

2º/3º Ciclos
11-14



Conjunto de recursos educativos

ABRE-SE UMA PASSAGEM

O gelo marinho no oceano ártico e as alterações climáticas

Guia do professor e fichas de trabalho



Visão geral	página 3
Resumo das atividades	Página 4
Clima a Partir do Espaço	página 6
Gelo marinho e clima: informações gerais	página 7
Atividade 1: COM QUE VELOCIDADE FUNDE O GELO MARINHO?	página 9
Atividade 2: TEMPERATURA DO OCEANO E VELOCIDADE DE FUSÃO DO GELO	página 11
Atividade 3: A PASSAGEM NOROESTE	página 15
Ficha de trabalho 1	página 18
Ficha de trabalho 2	página 20
Ficha de trabalho 3	página 22
Ficha de informação 1	página 24
Ficha de informação 2	página 26
Ficha de informação 3	página 29
Links	página 30
Apêndice: SABIA QUE?	página 31

Iniciativa sobre alterações climáticas conjunto de recursos educativos—ABRE-SE UMA PASSAGEM <https://climate.esa.int/en/educate/>

Conceito das atividades desenvolvido pela University of Twente (Países Baixos) e National Centre for Earth Observation (Reino Unido)

O Departamento da ESA para o Clima agradece feedback e comentários <https://climate.esa.int/helpdesk/>

Produzido pelo Departamento da ESA para o Clima
Copyright © European Space Agency 2020

ABRE-SE UMA PASSAGEM: Visão geral

Introdução

Áreas curriculares: Geografia, Ciências da Terra, Física, Química

Nível etário: 11–14 anos

Tipo: leitura, modelos matemáticos, análise de dados; debate

Complexidade: de média a alta

Tempo de aula necessário: 4 horas

Custo: Baixo (0–20 euros)

Local: no interior

Inclui a utilização de: Internet, programa de folha de cálculo

Palavras chave: gelo marinho, alterações climáticas, amplificação Ártica, calor latente, albedo, satélite

Breve descrição

Neste conjunto de atividades, os alunos vão descobrir o papel importante que o gelo marinho do Ártico desempenha no sistema climático da Terra. As atividades são criadas tendo como contexto a Passagem Noroeste.

A primeira atividade é uma investigação matemática da velocidade de fusão do gelo marinho para ilustrar o significado da amplificação Ártica.

Uma investigação prática fornece a oportunidade para debater como são usados os modelos em ciência, e perceber as dificuldades nas medições e na previsão dos efeitos das alterações climáticas

Depois os alunos vão usar a aplicação Clima a Partir do Espaço para investigar tendências sazonais e a longo prazo da extensão do gelo marinho e das temperaturas superficiais do mar.

Resultados de aprendizagem pretendidos

Depois de terem realizado estas atividades, os alunos serão capazes de:

Explicar como é que albedos diferentes do gelo e do mar conduzem à amplificação Ártica e o impacto que isto tem nas alterações climáticas.

Usar um modelo matemático para investigar o efeito de diferentes condições na fusão do gelo marinho.

Relacionar um modelo experimental com o mundo real e avaliar esse modelo.

Analisar imagens para obter dados sobre a fusão do gelo.

Debater os desafios da recolha de dados para descrever e prever os efeitos das alterações climáticas.

Usar a aplicação Clima a Partir do Espaço para explorar as alterações que ocorrem na região do Ártico.

Relacionar alterações, no padrão sazonal, da extensão do gelo marinho com as alterações da temperatura da superfície do mar.

Sugerir justificações para as alterações ocorridas ao longo de vários períodos de tempo.

Sumário das atividades

	Título	Descrição	Resultados esperados	Pré-requisitos	Tempo
1	Qual a velocidade a que funde o gelo marinho?	História introdutória que define o cenário, seguida de uma investigação matemática das velocidades de fusão.	Explicar como é que diferentes albedos do gelo e do oceano conduzem à amplificação do Ártico e o impacto disto nas alterações climáticas. Usar um modelo matemático para investigar o efeito de diferentes condições na fusão do gelo marinho.	Os alunos têm de estar familiarizados com o princípio da conservação da energia	1 hora
2	Temperatura do Oceano e velocidade de fusão do gelo	Atividade prática que usa o smartphone para modelar a utilização de um satélite na monitorização da extensão do gelo marinho.	Relacionar um modelo experimental com o mundo real e avaliar o modelo. Analisar imagens para obter dados sobre a fusão do gelo. Debater os desafios de recolher dados para descrever e prever os efeitos das alterações climáticas.	Nenhum	2 horas
3	A Passagem Noroeste	Verificação, a longo prazo, de dados do gelo marinho e da temperatura superficial do mar no Ártico.	Usar a aplicação Clima a Partir do Espaço para explorar alterações ocorridas na região Ártica. Relacionar alterações, no padrão sazonal da extensão do gelo marinho com alterações nas temperaturas da superfície do mar. Sugerir justificações para as alterações em diferentes períodos de tempo.	Nenhum	1 hora

Os tempos dados são para os exercícios principais, assumindo que há acesso total às tecnologias Informáticas ou/e uma distribuição repetitiva de cálculos e de gráficos a toda a turma. Eles incluem tempo para partilhar resultados, mas não incluem a apresentação dos mesmos pois esta varia consoante o tamanho da turma e dos grupos. Abordagens alternativas podem demorar mais tempo.

Notas práticas para os professores

O **material necessário** para cada atividade está listado no início da secção respetiva, juntamente com notas sobre todas as preparações que possam ser necessárias, para além de copiar as fichas de trabalho e as fichas de informação.

As **fichas de trabalho** foram concebidas para serem usadas uma só vez e podem ser copiadas a preto e branco.

As **fichas de informação** podem conter imagens maiores para que as introduza nas suas apresentações em sala de aula, informação extra para os alunos ou dados para eles trabalharem.

Estes recursos ficam melhor impressos ou copiados a cores, mas podem ser reutilizados.

Quaisquer **tabelas adicionais, conjuntos de dados ou documentos** necessários à atividade podem ser descarregados através dos links deste conjunto indo a <https://climate.esa.int/en/educate/climate-for-schools/>

Ideias adicionais e sugestões para **diferenciação** estão incluídos nos locais apropriados, na descrição de cada atividade.

Fichas de respostas e exemplos de resultados para as atividades práticas estão incluídos, para apoiarem a **avaliação**. Em pontos relevantes da descrição da atividade, estão indicadas oportunidades para o professor usar critérios específicos para avaliar competências essenciais tais como a comunicação ou o tratamento de dados.

Saúde e segurança

Em todas as atividades, assumimos que vai continuar a seguir todos os seus procedimentos habituais relativamente à utilização do equipamento corrente (incluindo aparelhos elétricos tais como computadores), movimento na zona de aprendizagem, tropeções e derrames, primeiros socorros e etc. Como a necessidade destes procedimentos é universal, mas os pormenores da sua aplicação variam consideravelmente, nós não os descriminamos sempre. Em alternativa, salientamos os riscos específicos de uma determinada atividade prática, para o informar da avaliação de riscos. Algumas destas atividades utilizam a aplicação Clima a Partir do Espaço. É possível navegar daqui para outras partes do website Iniciativa sobre Alterações Climáticas da ESA e daí para websites externos. Se não conseguir – ou não desejar – limitar as páginas que os alunos podem ver, lembre-lhes as regras de segurança da sua internet local.

Clima a Partir do Espaço

Os satélites da ESA desempenham um importante papel na monitorização das alterações climáticas. Clima a Partir do Espaço (cfs.climate.esa.int) é um recurso online que usa histórias ilustradas para sintetizar algumas das formas nas quais o nosso planeta está a mudar e mostrar o trabalho dos cientistas da ESA.

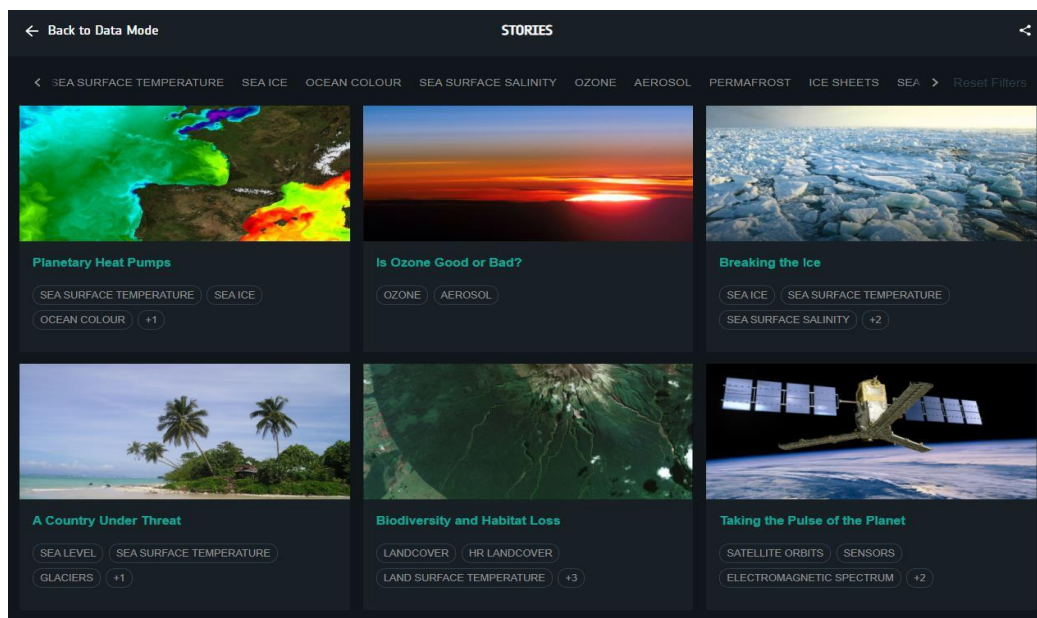


Figura 1: Histórias no Clima a Partir do Espaço (Fonte: ESA CCI)

O Programa de Iniciativa para as Alterações Climáticas da ESA produz registos globais fiáveis de alguns aspetos chave do clima conhecidos como elementos do clima. A aplicação Clima a Partir do Espaço permite-lhe saber mais sobre os impactos das alterações climáticas fazendo a sua pesquisa pessoal.

