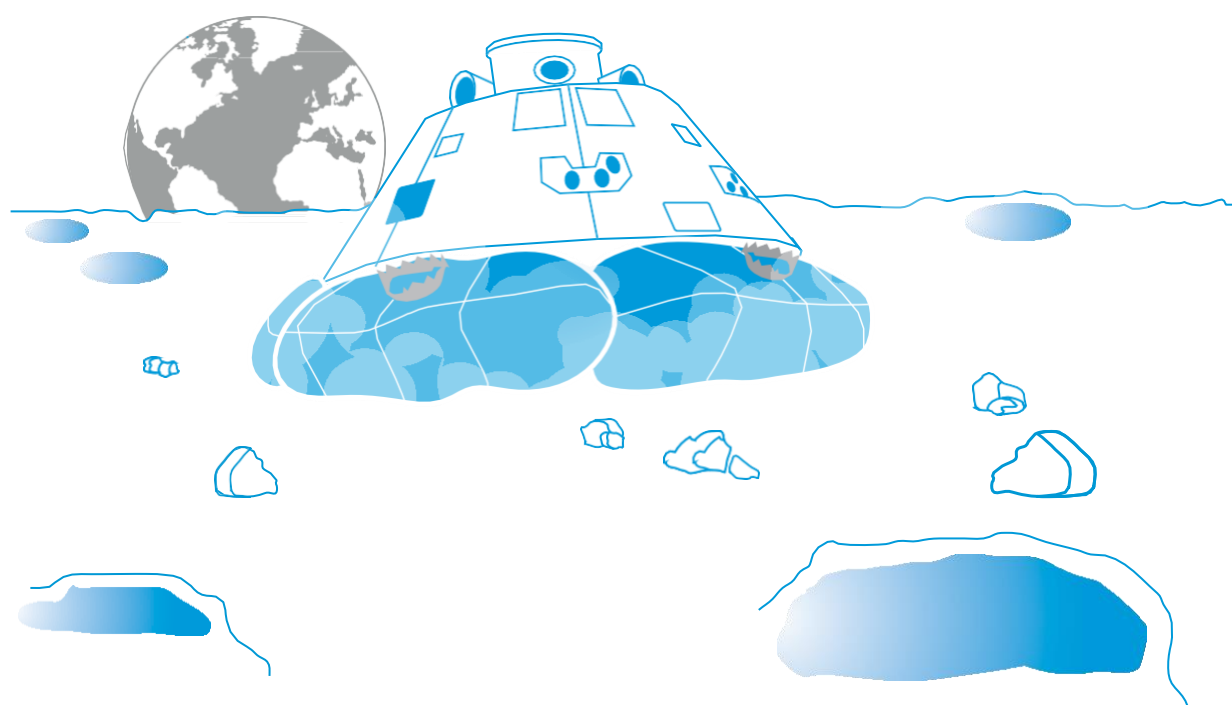
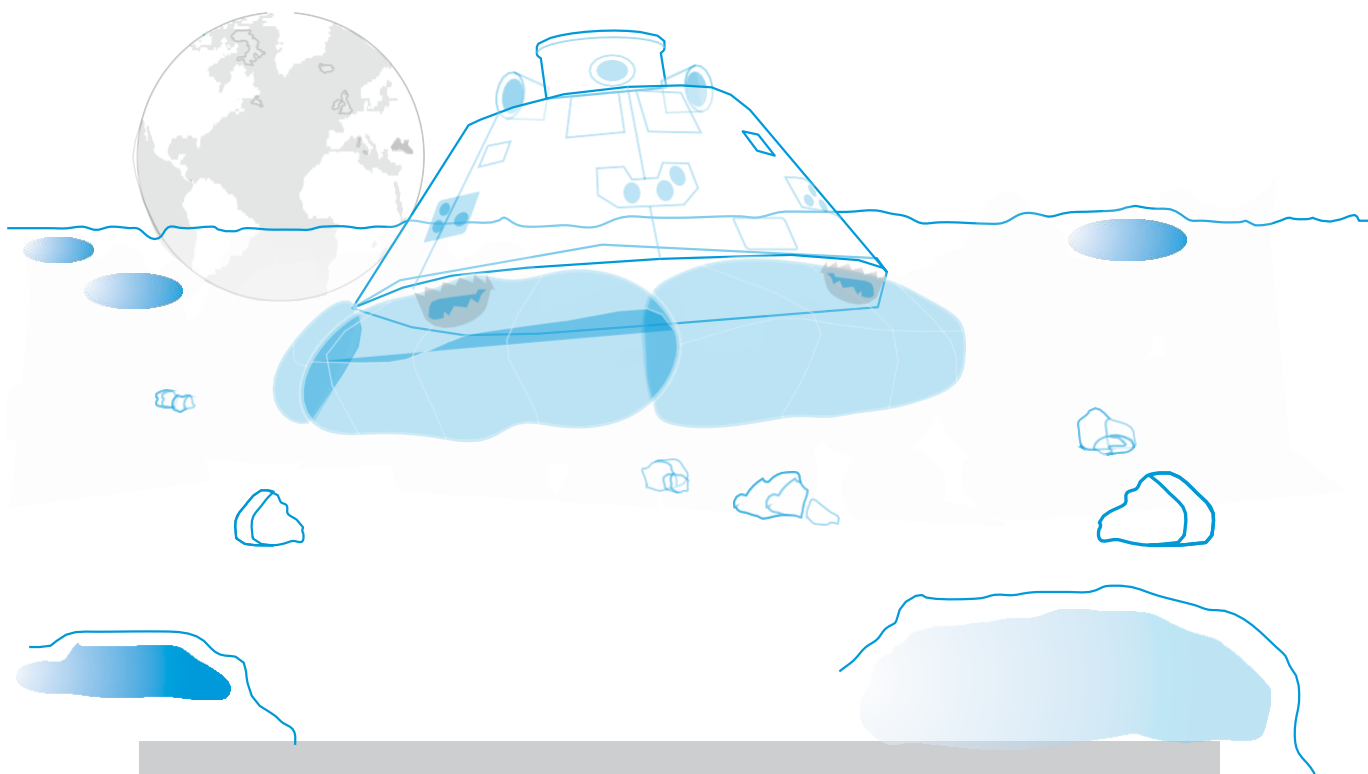


# Ensinar com o Espaço

## → ATERRAR NA LUA

Planear e projetar um módulo lunar





## Guia do professor

Introdução	página 3
Resumo das atividades	página 4
Contexto	página 5
Atividade 1: Projeta e constrói um módulo lunar	página 6
Atividade 2: Testa o teu módulo lunar	página 9
Atividade 3: Aterrar na Lua	página 12
Fichas de trabalho	página 15
Links	página 22
Anexos	página 23

Ensinar com o Espaço – aterrar na Lua | P37  
[www.esa.int/education](http://www.esa.int/education)

O Departamento de educação da ESA agradece feedback e comentários  
[teachers@esa.int](mailto:teachers@esa.int)

Produzido pela ESA Educacional em colaboração com a ESERO Nórdica  
Copyright 2018 © European Space Agency

# → ATERRAR NA LUA

## Planear e projetar um módulo lunar

### INTRODUÇÃO

**Área curricular:** Física, Matemática, Economia

**Nível etário:** 14-16 anos

**Tipo:** atividade de estudantes

**Complexidade:** média

**Tempo de preparação para o professor:** 1 hora

**Tempo da aula:** no total 2 horas e 30 minutos

**Custo:** baixo (0-10 euros)

**Local:** sala de aula e exterior

**Palavras chave:** Física, Matemática, Economia, alunagem, Gravidade, Atrito, Força, Aceleração, Velocidade, leis de Newton, orçamentação, análise de riscos

### Breve descrição

Neste conjunto de atividades, os alunos vão planear, projetar, e construir um módulo lunar para garantir a sobrevivência da tripulação (sob a forma de um ovo nauta) ao aterram na Lua.

Eles vão explorar quais os fatores a serem considerados quando se dá uma alunagem, em comparação com uma aterragem na Terra. Ao projetarem o módulo lunar, os alunos devem ter em conta fatores de risco e de orçamentação.

