

# Mudança Climática Global e Ciência

Esta seção de *Healing Earth* ajuda você a começar a responder ao seguinte conjunto de perguntas apresentadas no final do estudo de caso:

- O que é a mudança climática global e como ela surgiu?
- Quais são os impactos da mudança climática global?

## **Clima, tempo e atmosfera**

Os termos “tempo” e “clima” às vezes são usados de forma intercambiável, mas existem diferenças importantes entre eles.

Tempo refere-se às mudanças do dia-a-dia na Atmosfera em uma base local. O tempo é composto por uma combinação de fatores, como temperatura, umidade, cobertura de nuvens, precipitação e vento.

Diferentemente, o clima descreve a média, bem como os extremos, das condições meteorológicas em uma região durante longos períodos de tempo. Mudanças no clima por longos períodos são detectadas por climatologistas, que estudam padrões do tempo e identificam tendências de longo prazo.

Visite a página [U. S. National Aeronautics and Space Administration](#) da NASA para saber mais sobre a diferença entre tempo e clima.

## **A Atmosfera da Terra**

O tempo e o clima ocorrem na Atmosfera da Terra, que é a fina camada de gases que envolve o planeta, mantida pela gravidade da Terra. Sem a Atmosfera, a vida na Terra não poderia existir. Ela contém o oxigênio que respiramos, ajuda a aquecer o planeta, protege-nos da nociva radiação ultravioleta (UV) do Sol e é uma parte vital do ciclo da água, como foi discutido no capítulo Água.

A atmosfera é composta de uma mistura de diferentes gases, minúsculas gotas de água e minúsculas partículas sólidas suspensas (ver Tabela 1). Alguns desses componentes são considerados permanentes, enquanto outros são variáveis. Componentes permanentes, como nitrogênio e oxigênio, são caracterizados por sua presença estável e consistente na Atmosfera a qualquer momento. No entanto, a presença e a quantidade de componentes variáveis, como o vapor de água, podem flutuar dependendo dos diferentes fatores que serão discutidos adiante.

Você aprenderá na seção Mudança Climática e Espiritualidade Global a seguir que em algumas religiões o ar que respiramos é um símbolo espiritual do sopro de Deus.

Componentes Permanentes		Componentes Variáveis	
Constituent	ppmV	Constituent	ppmV
Nitrogênio (N <sub>2</sub> )	780,840	Vapor de água (H <sub>2</sub> O)	0 to 40,000
Oxigênio (O <sub>2</sub> )	209,460	Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	399
Argônio (Ar)	9,340	Metano (CH <sub>4</sub> )	1.8
Neon (Ne)	18.18	Óxido nítrico (N <sub>2</sub> O)	0.320
Hélio (He)	5.24	Ozônio (O <sub>3</sub> )	0.01-0.10
Hidrogênio	0.56	Partículas (dust, soot, etc.)	0.01
Xenônio (Xe)	0.09	Clorofluorcarbonetos (CFC)	0.0002

Adaptado de *Atmospheric Composition and Vertical Structure* de Thomas W. Schlatter.

Tabela 1: Composição da Atmosfera da Terra. [efn\_note] Adapted from [https://ruc.noaa.gov/AMB\\_Publications\\_bj/2009%20Schlatter\\_Atmospheric%20C...](https://ruc.noaa.gov/AMB_Publications_bj/2009%20Schlatter_Atmospheric%20C...) [/efn\_note]

Comparado com o raio da Terra, a profundidade ou espessura da Atmosfera da Terra é muito estreita. Mais de 99% das moléculas gasosas (em massa) que compõem a Atmosfera da Terra são encontradas na camada de 50 quilômetros de espessura mais próxima da superfície da Terra (veja a Figura 1).



Figura 1: A Atmosfera da Terra é uma camada relativamente fina e frágil de gases - a. representação de um artista, b. uma imagem de satélite: a fina faixa azul de gás vista aqui pairando acima da superfície da terra é a nossa frágil Atmosfera. Dentro dessa faixa, que tem apenas 50km de espessura, ocorrem 99,8% das moléculas de gás que sustentam e protegem todas as formas de vida na Terra.[efn\_note] a. By Surachit CC BY-SA 3.0, via Wikimedia Commons b. By NASA Earth Observatory [Public domain], via Wikimedia Commons Source: a.