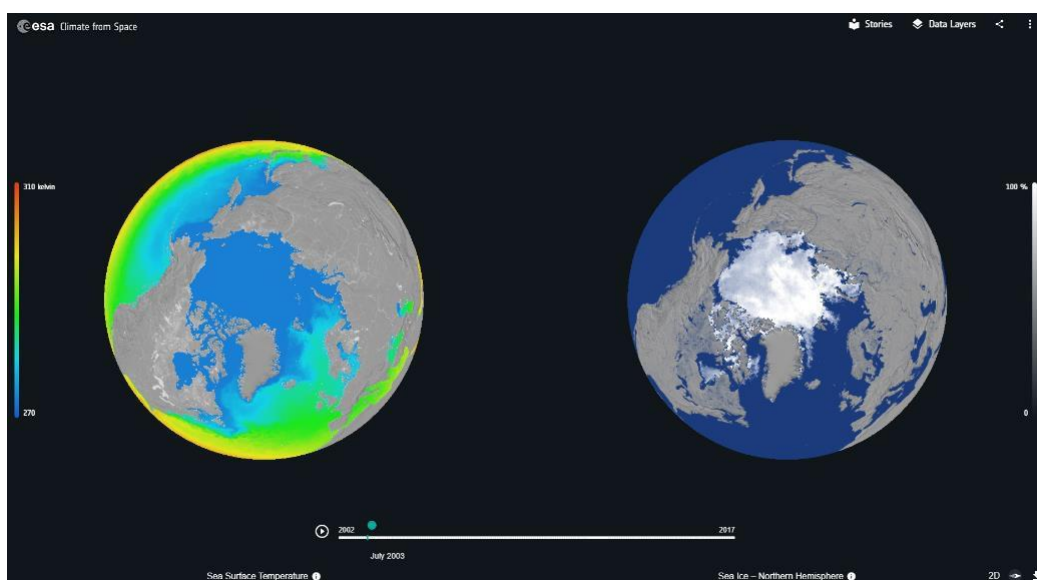


Figura 2: explorar as temperaturas à superfície do mar e a extensão do gelo marinho na aplicação Clima a Partir do Espaço (Fonte: ESA CCI)

Gelo marinho e clima: informação geral

A criosfera no sistema climático

O termo criosfera é usado para referir todas as regiões da Terra onde a água está gelada – à superfície do oceano, sobre o solo ou debaixo dele. A criosfera é um dos cinco componentes do sistema climático (Figura 3): o seu estado é uma das coisas que determina o clima global.

A água desempenha um papel central na criosfera e afeta o clima de diferentes modos, quando muda de líquida (água) para sólida (gelo) e vice-versa. O congelamento liberta calor para o ambiente e o degelo absorve calor dele. O aumento do gelo marinho abranda o arrefecimento do Ártico em cada inverno, e a fusão do gelo marinho é responsável pelo aumento da temperatura à medida que o verão avança. Por isso o gelo marinho é um regulador do clima.

Amplificação Ártica



Figura 4: Contraste de cor entre o gelo marinho e o oceano
Fonte: ESA)



Figura 3: Componentes do Sistema Climático (Fonte: ESA)

A cor do gelo marinho contrasta fortemente com a do oceano, como se mostra na fotografia (Figura 4) e isto também tem um impacto no clima. O gelo e a neve têm um albedo elevado (refletividade) – o gelo marinho pode refletir até 90% da luz solar incidente – por isso só uma pequena proporção da energia do Sol que chega à Terra está disponível para aquecer as superfícies cobertas de gelo branco ou de neve. O desaparecimento de gelo marinho significa que a Terra absorve mais energia do Sol, acelerando o aquecimento global e fundindo ainda mais gelo marinho. Este mecanismo de feedback positivo é chamado amplificação Ártica.

O gelo marinho também aprisiona bolsas de ar, tornando-o um bom isolante. Como uma piscina coberta ou um cobertor, o gelo mantém o mar por baixo mais frio que a água exposta e isto é outra forma de diminuir o aquecimento do Oceano Ártico.

Circulação termalina oceânica

Outro papel, mais complexo, do gelo marinho no sistema climático, provem do papel que desempenha no movimento da água em todo o globo— a circulação termalina oceânica. A Figura 5 mostra esta circulação no Oceano Atlântico. A água salgada do mar é mais densa que a água doce.

Quando a água do mar congela, o sal permanece na água não congelada, aumentando mais a sua densidade. Esta água mais salgada afunda-se no leito do oceano e conduz a circulação, em grande escala, da água fria do Ártico em direção aos trópicos e da água quente dos trópicos em direção ao Ártico.

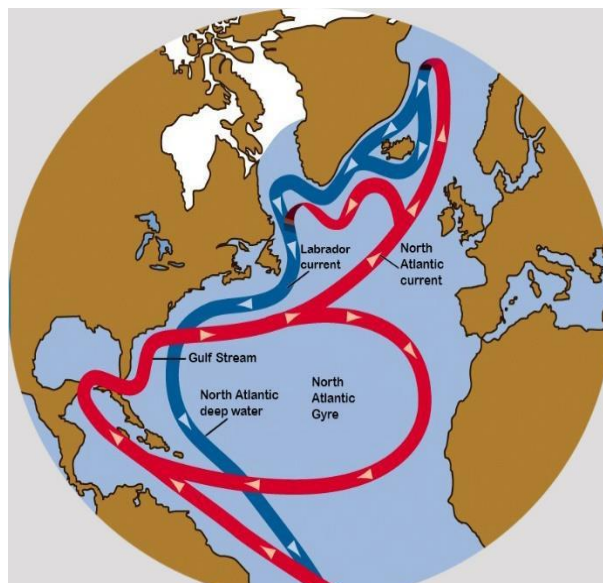


Figura 5: Circulação termalina oceânica no Oceano Atlântico. As linhas vermelhas indicam água quente, as linhas azuis representam água fria e as setas mostram a direção das correntes. (Fonte: ESA)

Elementos do clima

Quando descrevem as alterações climáticas, a maioria das pessoas fala do aquecimento global e têm consciência que muitos países estão a trabalhar no sentido de o manter abaixo de 1,5°C e bem abaixo dos 2,0°C. Mas o cenário não é tão simples como estes valores aparentemente baixos sugerem.

Em primeiro lugar, a média esconde diferenças regionais consideráveis ao nível do aquecimento. O Ártico é suscetível de registar aumentos de temperatura acima da média.

Em segundo, o foco na temperatura ignora mudanças que estão relacionadas. A Organização Mundial de Meteorologia tem uma lista de 54 elementos que dependem do clima da Terra e o descrevem. Estes elementos físicos, químicos ou biológicos (ou conjuntos de elementos ligados) que podem ser medidos de forma fiável são conhecidos por elementos do clima. O gelo marinho é um deles, devido a muitos dos processos através dos quais afeta o sistema climático.

A Passagem Noroeste

A Passagem Noroeste é uma rota marítima que passa entre o Canadá continental e as suas ilhas Árticas ligando os Oceanos Atlântico e Pacífico. É mais curta que a passagem a sul, sem gelo, mas tem estado raramente navegável. A diminuição do gelo marinho Ártico, como resultado do aquecimento global, pode permitir aos transportes marítimos a utilização desta rota com maior regularidade, mas a libertação da Passagem é um sinal preocupante de alterações que não só afetam a região Ártica, mas também o sistema climático de toda a Terra.

Atividade 1: QUAL A VELOCIDADE COM QUE FUNDE O GELO MARINHO?

Para introduzir esta atividade usa-se uma história curta sobre a Passagem Noroeste que fornece um contexto para investigar o papel do gelo marinho no sistema climático. Os alunos são depois orientados através de um cálculo, que utiliza o princípio da conservação da energia, o conceito de albedo, e o calor latente de fusão (os dois últimos devem ser explicados) para elaborarem um modelo que podem usar para explorar a amplificação Ártica.

