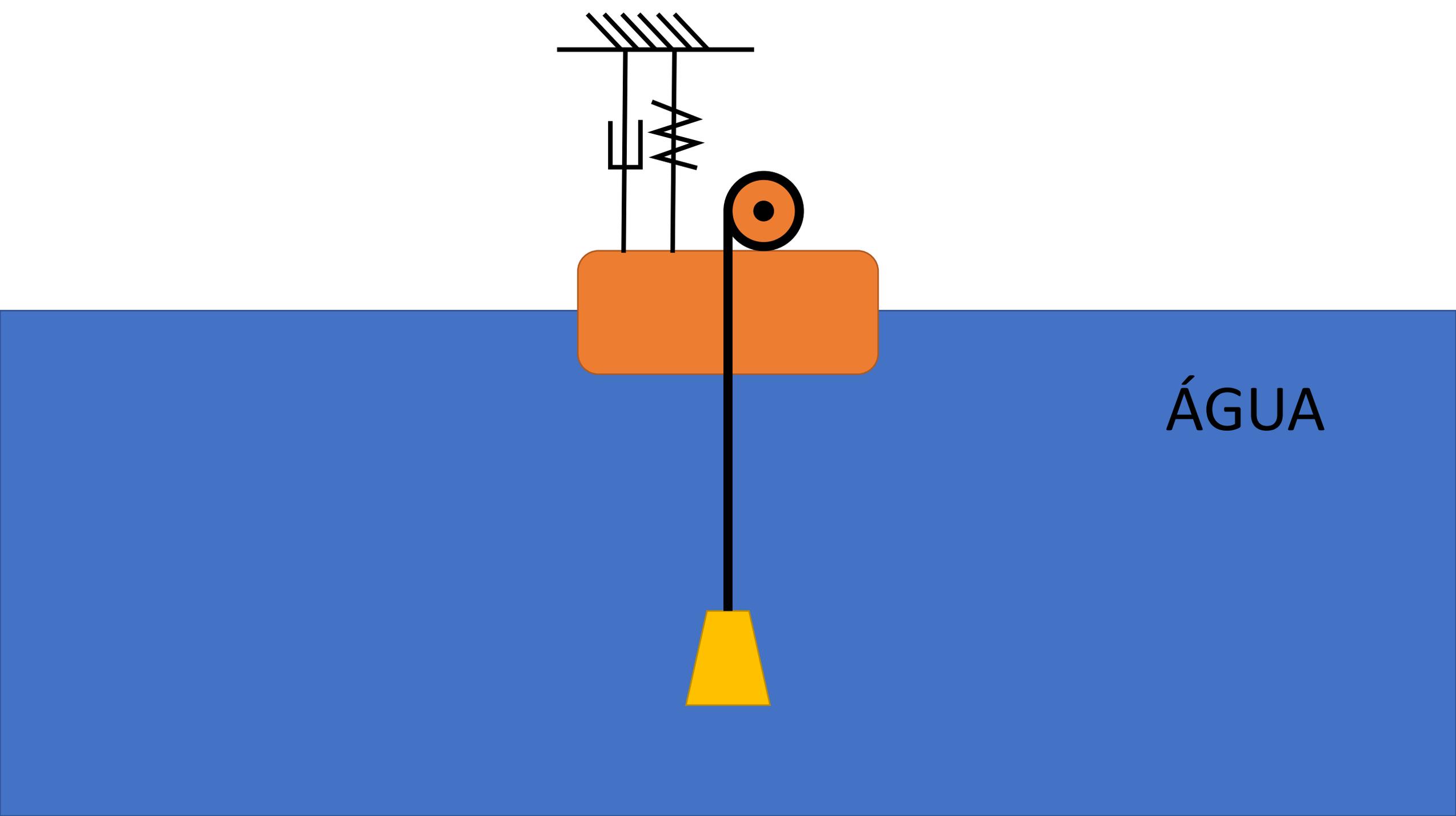


AR

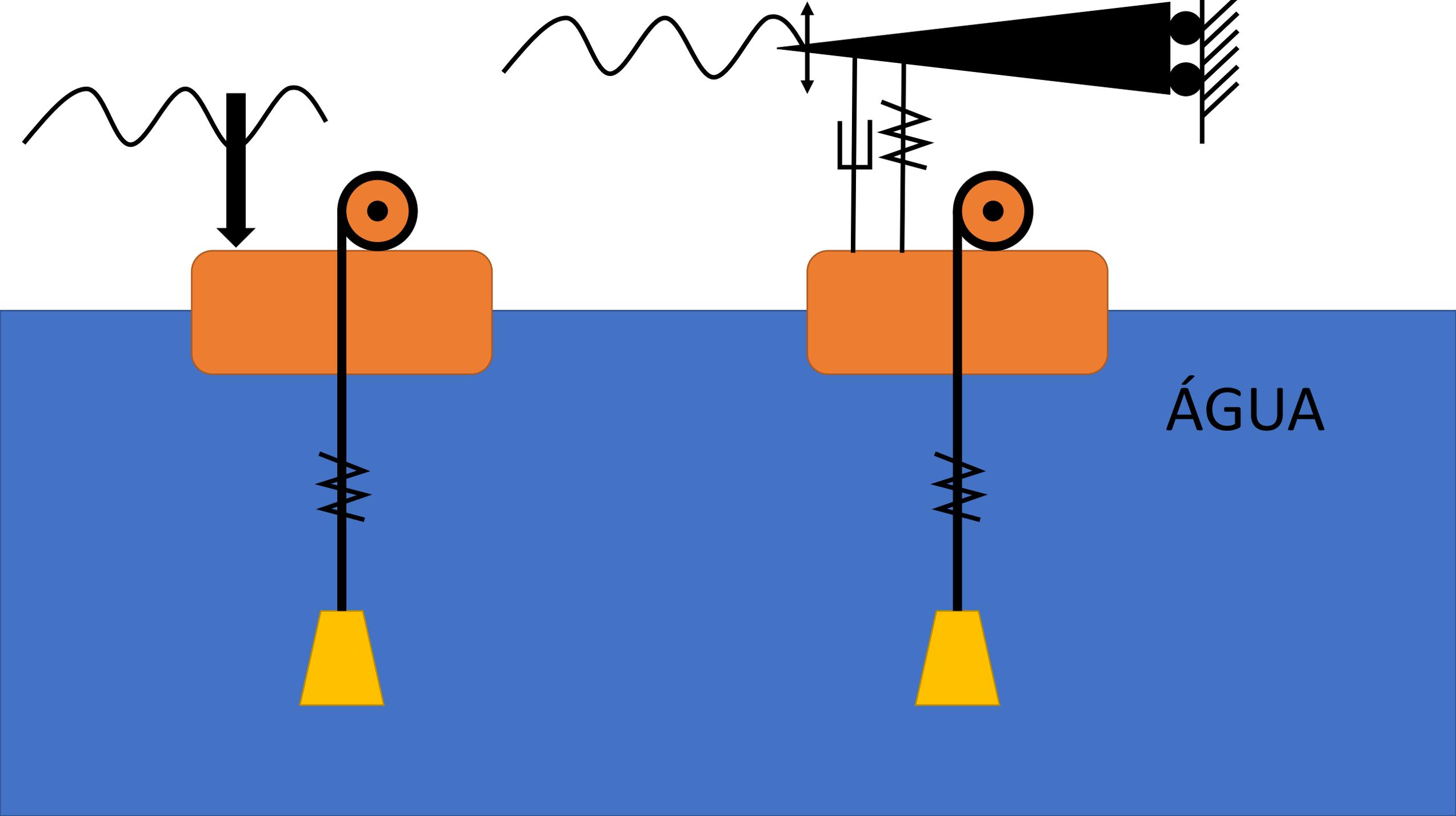


ÁGUA





ÁGUA

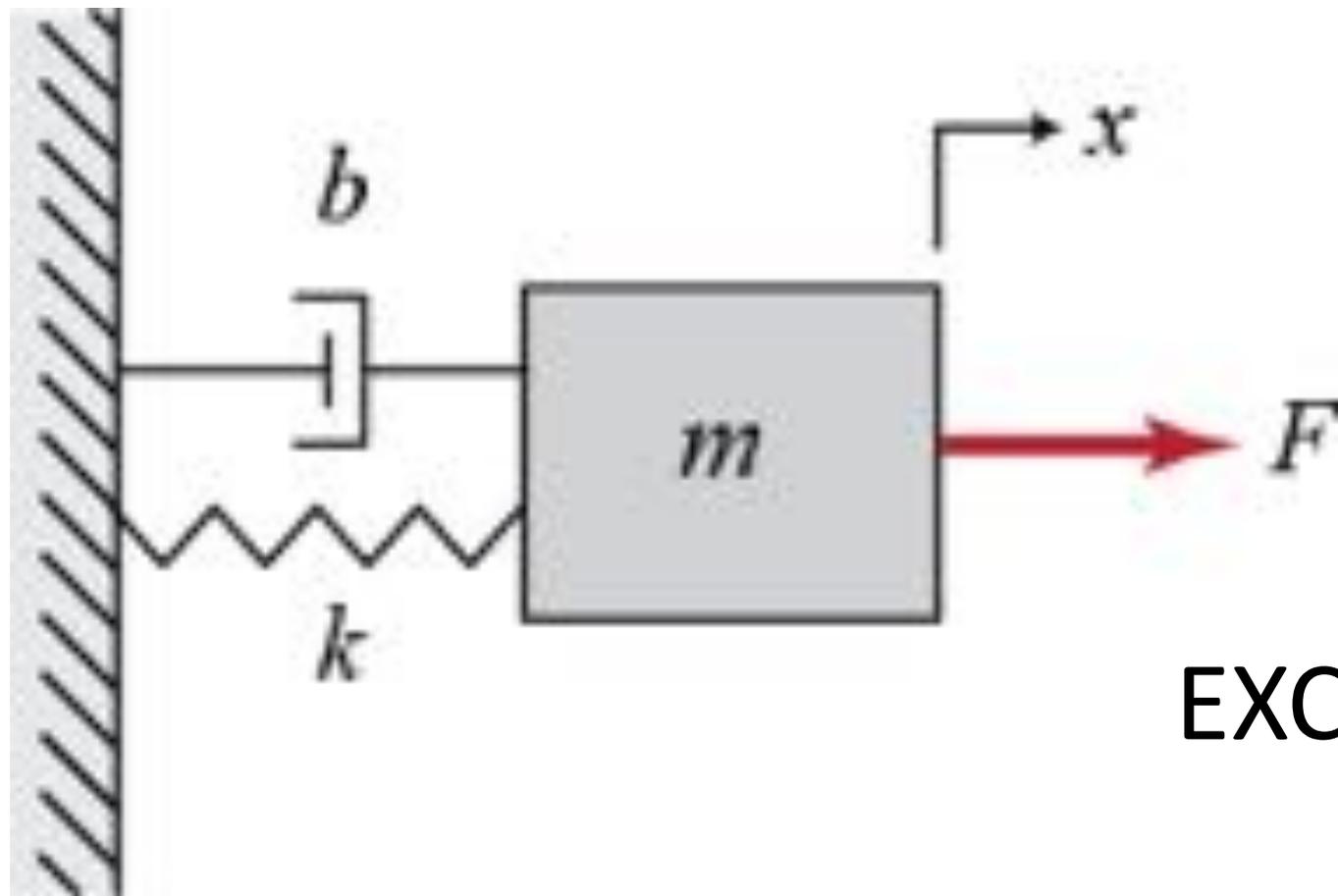


