

---

Um  
**Guia Científico**  
para o  
“Manual dos Cépticos”

A evidência de que a  
Humanidade está a causar  
o aquecimento global



# Reconhecimento

**Um Guia Científico para o "Manual dos Cépticos"** foi escrito por John Cook, responsável pelo sítio [skepticalscience.com](http://skepticalscience.com). Agradecimentos para os seguintes cientistas que contribuíram para e comentaram sobre este documento:

- John Bruno  
Professor Associado de Ecologia Marinha, Universidade da Carolina do Norte;
- Ove Hoegh-Guldberg  
Fundador e Director do Centro de Estudos Marinhos, Universidade de Queensland;
- Steven Sherwood  
Professor de Meteorologia Física e Dinâmica Climática Atmosférica, Universidade de Nova Gales do Sul (NSW)
- Kevin Judd  
Professor, Escola de Matemática e Estatística, Universidade da Western Australia (WA)
- Malcolm McCulloch  
Professor, School of Earth Sciences, University of WA
- Thomas Stemler  
Professor Auxiliar, Escola de Matemática e Estatística, Universidade da Western Australia (WA)
- Julie Trotter  
Professora Auxiliar, Escola de Ciências da Terra, Universidade da Western Australia (WA)

## Referências

Alexander, L. V., et al (2006). Observação de mudanças globais nos extremos diários de temperatura e precipitação. *Journal of Geophysical Research - Atmospheres*, 111(D5).

Harries, J. E., et al (2001). Aumentos no forçamento do efeito de estufa inferidos da emissão do espectro de radiação de ondas longas da Terra em 1970 e 1997. *Revista Nature*, 410, 355-357.

Sherwood, S. C., et al, (2008). Aquecimento troposférico robusto revelado por dados de radiosonda iterativamente homogeneizados. *J. Climate*, 21, 5336-5350.

Wang, K., Liang, S., (2009). Radiação de onda longa descendente pela atmosfera global sobre a superfície terrestre sob todas as condições de céu entre 1973 e 2008. *Journal of Geophysical Research*, 114 (D19).

**Um Guia Científico para o "Manual dos Cépticos"** é uma resposta ao "O Manual dos Cépticos", disponível em <http://joannenova.com.au/global-warming/>

# Que evidência existe de que o CO2 está na origem do **aquecimento global**?

Os "Cépticos" com frequência instigam a dúvida sobre se a Humanidade está a causar o aquecimento global, com questões como:

1. Existe uma "impressão digital" associada ao efeito de estufa?
2. No passado, a concentração de CO2 não aumentou depois da temperatura?
3. Estará o aquecimento global a ocorrer no presente?
4. O efeito do CO2 estará saturado?

A investigação destes temas providencia a resposta à primeira questão - a evidência de que o CO2 está a provocar o aquecimento global.

Existem múltiplas linhas de evidência (provas) apontando todas para a mesma resposta - que a Humanidade está a provocar o aquecimento global

## A **impressão digital antropogénica** sobre as alterações climáticas

Quando olhamos para toda a extensão de dados disponíveis, emerge um quadro claro e consistente:

- a Humanidade está a emitir **milhares de milhões de toneladas de CO2** para a atmosfera todos os anos
- a quantidade de CO2 na atmosfera **aumentou 40% desde os níveis pré-industriais**
- **O aumento do efeito de estufa tem sido directamente observado** por uma série de medições independentes

Nas páginas seguintes, olharemos para as múltiplas linhas de evidência que apontam todas para uma resposta consistente - que o CO2 de origem antropogénica está a provocar o aquecimento global.

# A identificação da "assinatura" do efeito de estufa

O efeito de estufa deixa uma clara assinatura na atmosfera. Os gases com efeito de estufa impedem o calor de atingir a alta atmosfera. Portanto, é de esperar que observemos um aquecimento na baixa atmosfera (a troposfera) e um arrefecimento na alta atmosfera (a estratosfera). Isso é exactamente o que se pode observar.

## A assinatura do efeito de estufa



Os modelos climáticos prevêem um ponto quente cerca de 10 km acima dos trópicos. Isto é confirmado pelos dados mais recentes reunidos por balões meteorológicos. Um erro comum é o de que a ponto quente é uma assinatura do efeito de estufa - não é.

Um erro comum é que o ponto quente é uma assinatura do efeito de estufa - na realidade, não é.