### Objetivos de aprendizagem

- Identificar as forças que estão envolvidas na aterragem nas superfícies da Terra e da Lua.
- Compreender a relação entre a massa e a força gravitacional.
- Resolver um problema, utilizando a segunda lei de Newton.
- Elaborar um projeto tendo em consideração um orçamento e a gestão de riscos.
- Trabalhar em grupo sujeito a constrangimentos de tempo e de dinheiro.

## → Sumário das atividades

Sumário das atividades					
	Título	Descrição	Resultados esperados	Pré-requisitos	Tempo
1	Projeta e constrói um módulo lunar	Projetar e construir um módulo lunar. Efetuar um estudo de avaliação de riscos e um estudo de projeto.	Aprender a elaborar um projeto com requisitos e um orçamento fixo. Completar uma avaliação de riscos e um estudo de projeto. Construir um módulo lunar	Nenhum	60 minutos
2	Testa o teu módulo lunar	Ensaio do módulo lunar. Análise dos resultados.	Testar o módulo e recolher dados. Calcular a aceleração e a velocidade durante a aterragem.	Conclusão da atividade 1.	60 minutos
3	Aterragem na Lua	Comparação entre a aterragem na Terra e na Lua.	Aprender quais as diferenças entre a Lua e a Terra. Calcular a aceleração gravitacional e a força gravitacional	Conclusão da atividade 2.	30 minutos

## → Contexto

Em 1969, a Apollo 11 tornou-se a primeira missão tripulada a aterrar na Lua. Depois de uma viagem de quatro dias a partir da Terra, o módulo lunar, chamado Eagle, separou-se do módulo de comando que orbitava a Lua e tocou no mar da Tranquilidade, uma área relativamente lisa e nivelada. O módulo lunar foi controlado manualmente de modo a evitar pedras e crateras. "Houston, aqui Base da Tranquilidade. O Eagle alunou." Estas palavras marcaram uma nova era da exploração humana.

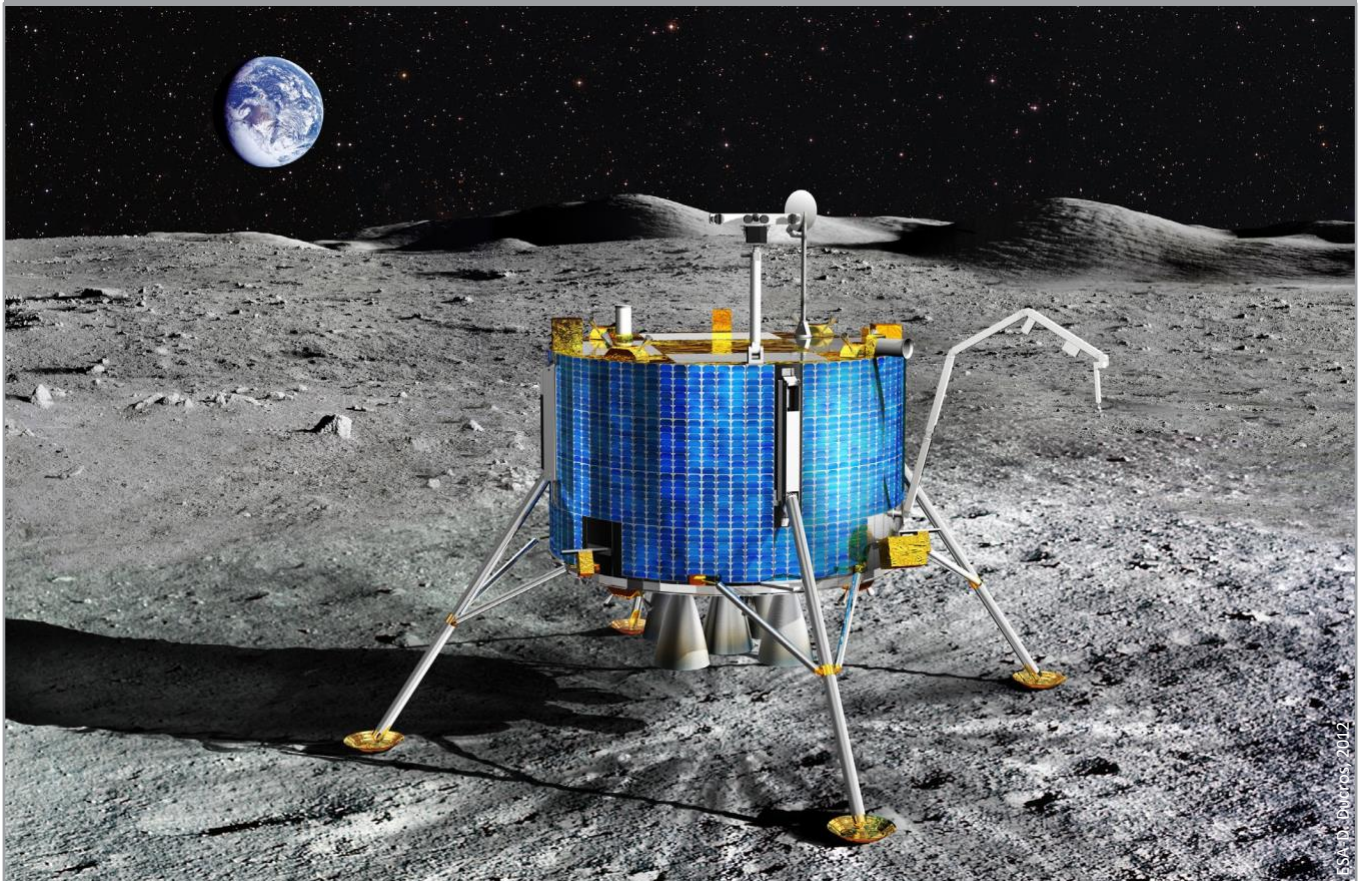
Apollo 12, a segunda missão tripulada a aterrar na Lua, foi um exercício de aterragem de precisão; A maior parte da descida foi automática e a aterragem de precisão teve grande significado porque aumentou a confiança na aterragem em zonas específicas de interesse.

A descida na superfície lunar é uma das fases mais críticas e difíceis da aterragem. A nave espacial precisa de diminuir a velocidade que tem na órbita lunar que é de 6000 km/h para poucos km/h, de modo a que a alunagem seja suave. Zonas de alunagem interessantes para serem exploradas são, com frequência, perigosas, com crateras, rochas e declives, e por isso, de difícil acesso.

Só 12 pessoas caminharam na superfície da Lua e a última vez aconteceu em 1972. A Agência Espacial Europeia, em colaboração com outros parceiros, está a planear voltar à Lua com missões robóticas e humanas nas próximas décadas.

Neste conjunto de atividades os alunos vão projetar um módulo lunar e aprender sobre alguns desafios da exploração espacial.

Figura 1



↑ Impressão artística de um módulo lunar.

## → Atividade 1: Projetar e construir um módulo lunar.

Nesta atividade, os alunos vão projetar e construir um módulo lunar utilizando materiais simples. O objetivo é projetar um módulo de aterragem e um ovo nauta que possam aterrar em segurança na superfície da Lua. No seu plano os alunos devem ter em conta os riscos envolvidos numa missão de alunagem tripulada, executarem um estudo de avaliação de riscos e um estudo de projeto.

### Material necessário

- Papel
- Ficha de trabalho impressa para cada grupo
- Palhinhas
- Marshmallows
- Bolas de algodão
- Paus de chupa-chupa
- Saco de plástico
- Fio
- Fita adesiva
- Tesouras
- Balões
- Ovos – 1 por cada grupo de alunos
- Balanças

### Exercício

Divida a turma em grupos de 3 a 4 alunos. Distribua uma ficha de trabalho por cada grupo. Explique a missão e os seus requisitos aos alunos. Incite cada grupo a projetar um módulo lunar tripulado, para a Agência Espacial Europeia (ESA). Eles podem manter os seus projetos em segredo relativamente aos outros grupos ou podem preferir fazer equipas colaborativas e ajudarem-se uns aos outros. No entanto pretende-se que cada equipa conceba o seu projeto pessoal.