ÁGUA

# Os fundamentos

---

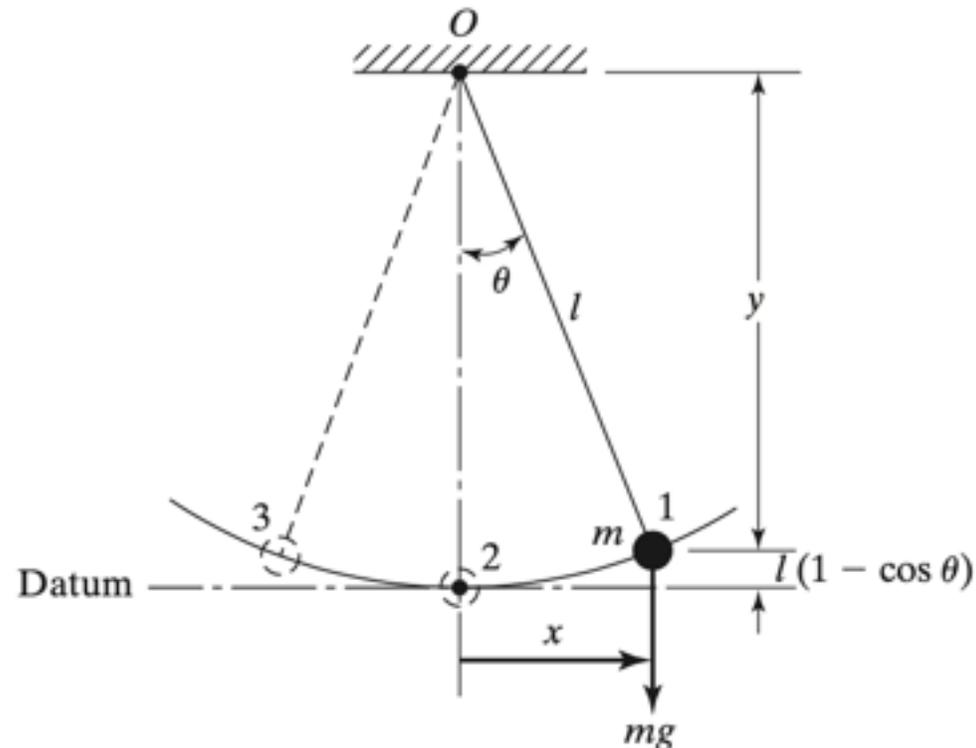
Rao: 1.4 – 1.9



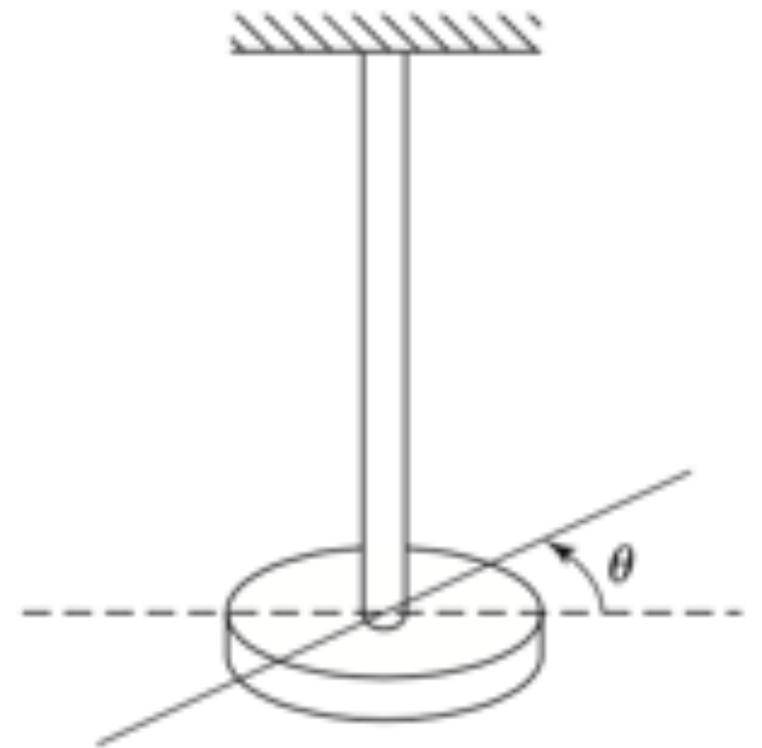