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3AEarth-crust-cutaway-english.svg> ,  
b. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3ATop\\_of\\_Atmosphere.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3ATop_of_Atmosphere.jpg) [/efn\_note]

Os dois gases mais abundantes na Atmosfera da Terra são o nitrogênio (N<sub>2</sub>), que representa 78% do

volume da Atmosfera, e o oxigênio ( $O_2$ ), que representa 21%. Embora o nitrogênio e o oxigênio, juntamente com os outros gases permanentes, sejam responsáveis por quase toda a Atmosfera (> 99%), e sejam cruciais para a vida na Terra, eles têm pouco ou nenhum impacto no tempo e clima. São os componentes variáveis escassos, como vapor de água ( $H_2O$ ), dióxido de carbono ( $CO_2$ ), metano ( $CH_4$ ) e óxido nitroso ( $N_2O$ ) que influenciam o tempo e o clima.

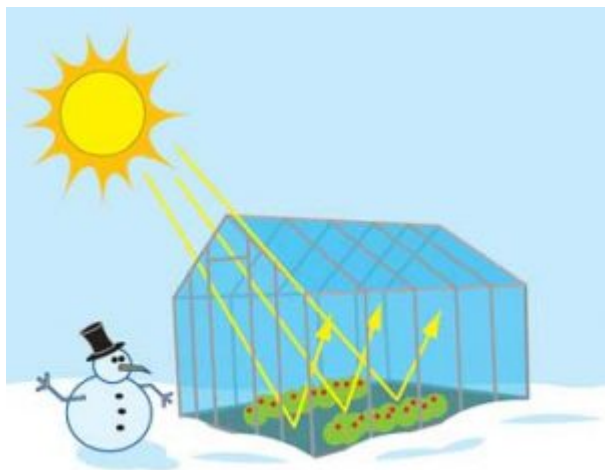


Figura 2. Uma estufa é feita de janelas de vidro ou plástico. A luz do Sol atravessa as janelas, mas o calor fica preso dentro dela. Legumes e flores podem crescer mesmo nos meses mais frios.[efn\_note] Courtesy NASA/JPL-Caltech Source: <https://climatekids.nasa.gov/review/greenhouse> e [efn\_note]

O vapor de água é o mais abundante dos componentes variáveis da Atmosfera. Sua concentração muda de tempos em tempos e de lugar para lugar. Em média, o vapor de água compreende 0,25% da Atmosfera. Conforme discutido no capítulo Água, o ciclo hidrológico forma nuvens de vapor de água e produz precipitação que reabastece a água dos solos, lagos e rios. Este processo de condensação (o resfriamento do vapor de água para formar água líquida) também libera o calor armazenado, que desempenha um papel importante no desenvolvimento de tempestades. Desta forma, o vapor de água realiza uma tarefa crítica em relação ao tempo.

Você aprenderá na próxima seção Mudança Climática Global e Ética que a Atmosfera da Terra tem valor intrínseco. Aqui você vê a razão: uma Atmosfera saudável é necessária para toda a vida na Terra.

Outros gases entre os componentes variáveis da Atmosfera estão presentes em quantidades muito pequenas, mas podem ter uma influência poderosa no tempo. Em alguns casos, esses gases variáveis também são extremamente importantes para a vida na Terra.

Por exemplo, o ozônio, que ocorre naturalmente na Estratosfera (10 a 50 km de altitude na Atmosfera),

elimina a radiação ultravioleta do Sol (UV), que de outra forma atingiria a superfície da Terra em níveis prejudiciais aos organismos vivos. A filtragem da radiação UV ocorre em concentrações muito baixas de ozônio (0,000004%). O ozônio também é um dos gases de efeito estufa (GEEs) e tem uma forte influência no aquecimento global.

Da mesma forma, o dióxido de carbono representa apenas 0,04% da Atmosfera, mas é um importante gás de efeito estufa que contribui para o aquecimento da Terra, e também é essencial para a fotossíntese, fornecendo às plantas e animais sua principal fonte de carbono.

En la sección de Cambio Climático Global y Espiritualidad veremos que las tradiciones espirituales como el hinduismo y el Islam creen que la relación interdependiente entre la atmósfera, las plantas, los animales, el agua y el suelo tiene una carácter sagrado.