Antes dos alunos começarem o seu trabalho, oriente-os relativamente a alguns dos problemas principais que devem considerar. Pergunte aos alunos em que é importante pensar quando se aterra noutro corpo celeste. Por exemplo, a distância até ao destino, a composição ou a ausência de atmosfera, a importância de pousar no local certo, o ângulo de aproximação, etc.

Forneça aos alunos a lista de materiais e o seu custo (Anexo 1). Para promover um planeamento eficiente, os materiais que forem adquiridos depois da fase inicial do projeto devem custar mais 10%. Cada equipa tem um orçamento de mil milhões de €. Este orçamento deve cobrir os custos com o treino do ovo nauta (300 milhões €), o lançamento (1 milhão de € por grama) e os materiais. A lista de materiais e o orçamento disponível podem ser ajustados para tornar a atividade mais ou menos complexa ou, a determinada altura, um corte (ou uma subida) no orçamento pode ser introduzido.



## Fase de projeto:

Antes de iniciar a construção, os alunos devem preparar um estudo de avaliação de riscos, usando o modelo da ficha de trabalho. Na gestão de riscos, vai-se avaliar quer a probabilidade quer o impacto de ocorrer um acidente. Os riscos estão sempre presentes, desde o planeamento do projeto até à construção, ao transporte e ao treino da tripulação. Na ficha de trabalho, os alunos vão encontrar uma matriz de avaliação de riscos e uma lista de riscos potenciais para esta missão. A utilização dessa matriz é uma forma comum de analisar e organizar os riscos em muitos campos profissionais diferentes. Os alunos devem preencher os riscos listados na matriz e refletir sobre se há alguns riscos que não foram considerados. Eles devem escolher três dos riscos mais importantes e elaborar estratégias de remediação.

Os alunos devem discutir soluções e tentar projetar o módulo de aterragem mais seguro, dentro do seu orçamento. Eles devem desenhar um esboço da sua ideia e preparar um orçamento para o módulo proposto, usando o modelo da ficha de trabalho. Explique que este processo é comparável a projetar uma missão real ao Espaço; todos os materiais e sistemas utilizados devem ser cuidadosamente planeados, justificados e orçamentados.

## Fase de construção:

Agora faça com que os alunos construam o seu módulo de aterragem. Provavelmente eles vão perceber que algumas das decisões que pensavam possíveis não obtêm o resultado esperado. Para aumentar a dificuldade, inclua um custo adicional de 10% para os materiais que eles pretendam alterar no seu projeto.

Os alunos devem dar nome ao seu módulo (e ao ovo nauta). No final, os grupos vão ter de pesar o seu módulo e o ovo nauta para calcularem o custo do lançamento. O preço final deve ser abaixo de mil milhões de € e incluir o treino do ovo nauta, o lançamento, e os materiais utilizados na construção do módulo de aterragem.

## Resultados

Em baixo damos um exemplo de como preencher o estudo de avaliação de riscos. O modo como os alunos classificam o risco pode variar e depende da perceção que têm da missão.

		Consequências				
		Insignificantes	Menores	Moderadas	Importantes	Catastróficas
Probabilidades	Quase certo		O módulo é danificado durante os ensaios	Não alunamos no local de aterragem designado .		
	Provável		Outra empresa (grupo) tem um projeto mais eficiente e/ou mais barato	Atrasamo-nos	Há alterações inesperadas aos requisitos	O ovo nauta não sobrevive
	Possível		O módulo é danificado durante o transporte	O módulo ficou muito pesado	Há alterações inesperadas ao orçamento	O módulo é danificado durante a aterragem final
	Improvável				Alguns materiais são demasiado caros	Mudança constante de projeto significa que a construção do módulo ficou demasiado cara
	Raro				Alguns materiais estão indisponíveis	

**Risco 1:** O ovo nauta não sobrevive

**Plano de remediação:** construa o módulo lunar com contingências: Não confie num só mecanismo para assegurar a alunagem. Teste a largada com uma altura cada vez maior antes do ensaio final da queda. Primeiro teste o módulo sem o ovo nauta.

**Risco 2:** a mudança constante de projeto significa que a construção do módulo ficou demasiado cara.

**Plano de remediação:** projete o módulo lunar com dinheiro de sobra antes de iniciar a construção. Candidate-se a um financiamento suplementar proveniente de outras fontes.

**Risco 3:** há alterações inesperadas aos requisitos.

**Plano de remediação:** Conceção adaptável e redundância. Não confie numa única tecnologia ou mecanismo. Projete o módulo com dinheiro de sobra antes de iniciar a construção.

## Discussão

Esta atividade deve criar consciencialização sobre a importância de identificar e compreender os riscos, a sua probabilidade de ocorrência e, sobretudo, as suas consequências. Os alunos devem perceber a grande importância que tem o planeamento e orçamentação adequados num projeto (espacial).

Pode utilizar esta atividade para discutir alguns dos perigos que existem na exploração espacial. Na aula, debata como avaliar os riscos de um astronauta perder a vida comparada com o custo do módulo de aterragem. No futuro a exploração espacial deverá ser feita só por robôs?

Antes de iniciar a Atividade 2 (testa o teu módulo lunar), certifique-se de ter uma definição clara do que se considera ser um “ovo nauta sobrevivente”. Deverá aceitar que o ovo tenha algumas rachaduras? O que define uma missão bem-sucedida?



## → Atividade 2: Testa o teu módulo lunar

Nesta atividade, os alunos vão testar a resistência dos seus módulos a uma queda vertical, mantendo o ovo nauta em segurança. Eles vão descrever as condições de alunagem e observar outros fatores que podem influenciar os resultados. Como opção, os alunos podem filmar a largada e posteriormente usar uma ferramenta de análise de vídeos para examinarem a aceleração.

### Material necessário

- Uma ficha de trabalho impressa para cada grupo
- Módulos lunares autoconstruídos incluindo ovo nautas (da Atividade 1)
- (opcional) Câmara/câmara de telefone e tripé (ver anexo 3)
- (opcional) Programa de rastreamento de vídeo (ver anexo 3)
- (opcional) Computador ou smartphone

### Exercício 1

Antes de iniciarem os ensaios, os alunos devem anotar as condições da aterragem (a dureza do solo, as condições meteorológicas, etc.). É importante ter condições idênticas para todas as largadas. Debata com os alunos a importância de não alterarem diferentes variáveis simultaneamente.

Marque no solo um local para o teste de aterragem. Pode fazer uma cruz no solo com fita adesiva, ou desenhar um alvo com anéis que marcam a distância ao centro. Registe os resultados de cada queda (Tabela no Anexo 2). Opcionalmente, para os módulos de aterragem bem-sucedidos, pode executar ensaios a diferentes alturas. Os módulos de aterragem sobreviventes devem ter uma estrutura que suavize o impacto inicial (como por exemplo uma almofada) ou podem ter múltiplos mecanismos que dissipem a energia de impacto.

Pode escolher um módulo de aterragem lunar vencedor baseado nos seguintes critérios:

- Altura da queda que o módulo lunar consegue suportar
- Distância ao alvo no solo
- Custo do módulo
- Até que ponto o módulo lunar final seguiu o projeto e o orçamento iniciais
- Trabalho de equipa global, planeamento e comunicação do grupo

Peça aos alunos que apresentem o seu projeto à turma. Eles devem analisar quão bem o plano deles funcionou e o que fariam de maneira diferente, agora que sabem os seus resultados finais. Os alunos também devem debater quais os fatores externos que influenciaram a largada, por exemplo as condições meteorológicas (vento forte, chuva etc.) ou a aterragem do ovo em diferentes materiais (asfalto, areia, relva etc.).