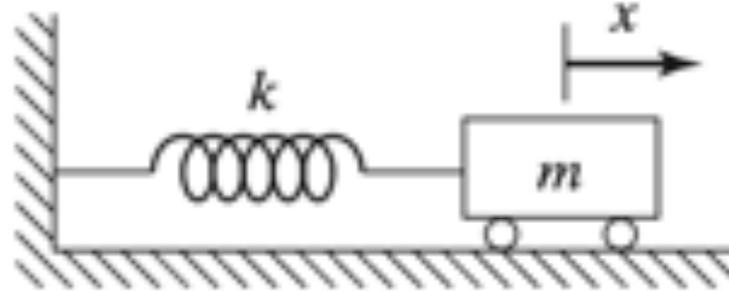
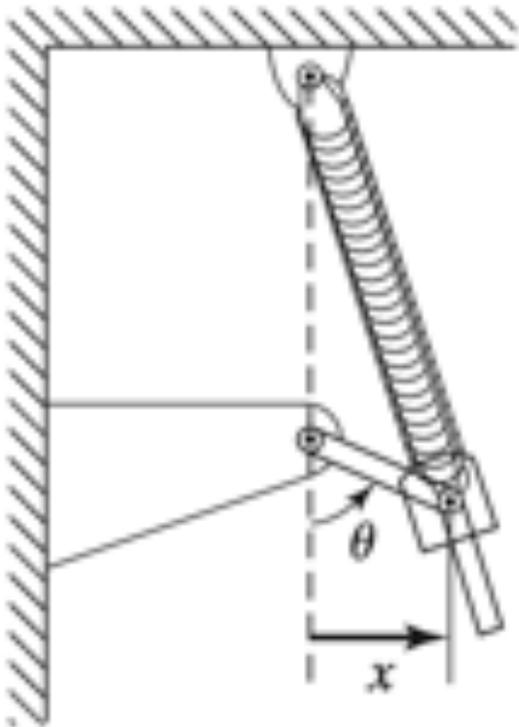
EXCITAÇÃO EXTERNA  
INÉRCIA  
RIGIDEZ  
AMORTECIMENTO