Material necessário

- Ficha de informação 1 (2 páginas)
- Ficha de trabalho 1 (2 páginas)
- Recurso online Clima a Partir do Espaço: história *Quebrar o gelo* (opcional)
- Calculadora ou/e acesso a um programa de folha de cálculo
- Papel milimétrico

Exercício

1. Leia a folha de informação 1 para a turma ou peça aos alunos para a lerem em grupos. Os alunos mais avançados podem lê-la como preparação para a aula, anotando três coisas que descobriram a partir dela e pelo menos uma pergunta que gostassem de fazer. Se a ler ou rever na aula, pode complementar o texto com material do Clima a Partir do Espaço - a história *Quebrar o gelo*. A maioria das páginas têm galerias com imagens espetaculares da região. Imagens mais direcionadas, que pode querer usar para apoiar a leitura incluem:
 - Slide 2 – uma gravura de uma expedição inicial
 - Slide 3 – potenciais rotas de navegação polar e navios modernos viajando através do gelo marinho
 - Slide 6 – Nuuk, a capital da Groenlândia
 - Slide 7 – uma impressão artística do CryoSat 2, satélite da ESA, missão gelo
2. Peça aos alunos para realizarem a ficha de trabalho 1.1. que demonstra como encontrar a velocidade de fusão do gelo marinho, a partir de princípios básicos, orientando os alunos, através de cálculos, para dois cenários diferentes. O cálculo está descrito nesta equação:

$$m_g = \frac{3600 P_{in}}{L_f} (1 - C\alpha_g + (1 - C)\alpha_a)$$

Grandeza	Símbolo	Valor	Unidade
velocidade de fusão do gelo marinho	m_g	A encontrar	$\text{kg m}^{-2} \text{h}^{-1}$
concentração do gelo marinho	C	variável	%
albedo do gelo marinho	α_g	0,85	–
albedo da água livre	α_a	0,07	–
calor latente de fusão do gelo marinho	L_f	$3,3 \times 10^5$	J kg^{-1}
radiação solar incidente	P_{in}	variável	W m^{-2}

3. Peça aos alunos para usarem este método ao investigarem o efeito dos diferentes níveis de radiação solar incidente, ou/e a concentração do gelo marinho na velocidade de fusão. Eles podem trabalhar em grupos para

decidirem valores apropriados ou usarem os sugeridos no quadro da ficha de trabalho 1.2. Já que a investigação envolve cálculos repetitivos, os alunos podem distribuir os cálculos pelo grupo ou montar uma folha de cálculo para os realizarem.

4. As perguntas na ficha de trabalho 1.2 fornecem uma estrutura para debate, sobre os resultados da investigação.

Nota: O cálculo considera só a energia fornecida pela luz do sol e assume que toda a energia absorvida pela água será transferida para o gelo. Pode querer debater a validade destes pressupostos ou/e explorar qual o efeito nos resultados se os alterar.

Respostas da ficha de trabalho e exemplo de resultados

Ficha de trabalho 1.1

- | | | |
|--------------------------|--|------------------------------|
| 1. 1 080 000 J (1,08 MJ) | 5. a. (i) $0,7$ ou $\frac{7}{10}$ | (ii) $0,3$ ou $\frac{3}{10}$ |
| 2. 918 000 J | b. (i) 643 000 J | (ii) 22 700 J |
| 3. 162 000 J | c. 415 000 J | |
| 4. 0,491 kg | d. $1,26 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ | |

Ficha de trabalho 1.2

Os resultados que utilizam os valores sugeridos estão no quadro em baixo e na Figura 6.

Radiação solar que atinge a superfície / W m^{-2}	Velocidade de fusão / $\text{kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$			
	Concentração do gelo marinho			
	100 %	70 %	40 %	10 %
300	0,491	1,26	2,02	2,79
200	0,327	0,838	1,35	1,86
100	0,164	0,419	0,674	0,929
10	0,0164	0,0419	0,0674	0,0929

- junho
- Velocidade de fusão aumenta à medida que a concentração diminui.
- Ver ficha de informação 1. As respostas podem incluir uma referência a: refletividade reduzida ou amplificação Ártica ou/e ciclo de retorno; aumento da transferência de energia entre o oceano e a atmosfera; alteração da circulação oceânica, etc.

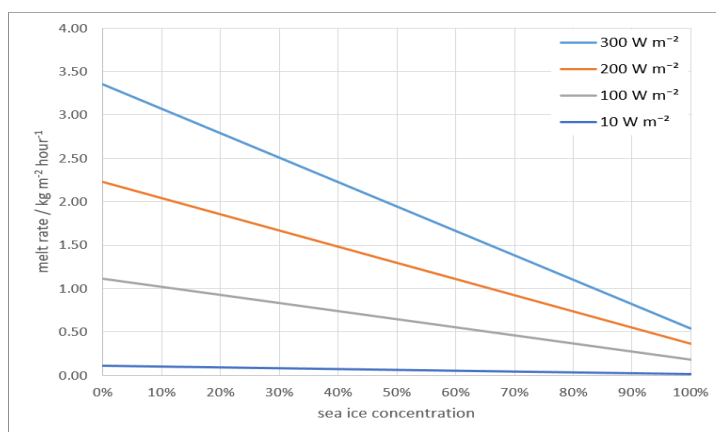


Figura 6: Velocidade de fusão em função da concentração do gelo marinho para diferentes níveis de radiação solar (Fonte: ESA CCI)

Actividade 2: TEMPERATURA DO OCEANO E VELOCIDADE DE FUSÃO DO GELO

Nesta atividade, os alunos investigam os efeitos das alterações das temperaturas oceânicas na fusão do gelo, usando um smartphone ou um tablet para simular a monitorização, feita por satélite, do gelo marinho. As últimas partes da atividade são abertas, fornecendo-lhe oportunidade para avaliar o espírito científico, as competências matemáticas e aumentar a capacidade dos alunos mais avançados, enquanto eles debatem o que é que a sua investigação mostra sobre as dificuldades de recolher dados climáticos de confiança para modelarem as mudanças.

Material necessário

Cada grupo vai precisar de:

- Uma proveta, uma pequena bandeja ou tigela
- Três ou quatro contas ou botões de cores diferentes
- Massa de modelar para fixar os marcadores no lugar
- Pelo menos três cubos de gelo ou blocos de água colorida com tamanho idêntico
- Uma proveta ou um jarro
- Água quente e fria
- Um termómetro
- Um Smartphone ou um tablet com câmara
- Uma pilha de livros ou um bloco de madeira para suportar o telefone/tablet
- Um relógio ou um cronómetro (o relógio da sala de aula é suficiente)
- Toalhas para as mãos molhadas e para lidar com possíveis derrames

Os alunos também vão precisar:

- Uma cópia da ficha de trabalho 2 (2 páginas) para cada aluno
- Acesso a um programa de processamento de imagem com o qual estejam familiarizados
- Impressora (opcional)
- Folhas de acetato impressas com uma grelha (opcional)
- Papel quadriculado (opcional)
- Papel vegetal (opcional)

Nota: Se não estiverem disponíveis vários dispositivos, as partes práticas desta atividade devem ser feitas como uma demonstração. Os resultados vindos do telefone podem ser apresentados num ecrã em tempo real, ou então exibir ou imprimir as imagens para análise posterior. (Ver também exemplos de resultados.)

Preparação

É boa ideia fazer esta prática antecipadamente para descobrir qual a melhor altura e posição para o telefone ou/e quanto tempo é que o gelo, que planeou utilizar, funde numa extensão considerável, na sua sala de aula, usando água a diferentes temperaturas. Cubos de gelo normais dentro de provetas com água dão resultados rápidos, mas as áreas pequenas podem ser difíceis de medir. Ver exemplos de resultados, em baixo, para uma indicação dos tempos prováveis.

Saúde e segurança

Assegure que todo o equipamento está bem colocado e não sobre o bordo das mesas. Assegure que existe material disponível para lidar com derrames.

Exercício

1. A história usada para introduzir a atividade anterior menciona o uso de satélites para monitorizar a extensão do gelo marinho. Peça aos alunos para identificarem como é que a montagem descrita na ficha de trabalho 2 modela esta atividade.
A taça com água é o oceano, o gelo representa o gelo marinho, as contas são pontos de referência GPS (ou coisas que ficam no mesmo lugar e podem ser vistas facilmente do espaço, tais como cidades ou promontórios), a câmara é o sensor no satélite. Note que as medições são feitas por satélites de observação da Terra, numa órbita terrestre baixa. Os satélites sobrevoam uma área a intervalos de tempo regulares, por isso tirar fotografias fixas de tempos a tempos é um modelo melhor que a gravação vídeo. (As imagens fixas são mais fáceis de analisar!)
2. A atividade anterior explorou o efeito de quantidades diferentes de luz solar na velocidade de fusão. Mas o que é que acontece se a temperatura do oceano mudar? Os alunos irão, sem dúvida, colocar a hipótese que águas mais quentes aumentam a velocidade de fusão, mas qual a dimensão deste efeito? Eles vão usar este modelo para explorar algumas das dificuldades que os cientistas defrontam quando tentam responder a esta pergunta.
3. Faça com que os alunos recolham dados, seguindo as instruções da ficha de trabalho. Eles não precisam de usar intervalos de tempo exatamente iguais ou gravar estes dados, já que podem obter esta informação do ficheiro de imagens.
Se tiver pouco tempo, pode pedir a cada grupo para fazer um único conjunto de medições, distribuindo diferentes gamas alargadas de temperaturas a diferentes grupos. Neste método os alunos só têm de fazer medições iniciais e finais da temperatura da água e usarem estes valores para calcular uma média. Há vários pressupostos ocultos nisto que pode querer debater com os alunos mais avançados, e que poderá conduzir a investigações posteriores, usando um sensor de temperatura ligado a um registador de dados. Por outro lado, com os alunos menos avançados, pode preferir descrever simplesmente a temperatura da água ou/e focar-se no tempo que o bloco demora a fundir em cada um dos casos.
4. A segunda página da ficha de trabalho pede aos alunos para debaterem como vão medir a área do gelo. Já que o objetivo é fazer comparações, não interessa quais as unidades que são usadas desde que sejam as mesmas em cada caso.
Pode querer mostrar aos alunos menos avançados, material (ou até técnicas) que eles possam usar, ou desafiar os mais capazes a encontrarem a área em cm^2 fazendo medições mais precisas e dimensionando as imagens. (Se planejar fazer isto, será bom os alunos incluírem uma régua, em pelo menos uma das fotografias.)