## Exercício 2

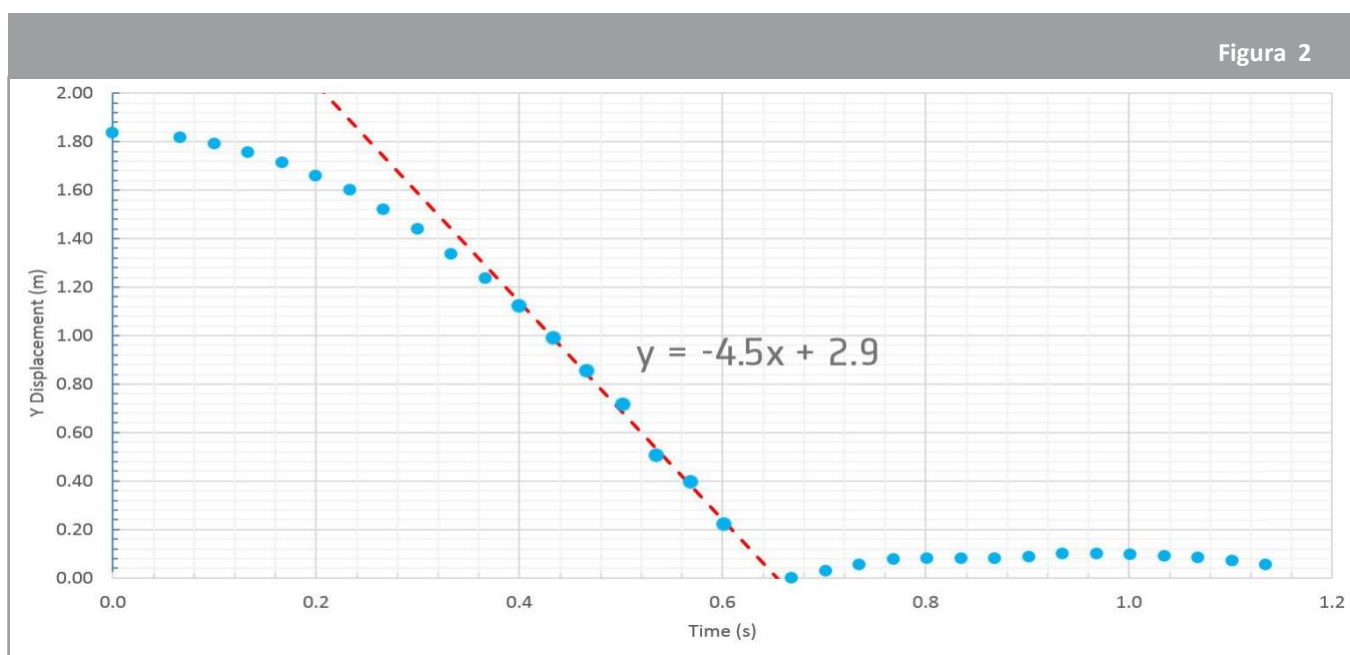
Para o exercício 2, vai precisar da posição e da velocidade em função de tempo. Para instruções detalhadas de como medir estes parâmetros, consulte o Anexo 3. Em alternativa, pode usar os dados da amostra, fornecidos na Tabela 1 do Anexo 3.

Neste exercício, os alunos vão analisar a velocidade e a aceleração durante a(s) queda(s). Como exemplo vamos usar os dados da Tabela 1 do Anexo 3. Cada aluno necessita de uma calculadora gráfica, ou um computador / smartphone com um programa como o Excel.

1. Calcular a velocidade de impacto num gráfico do Deslocamento segundo o eixo dos  $y$  em função do Tempo.

Para calcular a velocidade de impacto aproximada do módulo lunar, os alunos podem traçar o gráfico do deslocamento do módulo, na direção do eixo dos  $y$  em função do tempo. Depois fazer uma análise da regressão linear dos dados, antes do módulo tocar o solo (incluindo somente os últimos 10 a 5 pontos antes do impacto). O declive desta regressão linear vai corresponder à velocidade de impacto aproximada. Se o módulo não tiver atingido a velocidade terminal ele ainda vai estar a acelerar e este método será apenas uma aproximação.

No gráfico de exemplo (Figura 2), a velocidade de impacto é de aproximadamente 4,5 m/s.

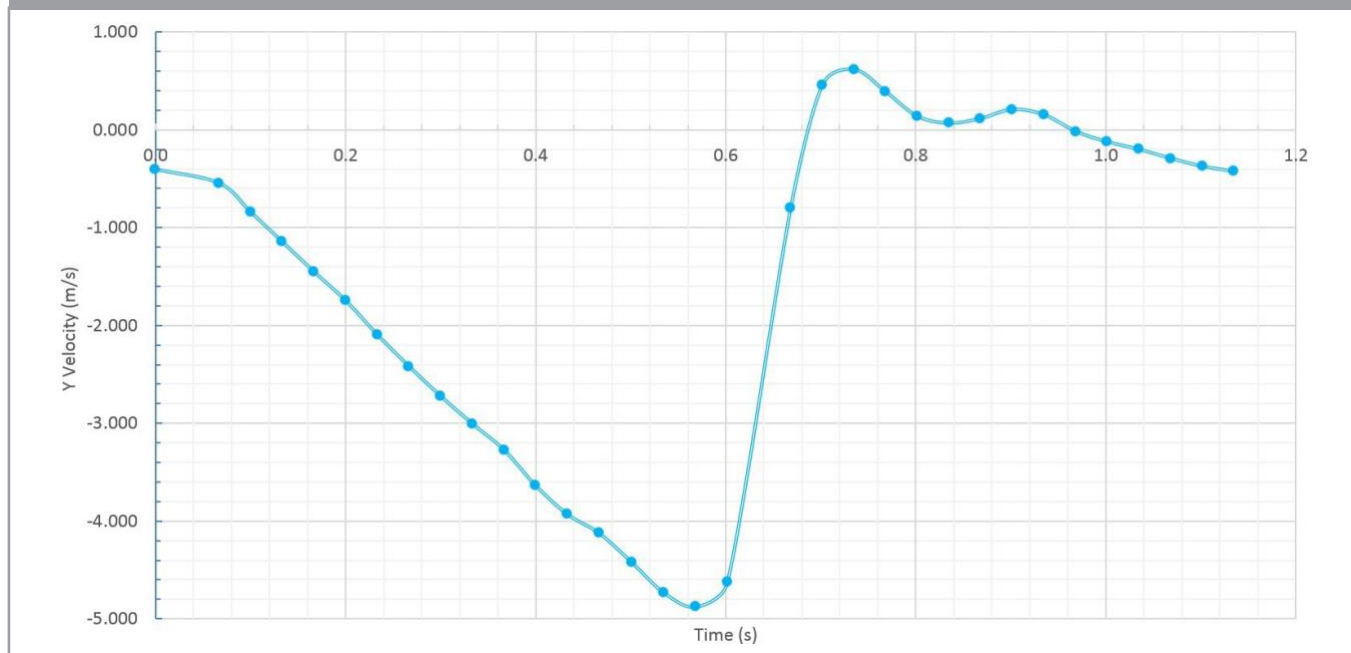


↑ Deslocamento segundo o eixo dos  $y$  em função do Tempo.

2. Obter a velocidade de impacto num gráfico da velocidade segundo o eixo dos  $y$  em função do tempo:

Outro método para obter a velocidade de impacto: traçar o gráfico da velocidade segundo o eixo dos  $y$  em função do tempo. A velocidade de impacto final aproximada pode ser facilmente observada neste gráfico no ponto em que a velocidade em  $y$  muda de direção. Na figura 3 podemos ver que o módulo toca o solo com uma velocidade entre 4,8 e 4,9 m/s, que é, aproximadamente, a mesma velocidade calculada na questão 1. A velocidade do módulo não deverá diminuir até que este atinja o solo – exceto se ele usar um sistema idêntico a um paraquedas, o que não é o caso para os dados do exemplo. As variações dos valores da velocidade perto do ponto de impacto podem dever-se a incertezas nas medições.