# Graus de liberdade (DOF)

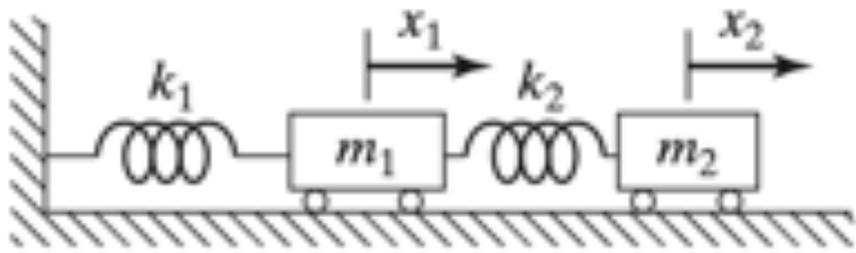
- O número de coordenadas independentes necessárias para determinar a posição de todos os componentes do sistema num instante de tempo.



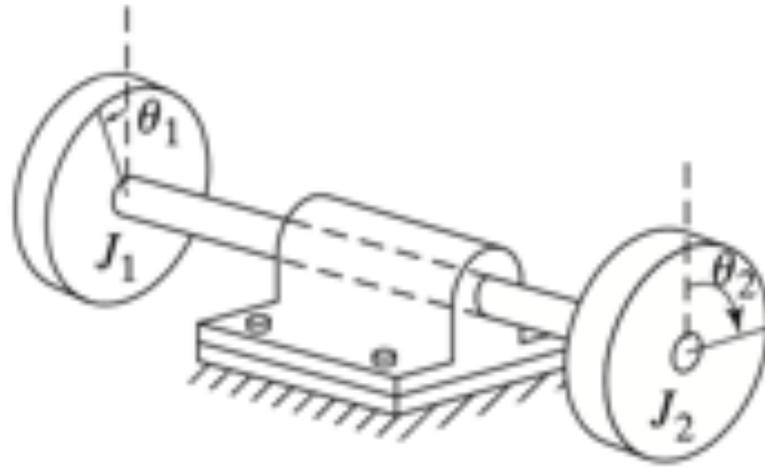
# Sistema discreto



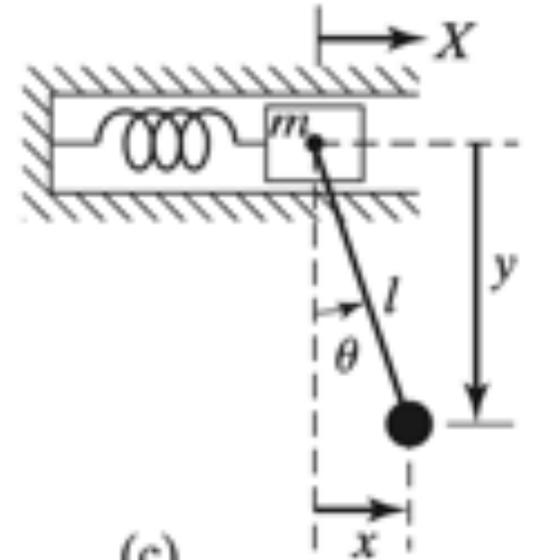
# Sistema discreto



(a)

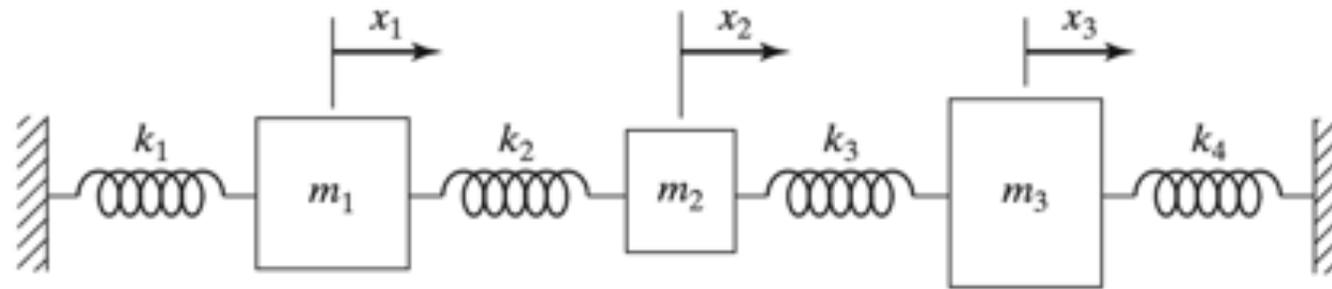


(b)