## Gases de Efeito Estufa

Muitos dos componentes variáveis da Atmosfera são particularmente relevantes para uma discussão sobre a mudança climática global, porque eles absorvem radiação infravermelha de onda longa (RI, ou calor). Esses gases são chamados de gases de efeito estufa (GEEs) porque funcionam como uma estufa, e incluem  $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $N_2O$ ,  $O_3$ , e CFCs.

As estufas são usadas para o cultivo de plantas nas épocas frias e são feitas de telhados e paredes de vidro ou plástico, que permitem a entrada de luz solar (veja a Figura 2). Quando a luz solar atinge as plantas e o solo, ou qualquer outra superfície da estufa, ela é absorvida e convertida em RI ou calor. O telhado de vidro/plástico mantém este calor para que as plantas possam crescer no interior da estufa durante os invernos rigorosos.

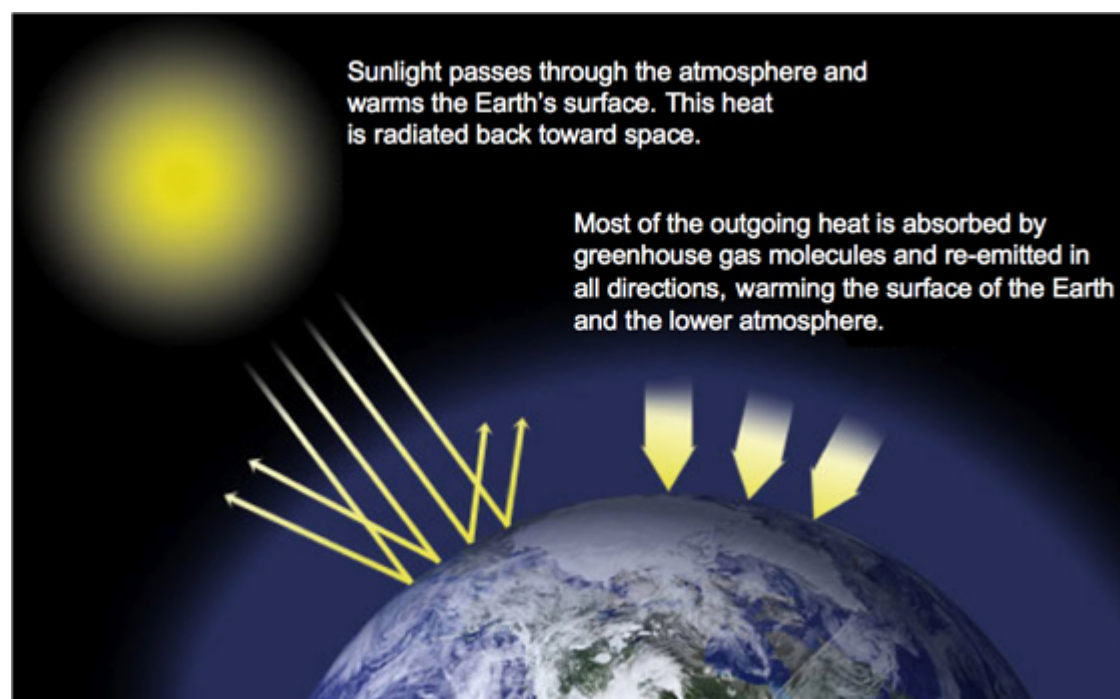


Figura 3. O efeito estufa. A radiação solar de ondas curtas (luz) que entra na Atmosfera

é absorvida pela superfície da Terra e emitida como radiação infravermelha de onda longa (calor), que é então absorvida pelos gases de efeito estufa que aquecem a Atmosfera. [efn\_note] Courtesy NASA/JPL-Caltech. Source: <https://climate.nasa.gov/causes/> [/efn\_note]

Como o vidro ou o plástico de uma estufa, a Atmosfera da Terra é quase transparente em relação à radiação solar que a penetra, que é composta principalmente de radiação de onda curta (luz). Como resultado, a maior parte da luz solar passa pela Atmosfera sem ser absorvida. Quando a luz solar atinge a Terra, ela é absorvida por estruturas líquidas e sólidas, como água, solo, plantas e construções. Uma vez que a luz é absorvida, ela é convertida em radiação infravermelha (RI) de ondas longas, ou calor. Este calor aquece a superfície do planeta, tornando-o adequado para a vida na Terra. Desta forma, a fina camada de Atmosfera da Terra ajuda a manter o planeta aquecido, assim como o vidro/plástico da estufa ajuda a manter o calor dentro da sua estrutura.