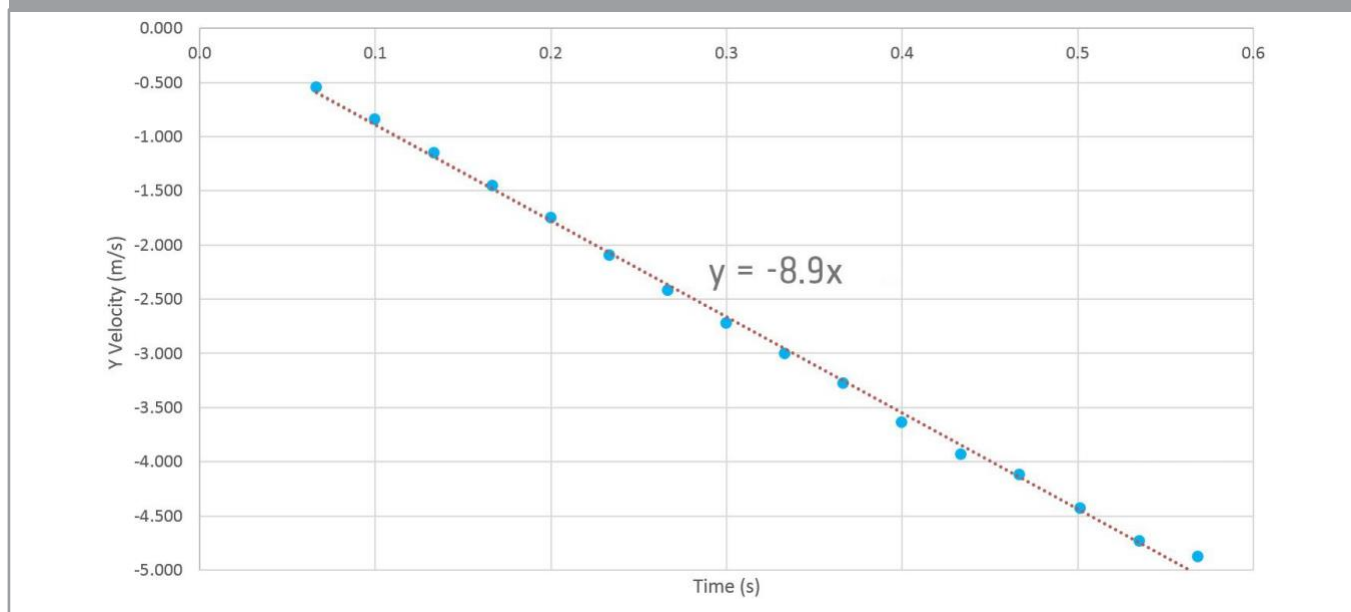
Figura 3



↑ Velocidade segundo o eixo dos y em função do Tempo.

3. Calcular a aceleração num gráfico de velocidade segundo o eixo dos y em função do tempo:  
Para calcular a aceleração do módulo, os alunos podem fazer uma regressão linear da velocidade segundo o eixo dos y em função do tempo, antes do ponto de impacto. O declive desta regressão linear vai corresponder à aceleração do módulo. Usando os dados do exemplo da Figura 4, a aceleração segundo o eixo dos y pode ser calculada usando  $y = -8,9 x \text{ m/s}^2$ .

Figura 4



↑ regressão linear dos valores da Velocidade segundo o eixo dos y em função do Tempo antes do ponto de impacto.

4. O impacto do atrito na aceleração:  
Devido à presença da atmosfera, a atuação da força de atrito no módulo vai conduzir a uma desaceleração. A força de atrito depende do quadrado do valor da velocidade. Se o módulo tivesse sido largado de um ponto muito mais alto, os alunos conseguiriam determinar que o módulo atinge a velocidade terminal (velocidade constante) quando a força de atrito iguala o peso.

## → Atividade 3: Aterrar na Lua

Nesta atividade, os alunos vão comparar a aterragem na Terra e na Lua. Eles vão investigar os diferentes fatores que influenciam a aterragem em ambas as localizações e o diagrama das forças. Posteriormente, os alunos vão refazer o projeto do seu módulo lunar baseados naquilo que aprenderam durante o ensaio.

### Exercício

Como introdução à Atividade 3, discuta as diferenças entre a Lua e a Terra. Que fatores vão influenciar a aterragem em cada caso? Oriente os alunos para que debatam fatores como a importância da localização e do tipo de local de aterragem e o ângulo da descida.

1. Peça aos alunos para listarem 3 fatores que possam influenciar a aterragem em ambos os locais. Aqui estão alguns exemplos:

Aterrar na Terra	Aterrar na Lua
1. A atmosfera	1. O local de aterragem
2. O local de aterragem	2. A localização na Lua
3. A velocidade de reentrada	3. A velocidade de aterragem
4. O ângulo de reentrada	4. O ângulo de aproximação
5. As condições atmosféricas	5. A variação de temperatura

Debata algumas das implicações das diferenças que os alunos listaram, por exemplo, a atmosfera. Como é que o facto de não haver atmosfera na Lua afeta a alunagem? Um paraquedas não funcionaria numa alunagem – talvez precisem de um motor como alternativa ou talvez de uma almofada de ar. No regresso à Terra são necessários escudos para o calor, devido ao atrito com a atmosfera, mas na Lua não seriam necessários. Em contrapartida, as variações de temperatura na Lua são mais extremas do que na Terra, por isso o módulo de aterragem necessitaria de ser climatizado.

2. Para resolver a pergunta 2, os alunos devem usar a equação da aceleração gravitacional (***g***):

$$g = G \frac{m}{r^2}$$

Em que ***G*** é a constante gravitacional, ***m*** é a massa do planeta (ou satélite) e ***r*** é o raio do planeta (ou satélite).

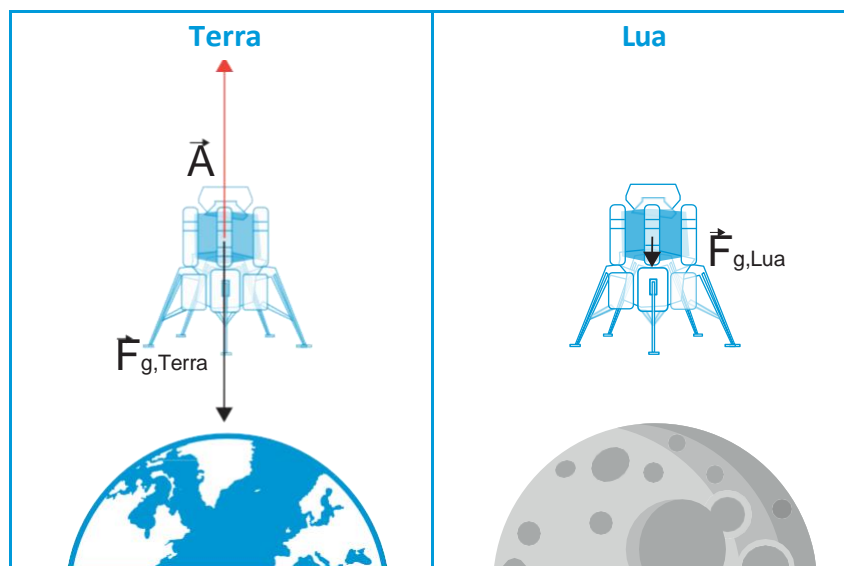
E a Segunda Lei de Newton:

$$F = m \cdot a$$

Em que ***F*** é a força resultante que atua num objeto, ***m*** é a massa do objeto e ***a*** é a aceleração.

TERRA	LUA
$g_{\text{Terra}} = \frac{5,97 \times 10^{24} \text{ kg} \times 6,67408 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}}{(6\,371\,000 \text{ m})^2}$ $g_{\text{Terra}} = 9,81 \text{ ms}^{-2}$	$g_{\text{Lua}} = \frac{7,35 \times 10^{22} \text{ kg} \times 6,67408 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}}{(1\,737\,000 \text{ m})^2}$ $g_{\text{Lua}} = 1,62 \text{ ms}^{-2}$
<p>Supondo que a massa do módulo é de 250 g:</p> $F_{g,\text{Terra}} = 9,81 \text{ ms}^{-2} \times 0,25 \text{ kg}$ $F_{g,\text{Terra}} = 2,45 \text{ N}$	$F_{g,\text{Lua}} = 1,62 \text{ ms}^{-2} \times 0,25 \text{ kg}$ $F_{g,\text{Lua}} = 0,41 \text{ N}$

3. Peça aos alunos para desenharem o diagrama das forças aplicadas ao módulo, na Terra e na Lua. Pode escolher começar por dizer que a aceleração gravitacional na Lua é 6 vezes menor que na Terra, ou deixar os alunos refletirem sobre o valor que calcularam.