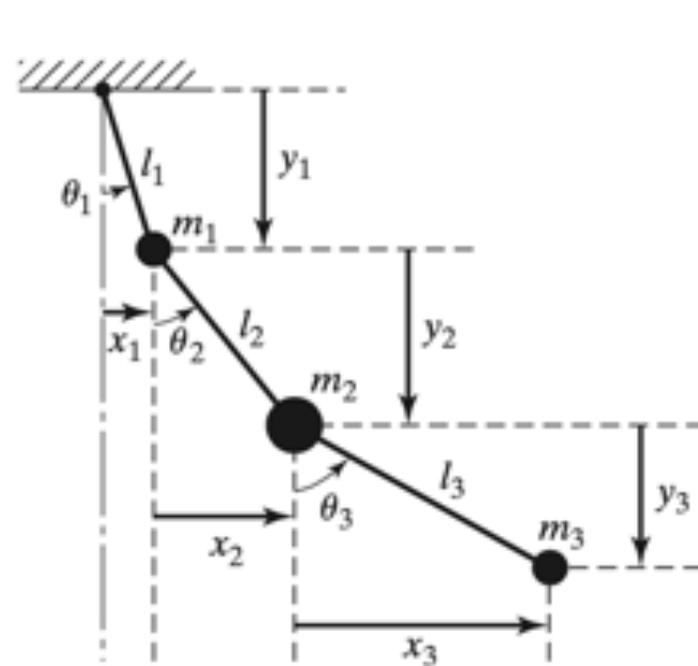


(c)

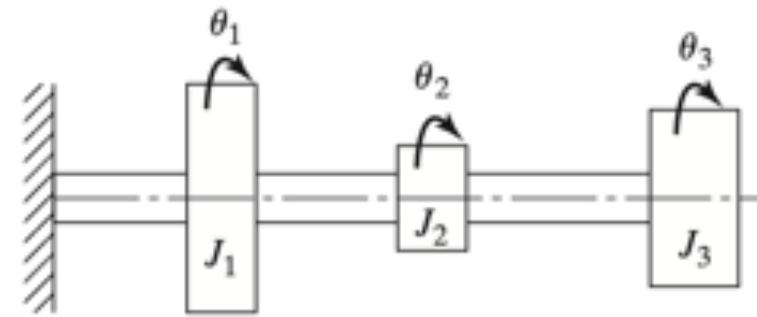
# Sistema discreto



(a)

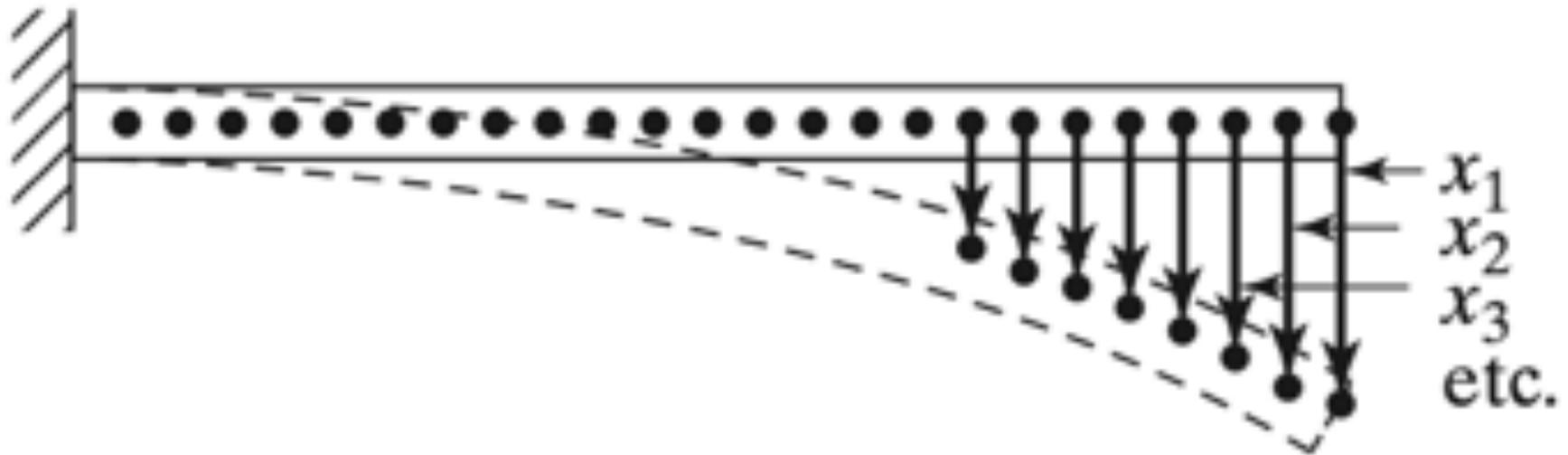


(b)



(c)

# Sistema contínuo



# Classificação: excitação

## **Vibração livre**

- Após uma perturbação inicial, o sistema vibra sem a ação de forças externas.