Os métodos possíveis incluem, mas não estão limitados a:

- Imprimir imagens e traçar o contorno do bloco de gelo no papel quadriculado (ou recortar o bloco de gelo e desenhar à volta do recorte).
- Usar uma folha de acetato impressa com uma grelha para sobrepor às imagens
- Criar, num programa de processamento de imagem, uma camada com grelha transparente (por exemplo fazer um scanner de papel quadriculado e apagar o fundo) e sobrepor isto à fotografia.

- Usar uma seleção adequada de ferramentas para contornar o bloco, usando um programa de processamento de imagem, e observar as dimensões da forma envolvente para calcular a área (em alternativa, o programa pode apresentar o número de pixels quadrados da área envolvente).
5. A ficha de trabalho pede aos alunos para registarem as áreas numa tabela apropriada, mostrá-las num gráfico adequado e descrever o padrão apresentado. Contudo isto fornece-lhe uma oportunidade para avaliar competência de tratamento de dados em função de critérios locais adequados, e também providenciar um grau de apoio correto, de acordo com as competências de cada grupo.
Os alunos que têm dificuldade a recolher resultados ou a criar fotografias com o mesmo tamanho podem analisar os resultados do exemplo na ficha de informação de 2.1 a 2.3.
 6. As perguntas para debate, no fim da ficha de trabalho, pedem aos alunos para relacionarem a sua experiência com o cenário da vida real que o seu modelo representa, considerarem como o modelo simplifica o cenário da vida real e sugerir fatores adicionais que afetam a velocidade de fusão. Eles também podem pensar em como adaptar a investigação, de modo a aumentar a precisão dos resultados numéricos. O debate pode conduzir os alunos a sugerir as suas próprias atividades adicionais.

Exemplo de resultados

Seis exemplos de resultados para a água, a três temperaturas diferentes, são mostrados nas fichas de informação de 2.1 a 2.3, e resultados extra são dados no quadro.

As rodelas de gelo usadas eram de água gelada colorida numa bandeja para queques e tinham cerca de 1 cm de espessura e 5–6 cm de diâmetro.

A temperatura do ambiente era cerca 18°C.

A taça tinha aproximadamente 300 cm³ de água e um diâmetro de 21 cm, o que significa que a escala nas fotografias das fichas de informação é de aproximadamente 1:3.

Tempo / minutos	Área do gelo / cm ²			
	Quente (37,5°C)	Morno (24°C)	Fresco (14°C)	Frio (6°C)
0	20	24	25	26
1	18	21		
2	12	16		
3	7	13		
4	2	9		
5		7	17	
6		4		25
7		2		
10			13	
13				24
17			6	
20				20
24			3	
26				17
28			1	
30				14
37				11
41				9

Respostas das fichas de trabalho

Como foi afirmado anteriormente, as perguntas das fichas de trabalho são muito abertas.

Contudo, as notas em baixo fornecem alguma indicação das ideias que os alunos possam inventar, e informação que pode querer usar para orientar o debate.

Analisar os resultados

A conclusão mais óbvia é que o gelo funde mais rapidamente a temperaturas maiores, mas encoraje os alunos a olhar com mais atenção para os resultados. A velocidade varia ao longo do tempo? Eles conseguem calcular a velocidade usando o declive do gráfico?

Debate

1. Provavelmente as dificuldades correspondem a duas categorias principais: determinar os bordos do bloco de gelo a partir da fotografia (particularmente se for fácil ver diferentes extremidades acima e abaixo da linha de água) e o poder de resolução do processo usado para determinar a área (tamanho da grelha, qual a fração do quadrado que pode ser estimada, a maior ou menor habilidade para envolver a área correta, aproximações feitas à forma para calcular a área).
2. A resposta depende da anterior. Os alunos podem referir-se a diferenças de cor – gelo sujo e oceanos cinzentos podem ser difíceis de distinguir– ou tentar ‘contornar’ uma grande área.
3. Os alunos podem pensar em cobertura de nuvens, tamanho da área envolvida, fragmentação do gelo e etc.
4. A maior parte do gelo está debaixo da superfície da água onde a temperatura pode ser diferente. Isto significa que precisamos de bons modelos de como a temperatura do mar varia com a profundidade. Se os alunos tiverem tido o cuidado de não deslocar o material, podem ser capazes de ver que a água fria, proveniente da fusão do gelo, fica por baixo da água quente (ver imagens posteriores na ficha de informação 2.1).
5. Os alunos podem sugerir cobertura de nuvens, temperatura do ar, vento, fragmentação do gelo, agitação do mar, etc.
6. As respostas dependem dos fatores sugeridos.

Atividade 3: A PASSAGEM NOROESTE

Nesta atividade, os alunos usam a aplicação Clima a Partir do Espaço para explorarem dados de satélite sobre a extensão do gelo marinho e a temperatura à superfície do mar, examinando a evolução anual e a longo prazo da Passagem Noroeste bem como da região mais vasta do Ártico. Isto pode ser usado para reforçar a sua compreensão sobre os processos chave do clima no Ártico. Em alternativa pode querer usar isto para iniciar um tópico sobre alterações climáticas ou sobre o Ártico como forma de levar os alunos a partilharem o seu conhecimento e a sugerirem perguntas para investigarem.

Material necessário

- Acesso à internet
- Aplicação Clima a Partir do Espaço
- Ficha de trabalho 3 (2 páginas)
- Ficha de informação 3 (opcional)
- Canetas ou lapis de cor

Exercício

1. Mostre um mapa da Passagem Noroeste. Pode imprimir a ficha de informação 3 para os alunos usarem, ou extrair a imagem para ser utilizada num programa de apresentação. Debata porque é que as pessoas têm tentado repetidamente encontrar, ou/e navegar através dela, e de outras rotas polares, ao longo dos séculos.
2. Peça aos alunos para usarem a aplicação Clima a Partir do Espaço para completarem as questões 1 e 2 da ficha de trabalho 3.1. A aplicação é razoavelmente autoexplicativa, mas pode pretender apresentar o conjunto de dados ou/e demonstrar os controlos.
3. Debata os resultados com a turma, perguntando porque é que a questão 2 não pergunta se os dados *provam* que a Terra está a aquecer. (Se os alunos não completarem a Atividade 1, vale a pena apontar a diferença entre a evolução do clima a longo prazo e a variação natural.)
Isto pode conduzir os alunos a realizarem uma pesquisa independente sobre outros fenómenos que comprovem a existência de alterações climáticas— a partir da experiência dos avós relativamente à frequência e severidade de, por exemplo, tempestades, secas e ondas de calor.
4. Dê aos alunos algum tempo para explorarem os dados sobre a concentração da camada de gelo marinho e compará-la com dados sobre a temperatura da superfície do mar, na aplicação Clima a Partir do Espaço. Observe que embora a animação não nos diga a área exata coberta por gelo marinho numa determinada altura, podemos ver como se altera durante um ano e de um ano para o seguinte.
5. Peça aos alunos para usarem a visualização e responderem às perguntas de 3 a 7 da ficha de trabalho 3.1 e 3.2. Podem trabalhar individualmente, em pares ou em pequenos grupos dependendo do acesso às Tecnologias de Informação e do nível de capacidade da turma.

6. Se os alunos trabalharam individualmente ou aos pares, junte-os em pequenos grupos para debaterem as perguntas no final da ficha de trabalho 3.2. Trata-se de uma atividade muito aberta que lhe permite pedir aos alunos para, estruturarem o debate de modo particular, ou/e se preferir, apresente um relatório apropriado à turma e ao lugar que ocupa na sua sequência de ensino. Por exemplo:
- Se os alunos estiverem a começar a estudar as alterações climáticas, cada grupo pode fazer uma lista das suas ideias indicando o grau de certeza que têm relativamente a cada afirmação que fazem. Eles também podem acrescentar perguntas provenientes dos dados para investigarem, em futuras sessões.
 - Se estiver a usar isto perto do fim de uma unidade, pode pedir a grupos, ou a alunos individuais, para relacionarem estas tendências com os seus conhecimentos atuais sobre alterações climáticas, num documento/poster que possa ser usado para avaliar a sua aprendizagem.

Respostas das fichas de trabalho

Anos sem de gelo

1.

Ano	Sem gelo?	Ano	Sem gelo?
2002	Não	2009	Não
2003	Não	2010	Sim
2004	Não	2011	Sim
2005	Não	2012	Sim
2006	Não	2013	Não
2007	Sim	2014	Não
2008	Quase	2015	Quase

2. Três dos quatro anos em que a Passagem Noroeste esteve aberta foram na última década. Por isso estes dados apoiam a ideia de que o clima da Terra está a mudar. No entanto ainda há a variação natural, por isso os dados não provam, por eles próprios, que o mundo está a aquecer.