A Lua é rodeada por vácuo, por isso a única força que atua no módulo é a força gravitacional ( $F_{g,\text{Lua}}$ ) ou o peso. O vetor do peso do módulo será 6 vezes mais pequeno na Lua do que na Terra, como calculado na pergunta 2.

A Terra é rodeada por uma atmosfera, por isso temos de ter em consideração o atrito aerodinâmico. A força de atrito ( $A$ ) depende do quadrado da velocidade do módulo. À medida que a velocidade aumenta, a força de atrito também aumenta até que iguale o peso. Quando o atrito iguala o peso a força resultante aplicada ao objeto é nula e ele vai continuar a cair com velocidade constante (velocidade terminal).

4. Depois da análise feita nas perguntas anteriores, os alunos devem ter agora consciência de algumas das diferenças principais entre um módulo de aterragem para a Lua e um módulo de aterragem para a Terra. Debata com os grupos se a utilização de um paraquedas seria viável. Discuta também as vantagens e as desvantagens de utilizarem um motor na aterragem ou uma almofada de ar para suavizar a mesma. Pergunte aos alunos se projetariam o seu módulo de modo diferente se não tivessem de se preocupar com a sobrevivência do ovo nauta. Relacione isto com a exploração espacial real e as diferenças entre uma missão tripulada ou não tripulada.

## → Conclusão

Os alunos deverão concluir que aterrar um módulo lunar é uma tarefa difícil, que envolve muitas considerações e ensaios antes da sua execução. Deverão concluir que competências, tais como desenvolver um projeto com um orçamento fixo, avaliação de riscos, projeto, ensaios, e o trabalho de equipa, são cruciais para qualquer missão espacial. As considerações que têm de ser feitas e o risco envolvido nas missões tripuladas é muito mais elevado que nas missões robóticas.

Os alunos também deverão concluir que os ensaios realizados na Terra não podem reproduzir na íntegra o ambiente e as condições de uma aterragem na Lua, por isso, os ensaios devem ser complementados com teoria para se compreender as diferenças entre a Terra e a Lua.



## → ATERRAR NA LUA

### Planear e projetar um módulo lunar

#### → Atividade 1: Desenhar e construir um módulo lunar

A ESA pediu-te para projetares um módulo de aterragem que transporta um ovo nauta, em segurança, até à superfície da Lua.

#### Exercício

Como no mundo real da indústria espacial, estás a competir e/ou a colaborar com outras organizações (os teus colegas) para um contrato com a ESA.

#### A tua missão é para:

- Projetar e construir um módulo lunar que aterre um ovo nauta em segurança na Lua.

#### Requisitos:

- O módulo tem de passar um teste de queda na Terra e o ovo nauta tem de sobreviver à aterragem.
- Só podes utilizar os materiais disponíveis.
- O módulo tem de ser construído dentro de um orçamento estabelecido (no máximo mil milhões de €).
- O módulo deve ser capaz de aterrar com precisão num local de aterragem determinado.
- Tens de apresentar uma avaliação de riscos e um estudo de projeto.
- Tens de concluir o projeto e construir o módulo no tempo atribuído: 60 minutos.

#### Sabias que?

O custo total do programa espacial Apollo que levou os humanos à Lua foi de \$25,4 mil milhões – que é mais de \$200 mil milhões na moeda atual, ajustada à inflação. Em 2018, o orçamento total da ESA era de 5,6 mil milhões de Euros.

Atualmente, as agências espaciais e a indústria estão a trabalhar juntos para desenvolver um programa de exploração da Lua mais sustentável.

É de referir que hoje ainda usamos parte da infraestrutura criada nos anos 60: câmaras de ensaio, plataformas de lançamento, centros de controle de missão, estações terrestres, conhecimentos de engenharia, tecnologia, materiais e, por conseguinte, um programa de exploração lunar será muito mais sustentável desde o início. →

Buzz Aldrin a trabalhar no módulo lunar Eagle na superfície da Lua



## Estudo de Avaliação de Riscos

Quando se projeta uma missão espacial há dois fatores principais a considerar: riscos e custo. Para a tua missão queres assegurar que o teu ovo nauta aterre em segurança, mas também queres que a tua missão seja económica de modo a ganhares o contrato com a ESA.

Coloca os riscos listados à direita da matriz de avaliação de riscos, de acordo com a sua probabilidade de ocorrência e as respetivas consequências caso aconteçam:

		Consequências				
		Insignificantes	Menores	Moderados	Importantes	Catastróficos
Probabilidade	Quase certo					
	Provável					
	Possível					
	Improvável					
	Raro					

1. Não aterramos no local de aterragem determinado
2. Há alterações inesperadas aos requisitos
3. O ovo nauta não sobrevive
4. Há alterações inesperadas ao orçamento
5. Alguns materiais não estão disponíveis
6. Alguns materiais são muito caros
7. O módulo é muito pesado
8. Outra empresa (grupo) tem um projeto mais eficiente e mais barato
9. A mudança constante do projeto significa que a construção do módulo ficou muito cara
10. Atrasamo-nos
11. O módulo é danificado durante os ensaios
12. O módulo é danificado durante o transporte
13. O módulo é danificado durante a aterragem final

Seleciona três dos riscos mais importantes e regista como podes remediá-los:

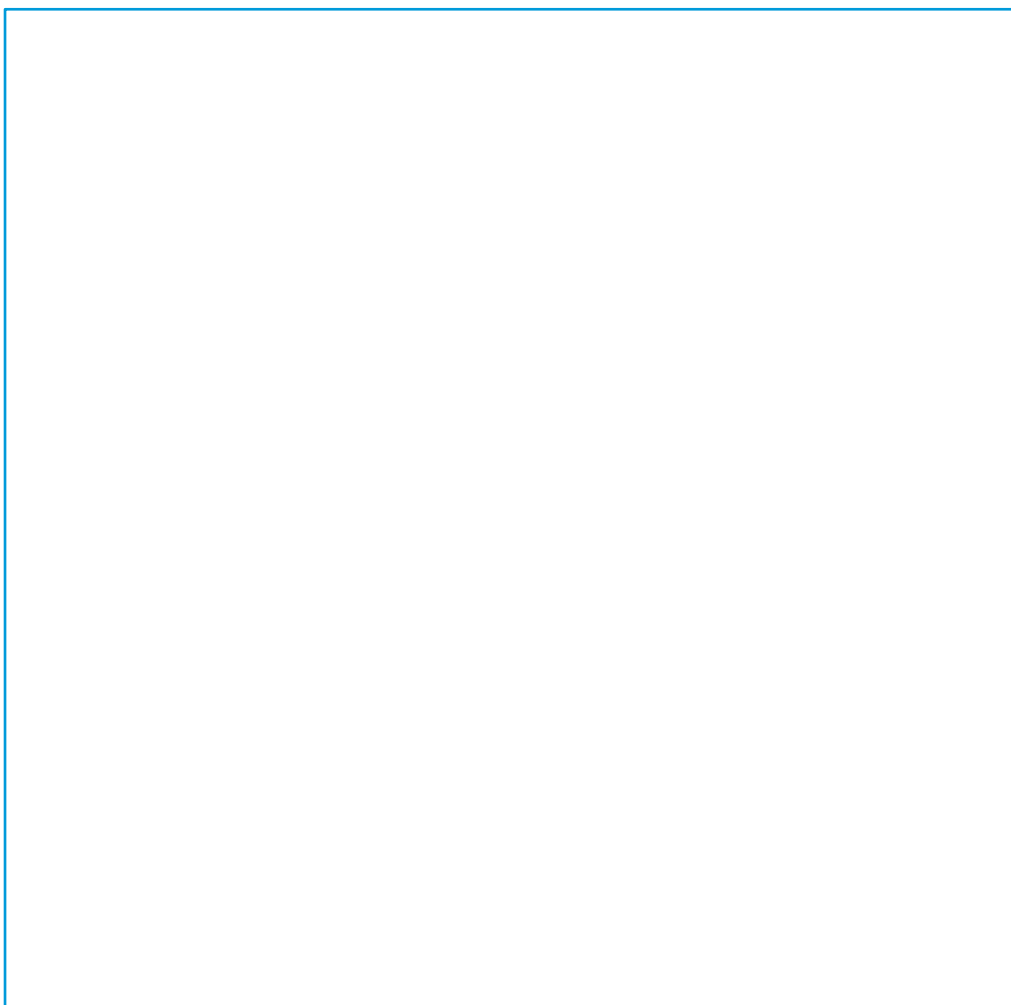
- 1) Risco #: \_\_\_\_\_ Plano de remediação: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 2) Risco #: \_\_\_\_\_ Plano de remediação: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 3) Risco #: \_\_\_\_\_ Plano de remediação: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## Estudo de projeto