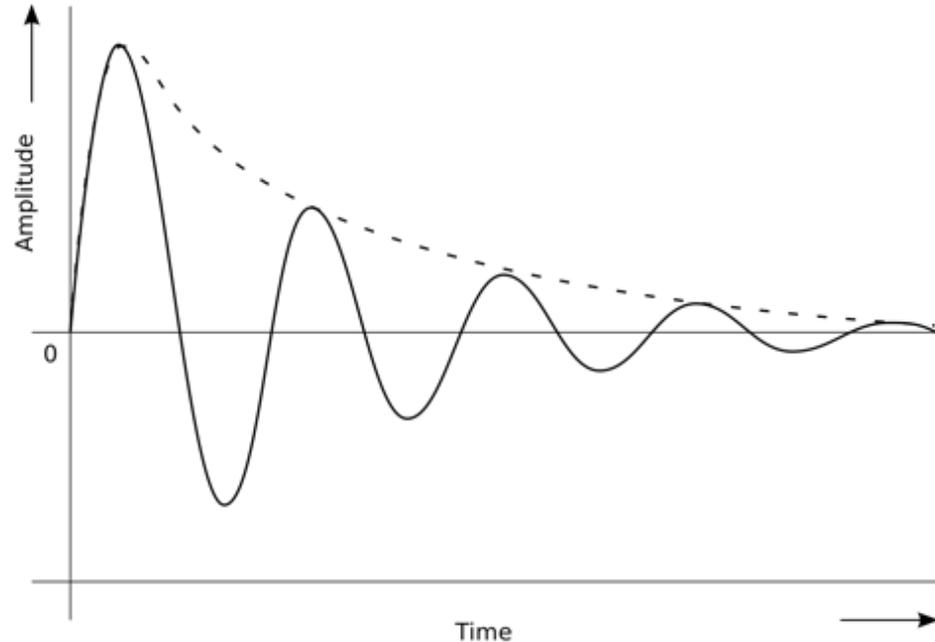
## **Vibração forçada**

- Durante a vibração, o sistema é excitado por forças externas.

# Classificação: amortecimento

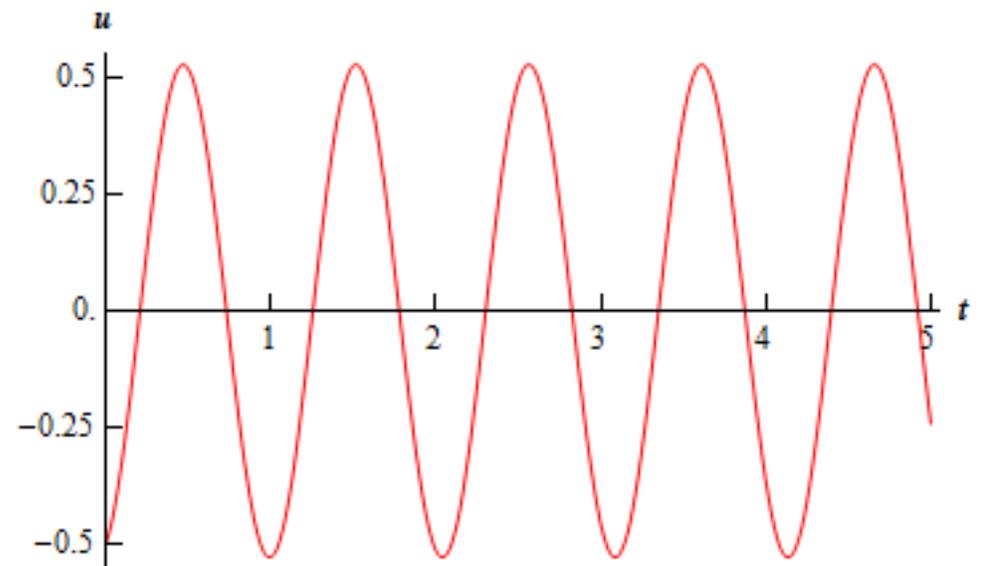
## Vibração amortecida

- Energia é dissipada (perdida) durante a vibração.



## Vibração não amortecida

- Energia não é dissipada durante a vibração.



# Classificação: linearidade

## Vibração linear

- m-c-k tem comportamento linear
- Podemos aplicar sobreposição de sistemas lineares.

## Vibração não linear

- m-c-k tem comportamento não linear
- Não podemos aplicar sobreposição de sistemas lineares.

A função  $f$  é linear se:

$$f(x + y) = f(x) + f(y)$$

$$f(ax) = a f(x)$$

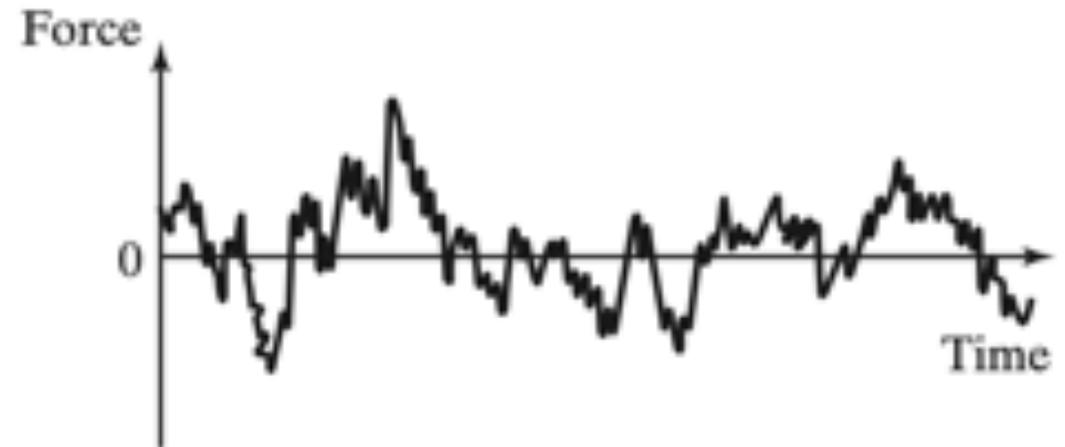
# Classificação: aleatoriedade

## Excitação determinística



(a) A deterministic (periodic) excitation

## Excitação não determinística



(b) A random excitation

# Analizando a dinâmica de um sistema

---

# Procedimento

## **1. Modelagem matemática**

- Representar todas as características importantes do sistema em expressões analíticas que representem seu comportamento dinâmico.