Evolução do gelo marinho Ártico

3. a. março/abril b. setembro/outubro
4. Aumento da temperatura na superfície do mar significa menos gelo.
5. 6. Ver a Figura 7 na página seguinte.
7. **Gelo marinho – semelhanças:** máximos e mínimos ocorrem no mesmo mês de cada ano— há um ciclo anual. **Gelo marinho – diferenças:** em média a extensão máxima é menor; A área que está sempre gelada é menor.
- Temperaturas à superfície do mar – semelhanças:** as máximas e as mínimas ocorrem nas mesmas alturas em cada ano (mas o seu ciclo anual é oposto ao do gelo marinho). **Temperaturas à superfície do mar – diferenças:** quer as temperaturas máximas quer as mínimas são mais altas.
- Os alunos podem referir áreas específicas nas suas respostas, dependendo dos seus conhecimentos de geografia.

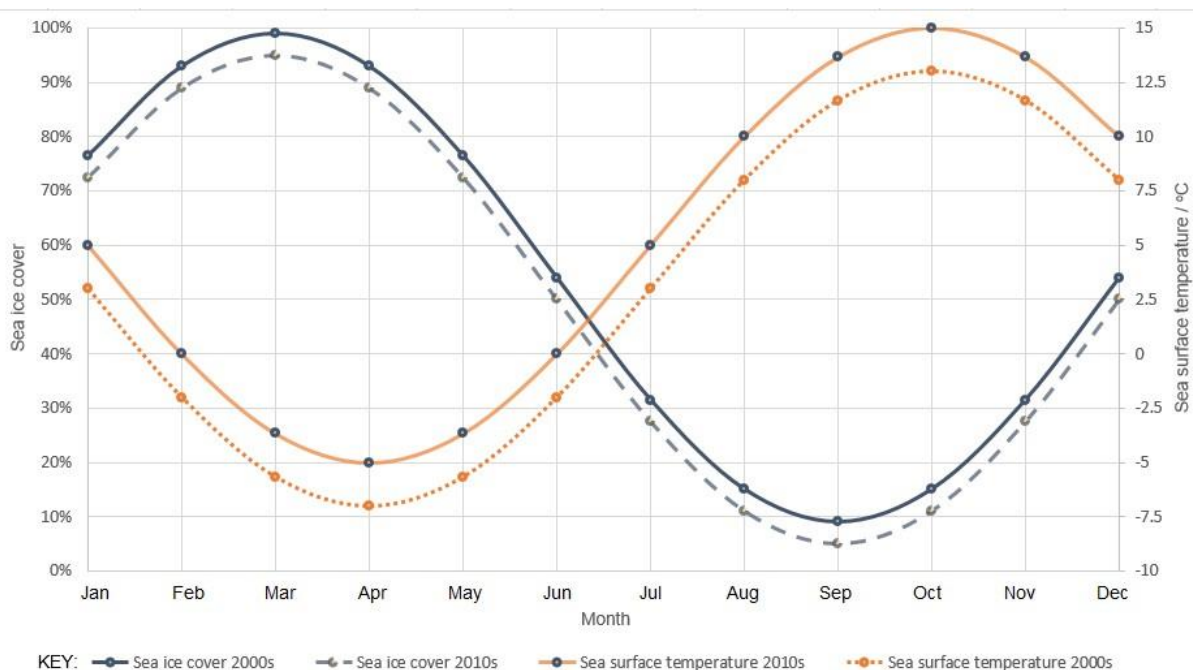


Figura 7: Ciclos sazonais da extensão do gelo marinho e da temperatura da superfície do mar (Fonte: ESA CCI)

Para debater

As respostas dos alunos a estas perguntas vão variar, dependendo de quando for usada esta atividade, de como é estruturado o debate, e os resultados esperados. As notas em baixo lidam com alguns assuntos que surgem normalmente durante o debate.

- 8 a. Ao longo de um ano, a extensão máxima e mínima do gelo marinho é analisada, quando a temperatura começa a aumentar e a diminuir respetivamente: o Ártico necessita aquecer para que o gelo comece a fundir, e a arrefecer para que o gelo se comece a formar. Pode explicar isto, como exemplo a curto prazo, do gelo guardar uma 'memória' do clima passado – um atributo que é utilizado (através de núcleos) em estudos a longo prazo.
- b. Ao longo das três últimas décadas, as alterações climáticas afetaram a temperatura média da atmosfera, mas muita da energia em excesso foi absorvida pelos oceanos. A região Ártica é principalmente um oceano coberto por gelo marinho – ao contrário da Antártida, onde a maior parte do gelo se encontra em lençóis ou glaciares em terra, e só entra em contacto com o oceano nas extremidades da parte continental. Esta é uma das razões pelas quais a mudança tem sido mais rápida no Ártico.
9. Os cientistas supõem que a velocidade a que o gelo marinho desaparece vá aumentar devido à amplificação Ártica (ver página 8).

Ficha de trabalho 1: COM QUE VELOCIDADE FUNDE O GELO MARINHO?

O **calor latente de fusão específico** é a quantidade de energia necessária para fundir 1 kg de um sólido (sem alteração da temperatura). Para o gelo marinho, é de $330\,000\text{ J kg}^{-1}$. Podemos usar isto, juntamente com ideias da ficha de informação *Abre-se uma Passagem*, para explorar fatores que afetam a rapidez com que o gelo marinho funde.

Calcular velocidades de fusão

1. Cerca de 300 W de radiação solar atingem cada metro quadrado da superfície da Terra, no Ártico, num dia limpo de junho. Qual a quantidade de energia por hora?

(SUGESTÃO: lembra-te, $1\text{ W} = 1\text{ J s}^{-1}$.)

2. Cerca de 85% da radiação que atinge o gelo marinho é refletida pela superfície da Terra: dizemos que tem um **albedo** de 0,85. Num dia limpo de junho, qual a quantidade de energia que um metro quadrado de gelo marinho reflete numa hora?
-

3. Que quantidade de energia sobra para ser absorvida pelo gelo?
-

4. Que massa de gelo pode ser fundida por esta quantidade de energia?

(SUGESTÃO: usa a informação sobre o calor latente de fusão no cimo da página.)

Esta é a velocidade de fusão, em $\text{kg m}^{-2}\text{ h}^{-1}$ num dia limpo de junho, quando a concentração do gelo marinho é de 100% (toda a superfície está coberta por gelo).

5. Se a concentração do gelo for de 70%:

a. Qual a fração por metro quadrado (i) é gelo? _____ (ii) oceano aberto? _____

b. Que quantidade de energia solar, que incide por metro quadrado, numa hora, será agora refletida pelo:

(i) Gelo naquele metro quadrado?

(SUGESTÃO: a tua resposta deve ter um valor menor que a dada na pergunta 2.)

(ii) Oceano naquele metro quadrado, dado que o albedo do oceano é de 0,07?

c. Que quantidade de energia absorve o oceano quando a concentração do gelo marinho é de 70%?

d. Se toda esta energia for transferida para o gelo, qual é a nova velocidade de fusão?

Explorar velocidades de fusão

Investigar como varia a velocidade de fusão:

- Se a quantidade de radiação que atinge a superfície mudar (devido a uma cobertura de nuvens ou uma altura diferente do ano)
- Quando se altera a concentração do gelo marinho.

Podes apresentar os teus resultados num gráfico ou/e resumi-los num quadro como este.

Radiação solar que atinge a superfície / W m^{-2}	Velocidade de fusão / $\text{kg m}^{-2} \text{ hora}^{-1}$			
	Concentração do gelo marinho			
	100 %	70 %	40 %	10 %
300	Resposta à pergunta4	Resposta à pergunta5d		
200				
100				
10				

Usa os teus resultados e a informação de *Uma Passagem Abre-se* para responder a estas perguntas:

1. 10, 100, 200 e 300 W m^{-2} são níveis de radiação típicos para a região Ártica em março, abril, maio e junho, respetivamente.
Em que mês é maior a velocidade de fusão do gelo marinho?

2. Descreve a relação entre a velocidade de fusão do gelo marinho e a sua concentração.

3. Explica, pelas tuas palavras, porque é que o gelo marinho desempenha um papel vital no sistema climático.

Ficha de trabalho 2: TEMPERATURA DO OCEANO E VELOCIDADE DE FUSÃO DO GELO



Usar um tablet para monitorizar a fusão do gelo. A figura de cima é uma vista lateral, e a figura de baixo é uma vista aérea. (Fonte: ESA CCI)

Saúde e segurança

- Garante que o teu equipamento não se encontra na borda da mesa.
- Limpa rapidamente quaisquer derrames.
- Não proves nada.
- Mantém as mãos longe da boca.