Nome do módulo lunar \_\_\_\_\_

Nome do ovo nauta \_\_\_\_\_

Verifica os materiais disponíveis e o seu custo com o teu professor. Faz um desenho preciso de como será o aspeto do teu módulo de aterragem. Debate como as diferentes partes e materiais funcionam para proteger o ovo nauta. Faz um orçamento para o teu módulo, baseado nos preços de cada um dos materiais e não te esqueças de incluir o preço do lançamento e do treino do ovo nauta:



Material	Preço unitário	Quantidade	Preço

Preço do módulo	
Massa total (ovo nauta + módulo)	
Preço do lançamento	
Preço do treino do ovo nauta	
<b>Preço total (módulo + lançamento + treino)</b>	

## → Atividade 2: Testa o teu módulo

### Exercício 1

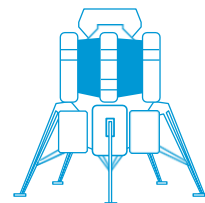
1. Antes do lançamento, regista as condições da aterragem (vento, chuva, tipo do local da aterragem, etc.).

---



---

Certifica-te de que o teu ovo nauta está confortável. Prepara-te para o ensaio.



**Pronto! Firme! Larga!!**

2. O ovo nauta sobreviveu à queda? **Sim**\_\_\_\_\_ **Não**\_\_\_\_\_
3. A que distância do centro do alvo pousou o teu módulo? \_\_\_\_\_ **cm**
4. Até que ponto o teu plano de conceção funcionou bem? Agora farias alguma coisa de forma diferente?

---



---

5. Depois de observares as quedas de cada grupo, notaste algumas características de conceção, recorrentes dos módulos, para as quais o ovo nauta sobreviveu?

---



---



---

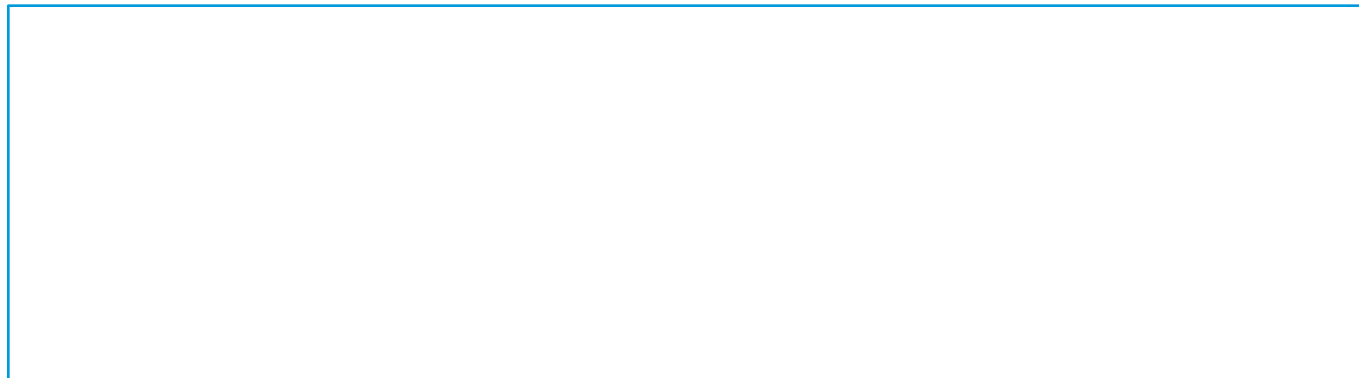


---

## Exercício 2

Para este exercício, vais utilizar o deslocamento do módulo em função do tempo.

1. Calcula a velocidade de impacto do módulo utilizando um gráfico do deslocamento segundo o eixo dos  $y$  em função do tempo.



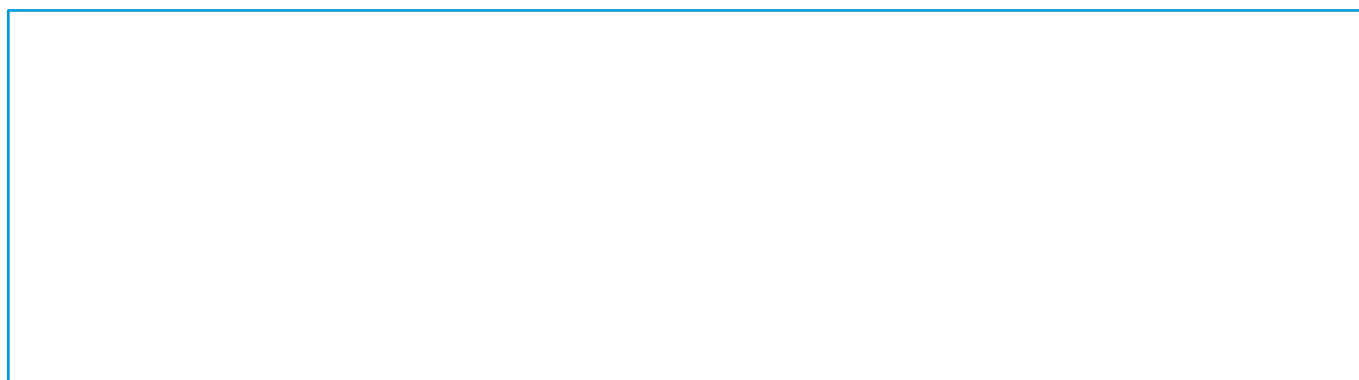
2. Traça o gráfico da velocidade segundo o eixo dos  $y$  em função do tempo. Estima o valor da velocidade de impacto a partir do gráfico. Corresponde ao mesmo valor que calculaste na pergunta 1? Explica a diferença caso exista.

---

---

---

3. Usa o gráfico da velocidade segundo o eixo dos  $y$  em função do tempo para calculares a aceleração do módulo segundo o eixo dos  $y$ .



4. A aceleração gravitacional é de  $9,8 \text{ m/s}^2$ . Explica porque é que não obtiveste este valor.

---

---

---

## → Atividade 3: Aterrar na Lua

Está na altura de te preparares para a aterragem na Lua. Testaste o teu módulo na Terra, mas o que é que vai acontecer quando ele tiver de aterrar na Lua?