## **2. Derivação das equações que governam o sistema**

- Usando os princípios da Dinâmica, descrever o comportamento do sistema em equações do movimento (equações diferenciais ordinárias).

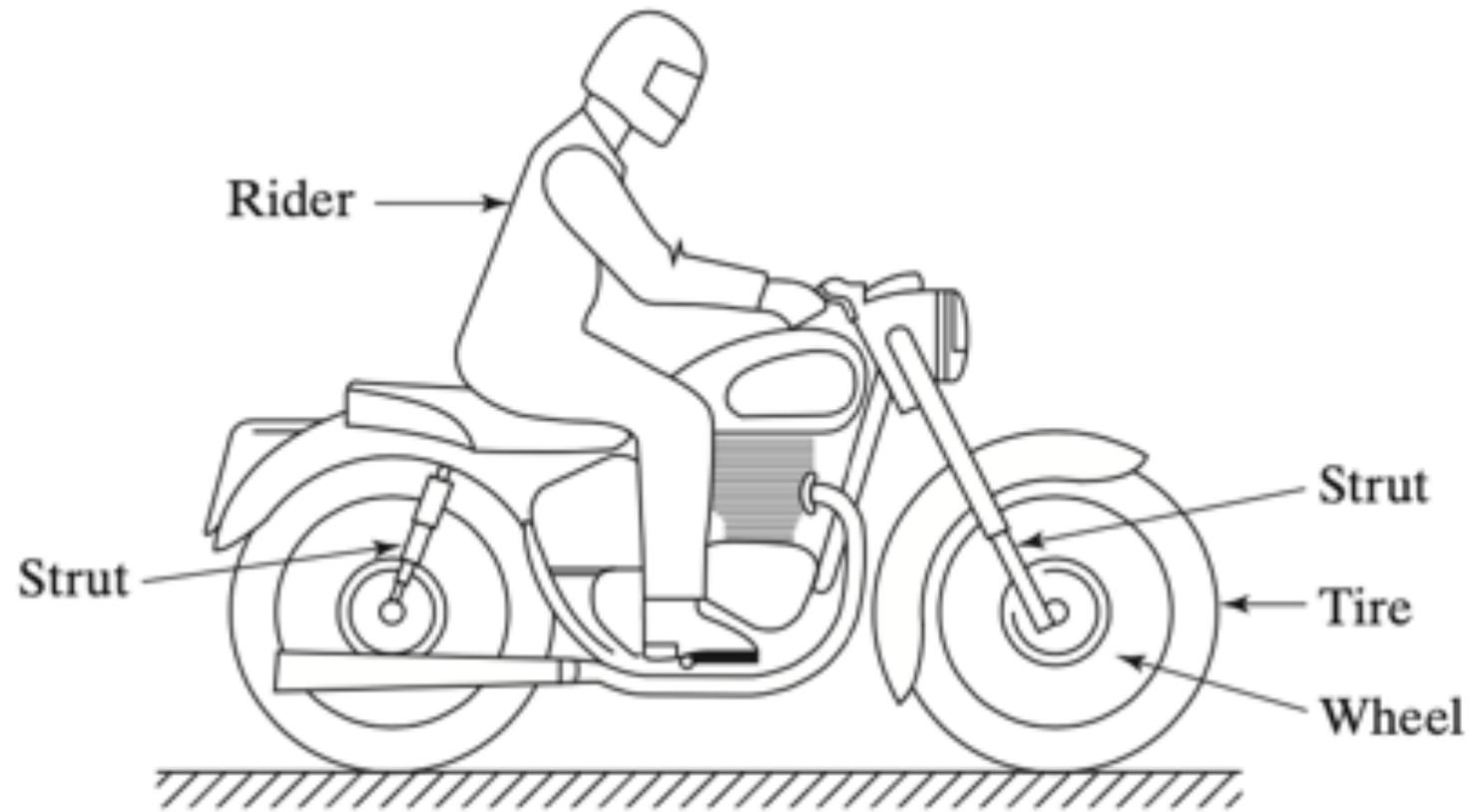
## **3. Solução das equações de movimento**

- Resolução analítica ou numérica do sistema dinâmico.