Material necessário

- Taça
- Três ou quatro contas (de cores diferentes)
- Um pouco de massa de modelar
- Uma pilha de livros
- Um smartphone ou um tablet
- Uma proveta ou um jarro
- Pelo menos três cubos de gelo ou blocos (ficam no congelador até precisares deles)
- Um termómetro
- Um relógio ou um cronómetro

Recolher dados

1. Usa a massa de modelar para colar as contas uniformemente ao redor da taça. Elas vão funcionar como pontos de referência se precisares de redimensionar as imagens.
2. Coloca o telefone ou o tablet no cima da pilha de livros para que a câmara possa visualizar toda a taça (ver figuras).
3. Deita um pouco de água na taça e mede a temperatura da água.
4. Põe o teu bloco de gelo na água, verifica o tempo e tira uma fotografia.
5. Tira outra fotografia de vez em quando (o teu professor pode dar-te alguns conselhos nisto). Tenta não movimentar a câmara ou a taça entre fotografias.
6. Anota a temperatura da água quando fizeres a última fotografia.
7. Repete os passos de 3 a 6 pelo menos duas vezes; da cada vez, usa água a temperaturas diferentes.

Número do ensaio				
Temperatura inicial da água / °C				
Temperatura final da água / °C				
Temperatura média da água / °C				

Análise dos resultados

1. Calcula a média das temperaturas da água para cada um dos ensaios.
2. Verifica que todas as fotografias estão à mesma escala, usando um programa de processamento de imagem para analisar a distância entre os teus pontos de referência, ou o tamanho de um quadrado desenhado em torno da tua taça. Se algumas das fotografias estiverem muito grandes ou muito pequenas, redimensiona-as para combinarem com as outras.
3. A tua tarefa seguinte é medir a área do gelo em cada uma das imagens. Debate as perguntas, que estão em baixo, com o teu grupo, para decidirem como fazer esta tarefa.
 - Vais fazer medições a partir do ecrã ou de cópias impressas?
 - A área do gelo nas tuas imagens é a mesma da área real do gelo? Se não for, faz diferença? Se fizer, o que vais fazer em relação a isso?
 - Em que unidades vais fazer as medições?
 - Que passos vais tomar para que as tuas medições sejam o mais exatas possível?
4. Usa o processo que escolheste para medir a área do gelo em cada imagem. Regista os teus resultados num quadro apropriado e faz um gráfico com os valores.

Descreve o padrão, mostrado pelo gráfico, dando o maior número possível de detalhes.

Debate

Debate as questões seguintes com o teu grupo.

1. Neste modelo, o que é que dificultou a obtenção de medições precisas das áreas?
2. Os cientistas que usam dados de satélite também têm estes problemas? Porquê?
3. Existem outras coisas que possam tornar mais difícil medir alterações da área do gelo marinho na vida real?
4. Os satélites que, a partir do espaço, medem a temperatura do oceano, registam as temperaturas na superfície. Será que isto afeta como é fácil relacionar a temperatura do oceano com a rapidez com que o gelo marinho funde? Porquê?
5. Que fatores, além daqueles que já investigaste (intensidade luminosa, área do gelo marinho e temperatura do oceano), podem afetar a velocidade com que funde o gelo marinho?
6. Que efeito esperas que cada fator tenha? Porquê?

Se puderes investiga uma das tuas ideias. Podes criar um modelo matemático ou físico ou fazer uma investigação online.

Ficha de trabalho 3: A PASSAGEM NOROESTE

Abre a aplicação Clima a Partir do Espaço (cfs.climate.esa.int).

Clica no símbolo das camadas de dados (canto superior direito) e escolhe Gelo marinho – Hemisfério Norte.

Reproduz a animação várias vezes para verificares se percebes como é que os controlos no ecrã te ajudam a olhar com mais pormenor locais ou datas.

Anos sem gelo

Reproduz a animação devagar, focando a área mostrada no mapa.

A linha vermelha marca uma potencial rota marítima conhecida como a Passagem Noroeste.

1. Completa o quadro para mostrar os anos nos quais a Passagem Noroeste esteve sem gelo, permitindo a passagem de barcos
2. A informação do quadro fornece provas das alterações climáticas? Explica a tua resposta.



Ano	Sem gelo?	Ano	Sem gelo?
2002		2009	
2003		2010	
2004		2011	
2005		2012	
2006		2013	
2007		2014	
2008		2015	

Evolução do gelo marinho Ártico

Volta à aplicação Clima a Partir do Espaço.

Clica no símbolo das camadas de dados e percorre a lista para baixo até Temperatura da Superfície do Mar e clica em COMPARAR.

3. Em que mês de cada ano o gelo marinho do Ártico:

a. Cobre a área maior? _____

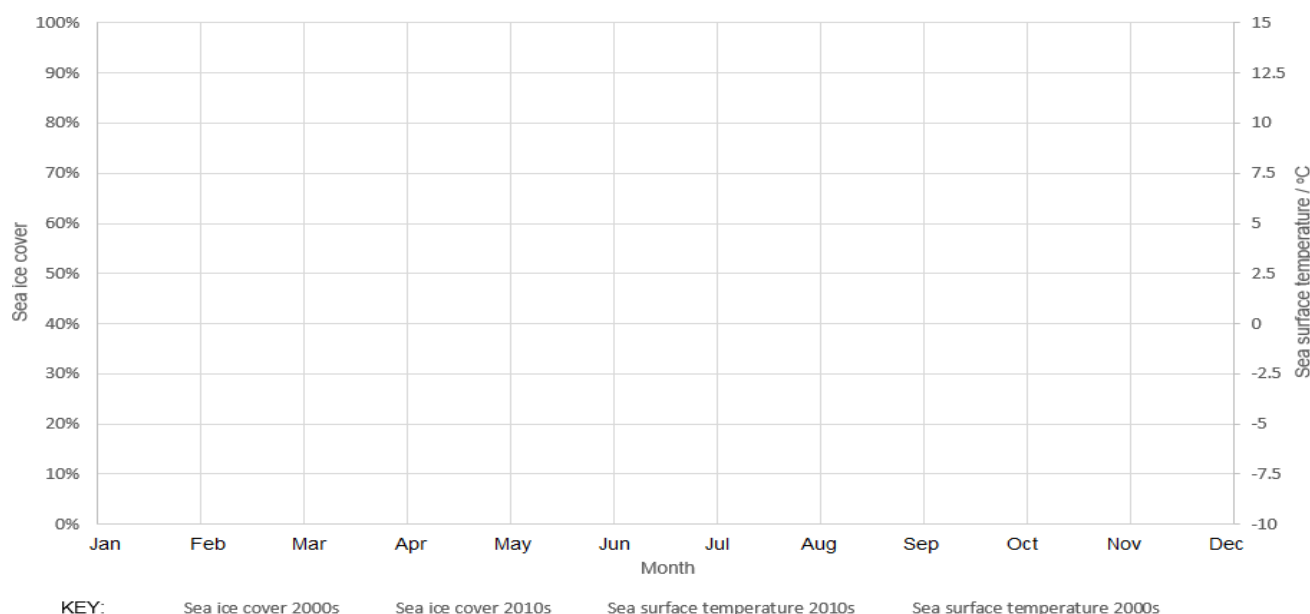
b. Cobre a área mais pequena? _____

4. Como se relaciona a extensão do gelo marinho com a temperatura da superfície do mar?

5. Percorre mais lentamente os anos de 2000 a 2009. Nos eixos em baixo:
- Esboça uma linha a azul para mostrar como a percentagem de oceano, coberta por gelo marinho, se altera ao longo de um ano típico nesta década.
 - Esboça uma linha a vermelho, para mostrar como a temperatura da superfície do mar se altera ao longo de um ano típico nesta década.

Não tens de encontrar valores exatos, basta mostrares o padrão geral.

Para a temperatura da superfície do mar, pode ser útil focares-te numa área particular.



6. Agora percorre os anos, desde 2010 até ao fim da visualização. Acrescenta linhas ao gráfico para mostrar como a percentagem de oceano, coberta por gelo marinho, e a temperatura da superfície do mar se alterou durante estes anos. Usa duas cores diferentes e não te esqueças de acrescentar informação para saber a que se referem. As linhas podem sobrepor-se, se o padrão for o mesmo para todas ou para algumas partes do ano.
7. Descreve as semelhanças e as diferenças no padrão, para cada década.

Para debater

8. O que causa alteração na área do gelo marinho:
(a) durante um ano? (b) de década para década?
9. Como é que o padrão pode mudar ao longo da próxima década ou décadas? Explica as tuas ideias.

Ficha de informação 1: ABRE-SE UMA PASSAGEM

Durante séculos, os barcos que viajavam entre a Europa e a Ásia tinham de rodear a terra e o gelo que separavam os dois continentes. A chamada Passagem Noroeste, entre o Canadá continental e as suas ilhas Árticas, seria uma rota marítima mais curta, mas, para a maior parte da história registada, provou ser impenetrável, fechada firmemente no punho de um mar gelado. O gelo derrotou muitos, incluindo a Marinha Real Britânica. A expedição de Sir John Franklin, em 1845, perdeu-se. Dezoito grupos de busca enviados durante os trinta anos seguintes, não conseguiram encontrar qualquer traço dele, dos seus dois navios, ou da tripulação constituída por 130 pessoas. Em 1906 Roald Amundsen tornou-se a primeira pessoa a atravessar a Passagem Noroeste, demorando três anos a fazer a viagem, num pequeno barco.