- Há várias diferenças entre aterrar na Lua e na Terra. Lista 3 fatores que possam influenciar a aterragem na Terra e na Lua:

Aterrar na Terra	Aterrar na Lua
1. _____	1. _____
2. _____	2. _____
3. _____	3. _____

- A aceleração gravitacional (***g***) de um planeta é dada por:

$$g = G \frac{m}{r^2}$$

Em que ***m*** é a massa do planeta (ou satélite natural), ***G*** é a constante gravitacional e ***r*** é o raio do planeta (ou satélite natural). Usa os valores em baixo para completares as perguntas a) e b):

$$G = 6,67408 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$$

$$r_{\text{Lua}} = 1737 \text{ km} \quad m_{\text{Lua}} = 7,35 \times 10^{22} \text{ kg}$$

$$r_{\text{Terra}} = 6371 \text{ km} \quad m_{\text{Terra}} = 5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$$

- Calcula a aceleração gravitacional na Terra e na Lua.

$$g_{\text{Terra}} =$$

$$g_{\text{Lua}} =$$

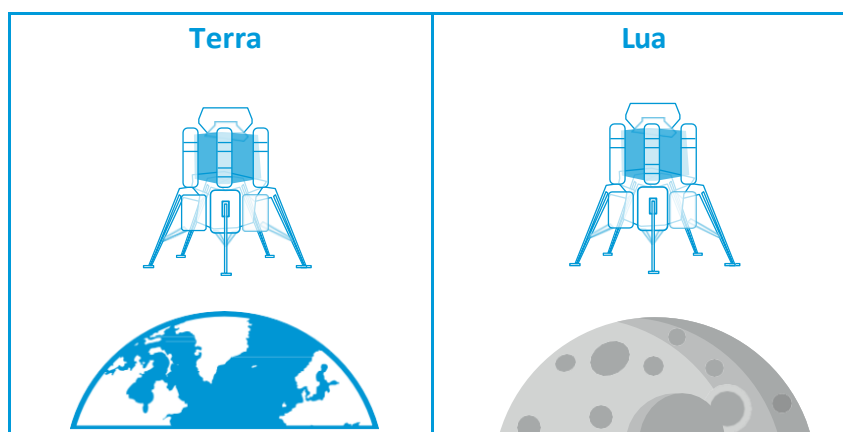
- Usando a segunda lei de Newton, ***F = m · a***, calcula a força gravitacional aplicada ao teu módulo na Terra e na Lua.

$$F_{g, \text{Terra}} =$$

$$F_{g, \text{Lua}} =$$



3. a) Desenha as forças que atuam no módulo, na Terra e na Lua.



- b) Explica o teu diagrama de forças.

---

---

---

---

---

4. O que podias alterar para tornar o teu módulo mais adequado a uma aterragem na Lua? Explica.

---

---

---

---

---

## → Links

### Recursos da ESA

Desafio do Acampamento Lunar  
[esa.int/Education/Moon\\_Camp](http://esa.int/Education/Moon_Camp)

Animacões da Lua sobre como chegar à Lua.  
[esa.int/Education/Moon\\_Camp/Travelling\\_to\\_the\\_Moon](http://esa.int/Education/Moon_Camp/Travelling_to_the_Moon)

Recursos para a sala de aula da ESA:  
[esa.int/Education/Classroom\\_resources](http://esa.int/Education/Classroom_resources)

### Projetos espaciais da ESA

SMART-1  
<http://sci.esa.int/smart-1>

HERACLES  
[esa.int/Our\\_Activities/Human\\_Spaceflight/Exploration/Landing\\_on\\_the\\_Moon\\_and\\_returning\\_home\\_Heracles](http://esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/Exploration/Landing_on_the_Moon_and_returning_home_Heracles)

### Informação adicional

Guia interativo sobre a Lua da ESA  
<http://lunarexploration.esa.int/#/intro>

### Como usar o programa Tracker

Tutorial 1  
[youtube.com/watch?v=Jhl-\\_glsE6o](http://youtube.com/watch?v=Jhl-_glsE6o)

Tutorial 2  
[youtube.com/watch?v=ibY1ASDOD8Y](http://youtube.com/watch?v=ibY1ASDOD8Y)

## → ANEXO 1

### Atividade 1 – Projeta e constrói um módulo lunar

#### Custos obrigatórios:

Treino de um ovo nauta	300 milhões de €
Custo do lançamento	1 milhão de € por grama

#### Material

##### necessário:

1 folha de papel A4	50 milhões de €
1 palhinha	100 milhões de €
1 marshmallow	150 milhões de €
1 pau de chupa-chupa	100 milhões de €
1 saco de plástico	200 milhões de €
1 m de fio	100 milhões de €
1 m fita adesiva	200 milhões de €
1 balão	200 milhões de €

## → ANEXO 2

### Actividade 2 – testa o teu módulo lunar

Nome do módulo	Altura da queda (m)	Distância ao alvo (cm)	Custo (milhões de €)

## → ANEXO 3

### Atividade 2 – Testa o teu módulo lunar

Esta parte do exercício 2 pode ser realizado quer como uma demonstração ou como a continuação das atividades dos grupos de alunos, dependendo da disponibilidade de computadores ou de smartphones na sua sala de aula.

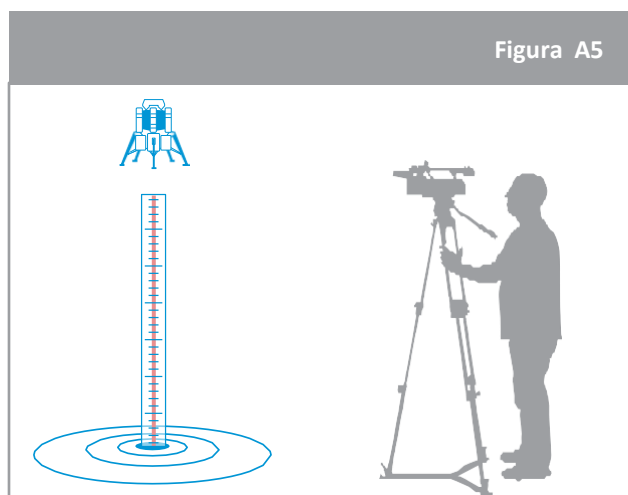
Análise de movimentos em vídeo será usada para acompanhar a aterragem. Há vários programas de análise de vídeo online – alguns são gratuitos e outros necessitam de uma licença. Sugerimos a utilização de:

- O “programa Tracker” pode ser descarregado gratuitamente de <http://physlets.org/tracker/> e é adequado para ser usado em computador.
- A app ‘Video Physics’ em combinação com “Graphical” (estão ambos disponíveis para Android e iOS) e são ideais para o rastreamento feito com tablets ou smartphones.

Pode realizar a experiência e distribuir um conjunto único de dados aos alunos, ou eles podem realizar as medições para os seus módulos individualmente.

### Montagem

1. Fixe um metro (ou uma régua) como referência junto ao local da aterragem.
2. Posicione a câmara de tal modo que o local da queda e o metro estejam no mesmo enquadramento.
3. Mantenha a câmara firme enquanto filma, de preferência use um tripé.
4. Quando largar o módulo, assegure-se que se encontra à mesma distância que o metro relativamente à câmara.



↑ Representação da montagem do ensaio de queda.



↑ Exemplo da análise de movimento em vídeo de um ensaio de queda de uma altura aproximada de 2 m.

5. Acompanhe o seu módulo no programa selecionado, colocando manualmente pontos marcadores.
6. Guarde os dados.

Dados da amostra para a queda do módulo.

Tempo (s)	Deslocamento em Y (m)	Velocidade em Y (m/s)
0,000	1,84	-0,406
0,067	1,82	-0,547
0,100	1,79	-0,843
0,133	1,76	-1,148
0,167	1,71	-1,453
0,200	1,66	-1,748
0,233	1,60	-2,096
0,267	1,52	-2,420
0,300	1,44	-2,725
0,333	1,34	-3,006
0,367	1,24	-3,274
0,400	1,12	-3,638
0,433	0,99	-3,931
0,467	0,86	-4,123
0,502	0,71	-4,428
0,535	0,51	-4,734
0,568	0,40	-4,877
0,602	0,22	-4,623
0,668	0,00	-0,798
0,702	0,03	0,457
0,735	0,06	0,614
0,768	0,08	0,386
0,802	0,08	0,135
0,835	0,08	0,066
0,868	0,08	0,115
0,902	0,09	0,207
0,935	0,10	0,151
0,968	0,10	-0,019
1,002	0,10	-0,125
1,035	0,09	-0,201
1,068	0,08	-0,294
1,102	0,07	-0,375
1,135	0,06	-0,426