## **4. Interpretação dos resultados**

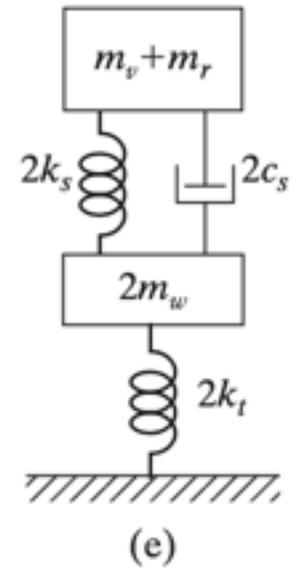
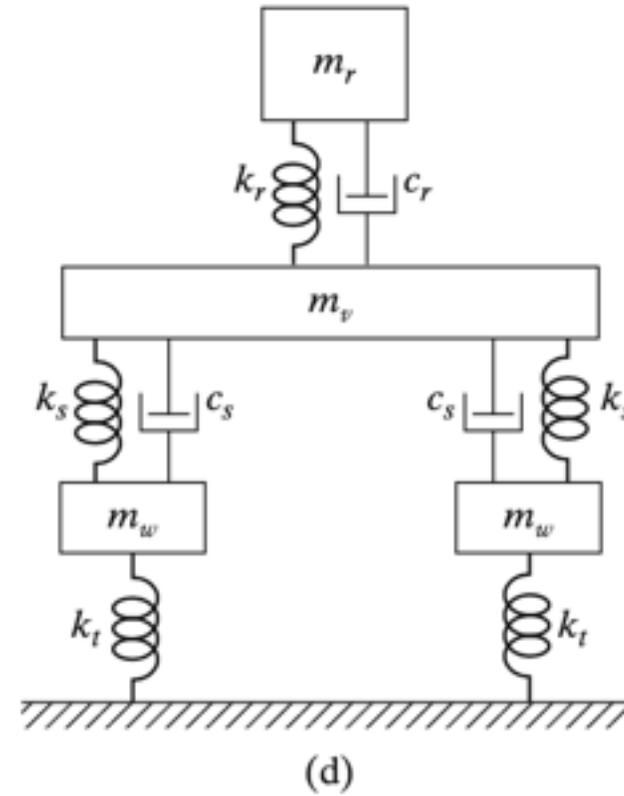
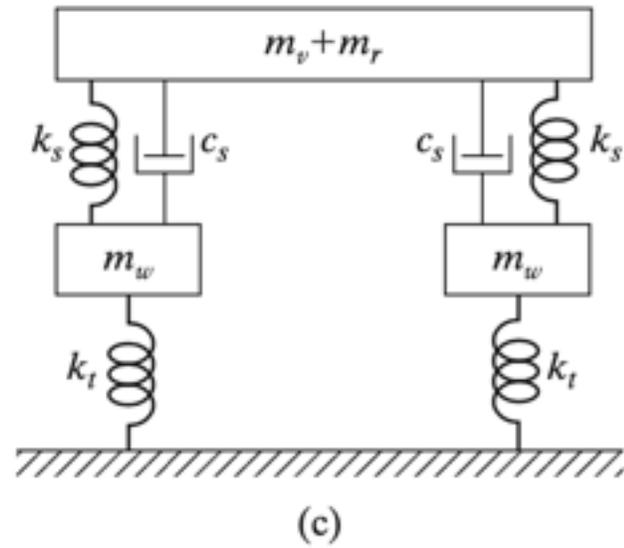
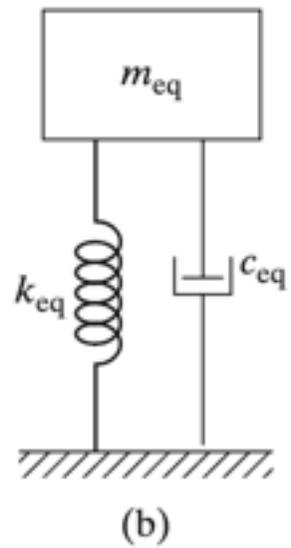
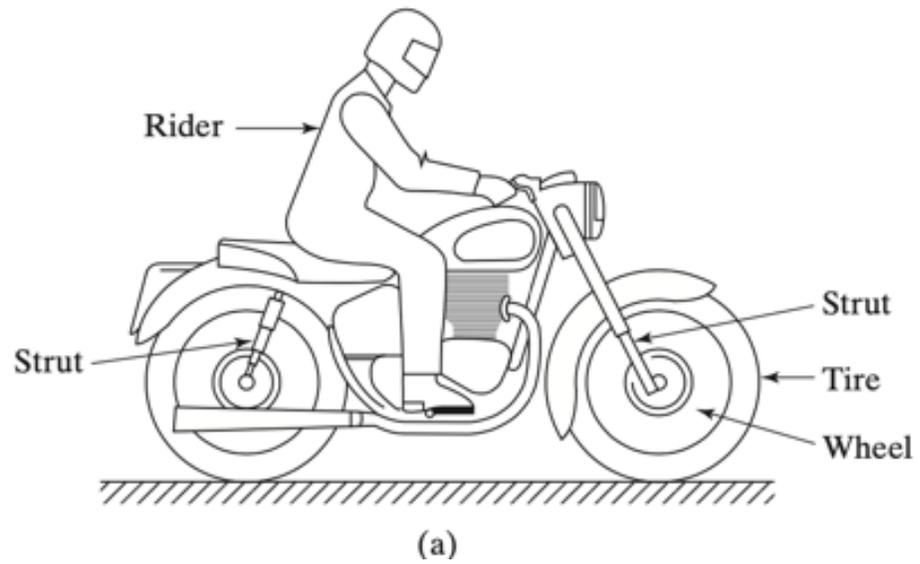
- Analisar deslocamento, velocidade e aceleração dos componentes do sistema.

# Exemplo



(a)

Movimento vertical  
Graus de liberdade



Equação do movimento:  
eq. diferencial ordinária linear de segunda ordem

$$x = x(t)$$

Derivadas de uma única  
função ( $x$ ) de uma  
variável independente ( $t$ )

Sem produtos  
entre  $x$ ,  $\dot{x}$  e  $\ddot{x}$

$$\ddot{x}(t)$$

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = F(t)$$

INERCIAL

AMORTECIMENTO  
(DISSIPACÃO)

RIGIDEZ  
(RESTAURAÇÃO)

FORÇA EXTERNA  
(EXCITAÇÃO)