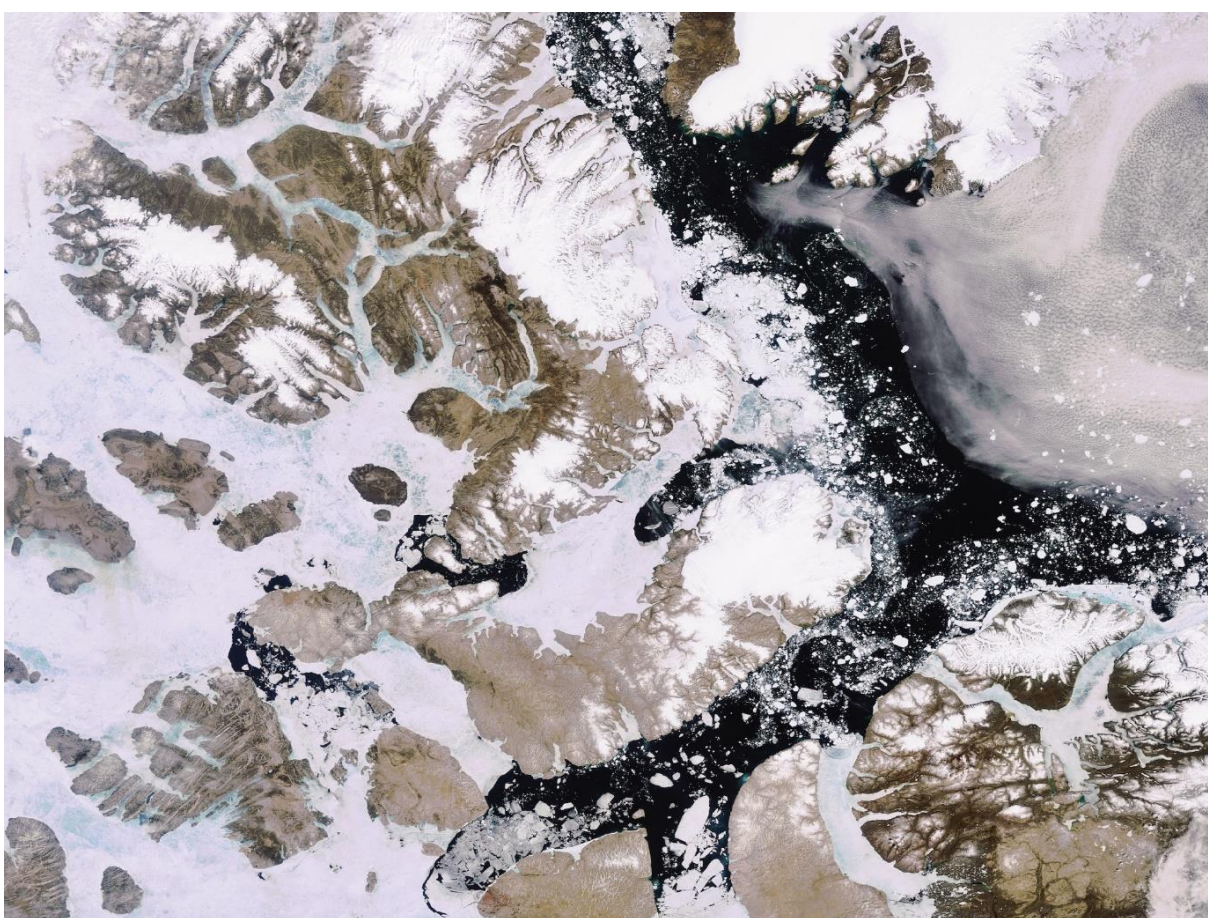


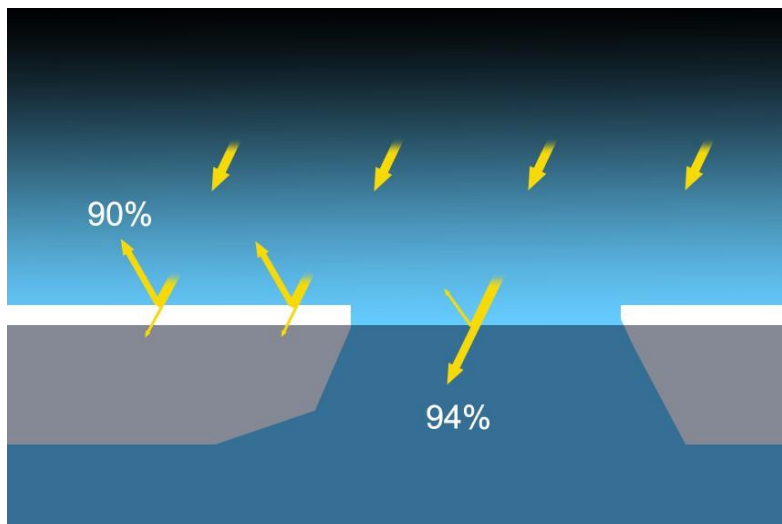
Imagem de satélite do gelo marinho, no verão, no Ártico. O estreito canal entre o Canadá continental e as suas ilhas Árticas é normalmente intransitável. Nesta imagem, o Estreito de Lancaster (centro em baixo) está aberto, mas o gelo continua a bloquear o Canal Parry a oeste. (Fonte: ESA)

No século seguinte, só mais alguns navios fizeram a viagem – com a ajuda de quebra-gelos. Mas, ao mesmo tempo, o gelo marinho do Ártico começou a fundir. Imagens de satélite mostram a passagem aberta pela primeira vez em 2007, décadas antes dos modelos climáticos preverem que isso ia acontecer. Embora a abertura da Passagem Noroeste possa tornar o transporte marítimo de mercadorias da Ásia para a Europa mais rápido, é um marco muito preocupante quer para o Ártico quer para o nosso planeta como um todo.

Amplificação Ártica

A rota abriu-se porque a temperatura global da Terra está a subir. E as temperaturas no Ártico estão a subir dois ou três vezes mais depressa que a média global.

Porquê? O gelo branco reflete uma grande quantidade de luz solar, tal como as roupas de cor clara, que muitas pessoas preferem usar no verão. Quando o gelo marinho funde, a água do oceano fica exposta. O mar escuro absorve a maior parte da luz solar que o atinge por isso a água aquece. Água mais quente faz fundir mais gelo marinho, expondo mais oceano para absorver a luz solar e por isso a fusão



O gelo reflete cerca de 90% da radiação solar incidente, enquanto que a água exposta absorve cerca de 94% (Fonte: ESA)

torna-se mais rápida, isto é conhecido como a amplificação Ártica e é exemplo de um ciclo de retorno positivo. Em anos recentes, mares mais quentes reduziram a área do Oceano Ártico que gela em cada inverno. E a amplificação Ártica está a acelerar esta mudança.

Usar a Passagem Noroeste como rota marítima pode tornar a situação ainda pior. Gases de escape dos navios vão enviar fuligem e poluentes químicos para o ar sobre o Ártico. Quando a fuligem cair no gelo marinho, vai escurecer a superfície, e o gelo vai absorver mais luz solar e fundir com maior velocidade que anteriormente.

Gelo marinho e clima

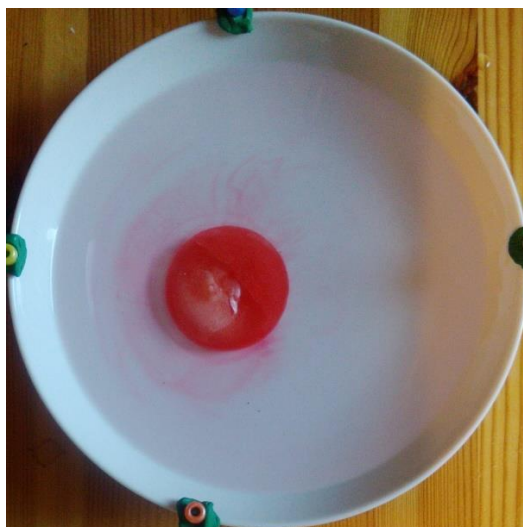
O gelo marinho mantém a água debaixo dele quente, do mesmo modo que os iglus fornecem isolamento que mantem o povo Inuit quente. À medida que o gelo marinho funde, a camada isolante é removida e o calor do oceano é transferido para a atmosfera que está por cima. O gelo fundido é água doce que dilui o oceano à sua volta e afeta os padrões de circulação que proveem, em parte, das diferenças de densidade da água do mar. (A água salgada é mais densa que a água doce.) Por isso, o efeito da fusão do gelo marinho na atmosfera e no oceano é complexo.

O gelo marinho não só mostra como o clima da Terra está a mudar, como também tem um papel importante na regulação desse clima. As entidades que atuam assim, e que podemos rastrear com confiança, são chamados elementos do clima. Uma das formas que os cientistas usam para monitorizar estes elementos são os satélites. Instrumentos de radar, em certos satélites, podem 'ver através' das nuvens, medindo a extensão e a espessura do gelo Ártico. Os dados destes instrumentos mostram que a área de gelo no Ártico se reduziu cerca de 40% ao longo das últimas quatro décadas.