A superfície da Terra reflete parte da radiação solar que recebe de volta para o espaço. Essa refletância é conhecida como albedo terrestre e varia de região para região. Concentrações naturais de gases de efeito estufa atmosféricos absorvem o RI liberado, diminuindo assim a perda de calor da Terra para o espaço (ver Figura 3). Este fenômeno, chamado de efeito estufa, quando em equilíbrio, ajuda a manter a variação de temperatura na Terra adequada para organismos vivos.

Sem o efeito estufa, a temperatura média da superfície da Terra seria de  $-18^{\circ}\text{C}$  ( $0^{\circ}\text{F}$ ), fria demais para a maioria das plantas e animais. No entanto, o excesso de gases de efeito estufa na atmosfera causou a mudança climática global e os impactos de aquecimento que a Terra está enfrentando hoje.

Diferentes gases de efeito estufa (GEEs) possuem diferentes capacidades de captura de calor. Por exemplo, entre os cinco principais gases de efeito estufa, o vapor de água é o mais abundante e contribui para 90% do efeito estufa. Enquanto o metano ( $\text{CH}_4$ ) e o óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) não são tão abundantes quanto o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), eles são respectivamente 20 e 300 vezes mais potentes que o  $\text{CO}_2$  na retenção de calor.

Atividades humanas como a queima de combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás natural), práticas agrícolas industriais e desmatamento fizeram com que as concentrações de gases de efeito estufa na Atmosfera aumentassem vertiginosamente desde o início da Revolução Industrial, em meados do século XVIII (Figura 4).

Práticas agrícolas industriais produzem mais emissões de gases de efeito estufa do que qualquer outra atividade humana, através da fabricação de fertilizantes inorgânicos, operação de máquinas de campo, transporte de suprimentos para fazendas e alimentos para o mercado, e a energia necessária para a irrigação por bomba.

O desmatamento em todo o mundo é conduzido principalmente para expandir a agricultura e o desenvolvimento, e retira um “dissipador” de dióxido de carbono muito importante ao remover a densa

vegetação da floresta. Ao remover a vegetação fotossintética que “absorve” o dióxido de carbono, aumentamos efetivamente as concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera.

Os combustíveis fósseis e as florestas têm valor instrumental para a vida humana. No entanto, quando usamos esses recursos de uma maneira que não é sustentável para a Atmosfera da Terra, nós violamos moralmente o valor intrínseco da natureza. Esta questão é discutida na seção Biodiversidade e Ética adiante.

Por exemplo, o dióxido de carbono atmosférico global médio aumentou de 280 ppm para mais de 400 ppm desde meados do século XVIII. Veja em [US National Oceanic & Atmospheric Administration - NOAA](#) (Administração Nacional Oceânica e Atmosférica dos EUA) a concentração atual de CO<sub>2</sub> na atmosfera. O aumento do dióxido de carbono amplificou o efeito estufa e, como resultado, contribuiu para o aumento da temperatura da superfície da Terra. Uma discussão mais detalhada de como a queima de combustíveis fósseis perturba o equilíbrio natural do ciclo de carbono da Terra é descrita mais adiante neste capítulo.