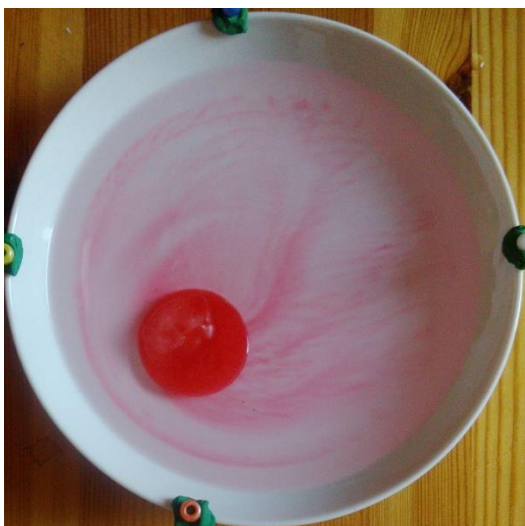
Ficha de informação 2.1: FUSÃO DO GELO – Água quente



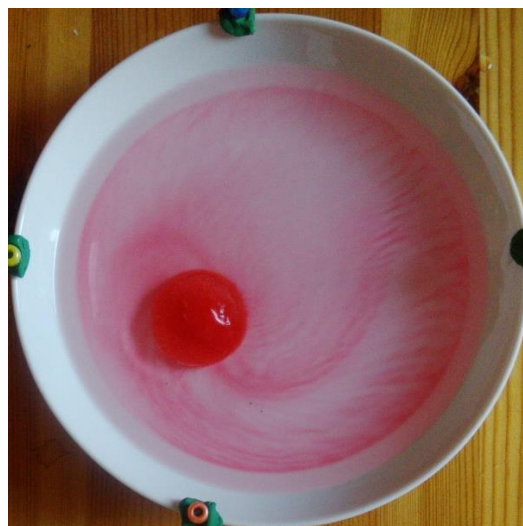
0 minutos



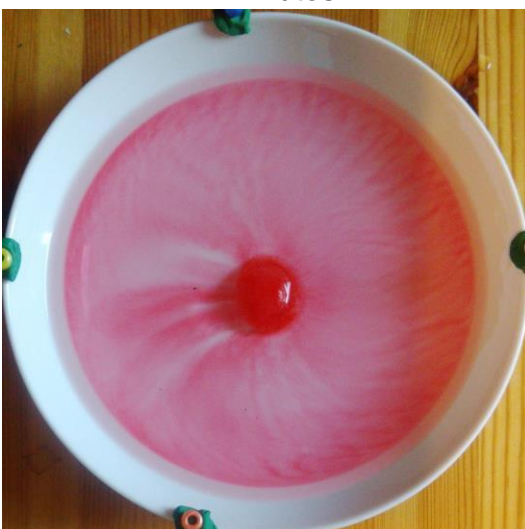
1 minuto



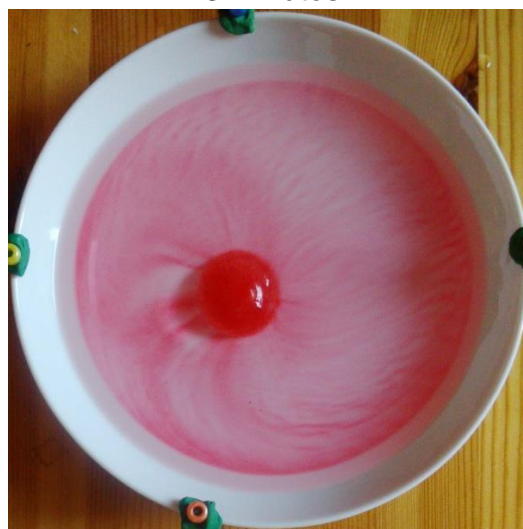
2 minutos



3 minutos



4 minutos



5 minutos

(Fonte: ESA CCI)

Ficha de informação 2.2: FUSÃO DO GELO – Água fresca



0 minutos



5 minutos



10 minutos



17 minutos



24 minutos



28 minutos

(Fonte: ESA CCI)

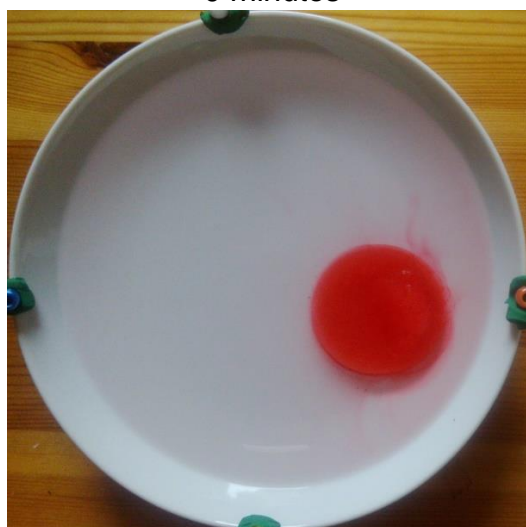
Ficha de informação 2.3: FUSÃO DO GELO – Água fria



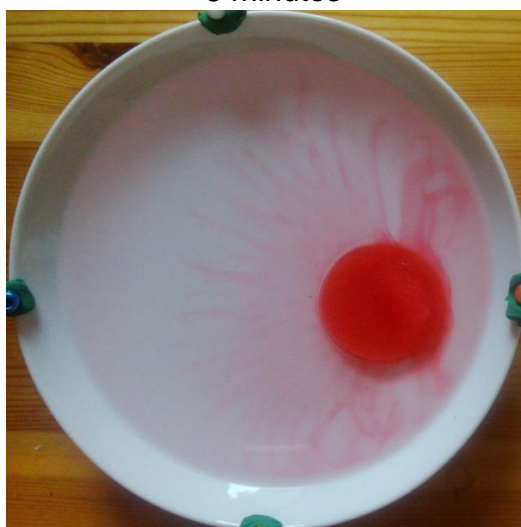
0 minutos



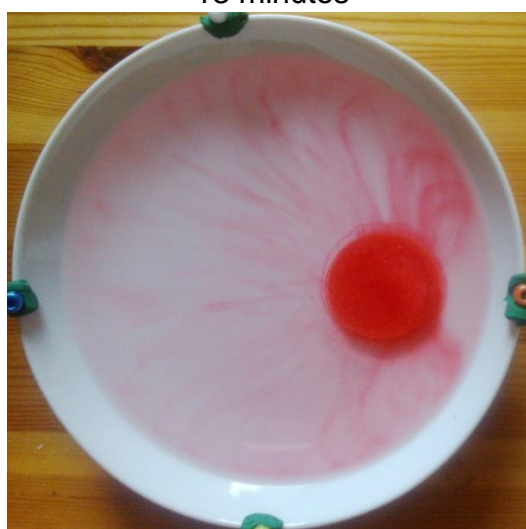
6 minutos



13 minutos



20 minutos



26 minutos



30 minutos

(Fonte: ESA CC)

Ficha de informação 3: A PASSAGEM NOROESTE



(Fonte: Encyclopædia Britannica, Inc.)

Links

Recursos da ESA

Aplicação Clima a Partir do Espaço (recurso online)

<https://cfs.climate.esa.int>

Clima para as escolas

<https://climate.esa.int/en/educate/climate-for-schools/>

Ensinar com o espaço

http://www.esa.int/Education/Teachers_Corner/Teach_with_space3

Gelo marinho a partir do espaço

[esa.int/Education/Teachers_Corner/Sea_ice_from_space_-
_Investigating_Arctic_sea_ice_and_its_connection_to_climate_TEACH_WITH_SPACE_G04](http://www.esa.int/Education/Teachers_Corner/Sea_ice_from_space_-_Investigating_Arctic_sea_ice_and_its_connection_to_climate_TEACH_WITH_SPACE_G04)

Projetos espaciais da ESA

Departamento do Clima da ESA

<https://climate.esa.int/en/>

Do Espaço para o nosso clima

http://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Space_for_our_climate

Missões de observação da Terra, da ESA

www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/ESA_for_Earth

Exploradores da Terra

http://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/The_Living_Planet_Programme/Earth_Explorers

Copernicus Sentinels

https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Overview4

Envisat

[esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Envisat](http://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Envisat)

Informação extra

Groenlândia e Antártida perdem gelo seis vezes mais depressa do que era esperado

[esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Space_for_our_climate/Greenland_and_Antarctica_losing_ice_six_times_faster_than_expected](http://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Space_for_our_climate/Greenland_and_Antarctica_losing_ice_six_times_faster_than_expected)

A Terra a Partir do Espaço vídeos

http://www.esa.int/ESA_Multimedia/Sets/Earth_from_Space_programme

ESA Kids

https://www.esa.int/kids/en/learn/Earth/Climate_change/Climate_change

Apêndice: SABIA QUE?

Pode usar esta seleção de factos interessantes, relacionados com o tópico, em várias situações. Pode iniciar uma aula com um deles, colocar em cartões para adicionar a apresentações de trabalhos dos alunos, escolher um ponto para iniciar um debate, usar as afirmações num quiz de verdadeiro/falso...

- A Passagem Noroeste é cerca de 1900 km mais curta que a rota através do Canal do Panamá.
- A neve que caiu recentemente pode ter um albedo de cerca de 0,90. Este valor diminui à medida que a neve “envelhece” e se transforma em cristais de gelo.
- O gelo flutua porque é menos denso que a água. Isto não é normal, porque a maioria das substâncias são mais densas quando estão no estado sólido do que no estado líquido.
- A concentração do gelo marinho pode ser medida com instrumentos em satélites que detetam radiação de micro-ondas.
- Um conjunto de satélites equipados com micro-ondas, capazes de medir a concentração do gelo marinho, está operacional há mais de quatro décadas.
- Muitos satélites de observação terrestre estão em órbitas que não lhes permitem fazer medições diretamente sobre o Polo Norte ou o Polo Sul, embora eles consigam ‘ver’ tudo o resto na Terra.