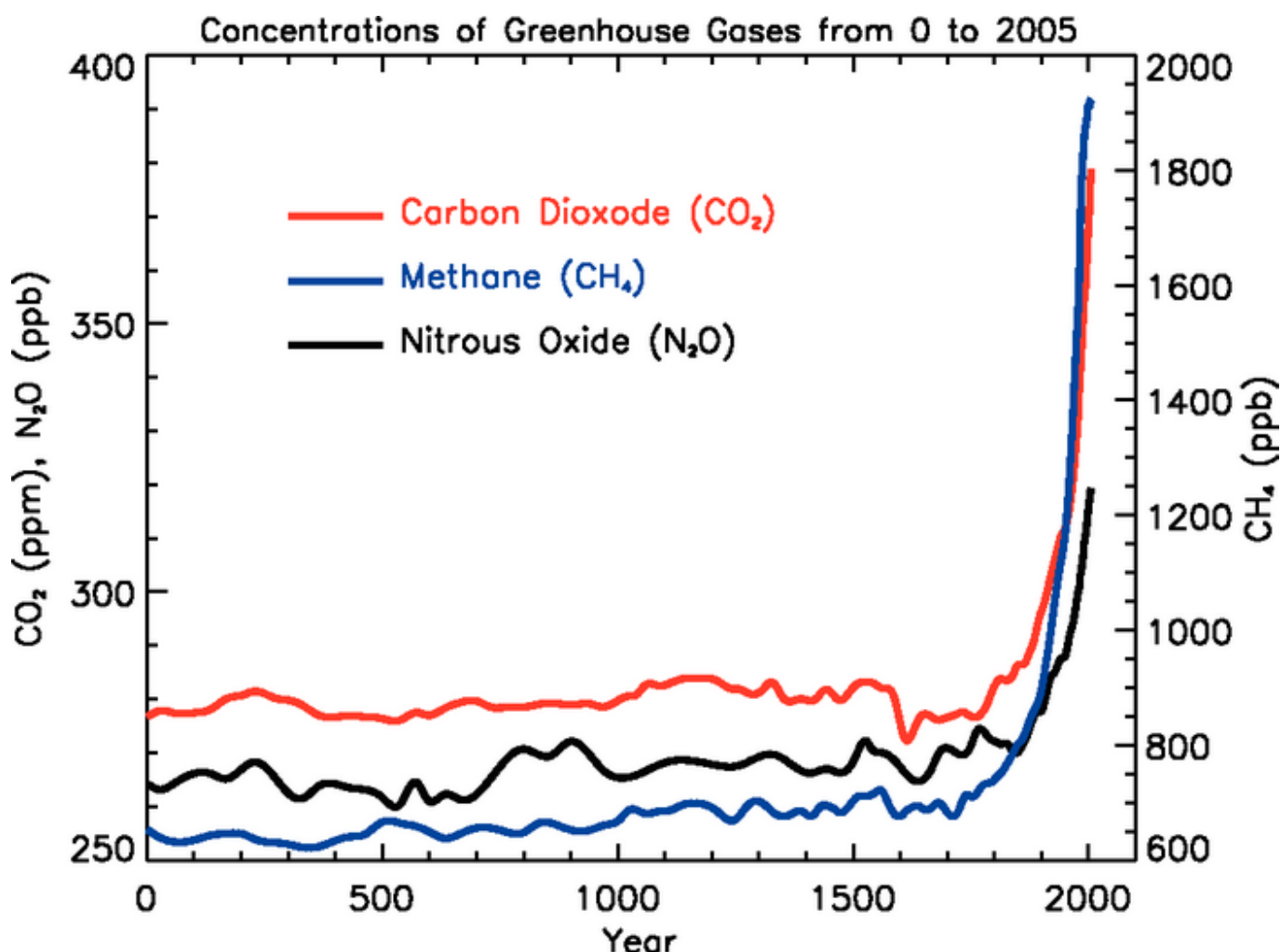


Figura 4: Concentrações atmosféricas de 3 gases de efeito estufa (dióxido de carbono, metano e óxido nitroso) nos últimos 2.000 anos. Observe que cada um desses gases aumentou desde 2005, e o CO<sub>2</sub> está em torno de 400 ppm. Você pode ver os valores de concentração mais recentes desses gases de efeito estufa em [Carbon Dioxide Information Analysis Center](#) (Centro de Análise de Informações sobre o Dióxido de Carbono). [efn\_note] IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Source:

[https://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg1/en/fig/faq-2-1-figure-1-l.png](https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/fig/faq-2-1-figure-1-l.png) [/efn\_note]

Você tem algum idoso em sua família ou entre seus amigos e vizinhos com quem você pode conversar sobre o clima? Em caso afirmativo, pergunte-lhes se eles experimentaram pessoalmente uma mudança nos padrões do tempo e no clima ao longo de suas vidas.

Se eles experimentaram mudanças no clima em suas vidas, que fatores você acha que podem explicar essas mudanças?

Que significado têm as experiências deles em relação ao modo como você pensa sobre padrões do tempo e clima?