Na realidade, deve-se a alterações na taxa de lapso adiabático húmido. À medida que se sobe na atmosfera, ela vai arrefecendo. Quando se torna suficientemente frio para o vapor de água se condensar, é libertado calor. Isto anula parcialmente a taxa de arrefecimento. Nos trópicos onde o ar é mais húmido, mais calor é libertado. Logo, o ponto quente é o resultado de qualquer aquecimento à superfície e não é específico ao efeito de estufa.

Medimos a temperatura da atmosfera utilizando satélites e balões meteorológicos. Vários factores afectam estas medições tais como o aquecimento dos balões sob a luz do sol. Uma vez estes efeitos considerados, os dados dos balões meteorológicos encontram de facto um ponto quente acima dos trópicos.

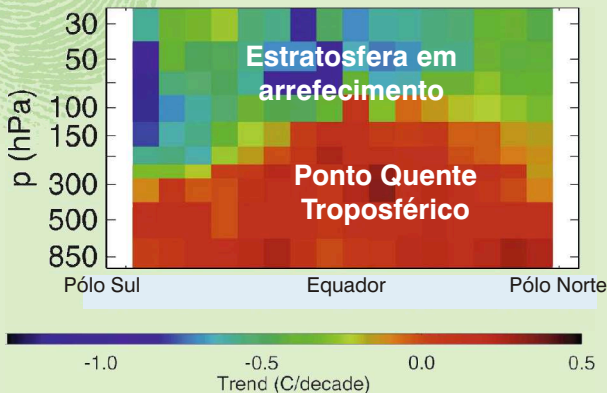
A confirmação sobre a existência do ponto quente vem das medições das tendências do vento. Na medida em que há uma relação directa entre a temperatura e o cisalhamento do vento (wind shear), isto dá-nos um meio independente para calcular tendências de temperatura. Este método permitiu encontrar um pico de temperatura acima dos trópicos, tal como esperávamos.

A assinatura do efeito de estufa, aquecimento na troposfera e arrefecimento na estratosfera, é exactamente aquilo que observamos.

## Impressão digital humana #1

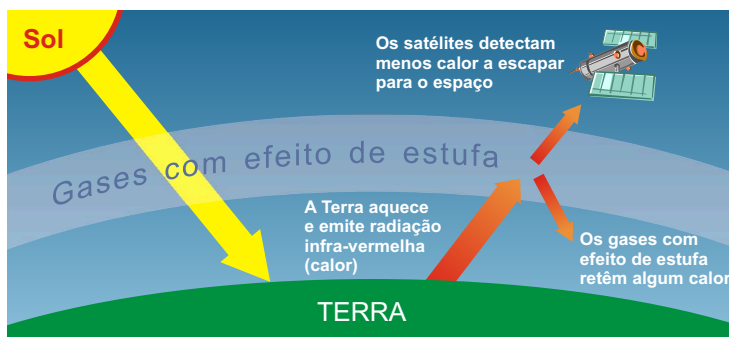
### Estratosfera em arrefecimento

Satélites e balões meteorológicos encontram ambos aquecimento na troposfera e arrefecimento na estratosfera: uma assinatura/marca distintiva do efeito de estufa.



## As provas de que o **CO2 causam o aquecimento**

O dióxido de carbono retém o calor. Isto é medido directamente por satélites que detectam menos calor a escapar em direcção ao espaço ao longo das últimas décadas (Ver **impressão digital humana #2**). Temos então provas claras de que o CO2 provoca aquecimento.



As amostras de gelo mostram que no passado, o CO<sub>2</sub> subiu após um aumento da temperatura. Isto significa que a temperatura afecta a quantidade de CO<sub>2</sub> no ar. Deste modo, o aquecimento provoca um aumento do CO<sub>2</sub> e mais CO<sub>2</sub> provoca um aquecimento adicional. Ao juntarmos estes dois fenómenos temos um "feedback" positivo, ou efeito de retroacção positivo.

No passado quando a Terra aqueceu , isso levou o oceano a libertar mais CO<sub>2</sub> para a atmosfera. Isto produziu vários efeitos:

- O CO<sub>2</sub> extra na atmosfera **amplificou o aquecimento original**. A isto chama-se "feedback" positivo.
- O CO<sub>2</sub> extra espalhou-se pela atmosfera, estendendo o aquecimento provocado pelo efeito de estufa a todo o globo.

O registo do CO<sub>2</sub> é inteiramente consistente com o efeito de aquecimento do CO<sub>2</sub>. Na realidade, o aquecimento via CO<sub>2</sub> explica quer as dramáticas variações de temperatura no passado da Terra, quer como a variação de temperatura é capaz de se expandir por todo o globo. O hiato no CO<sub>2</sub> não nega o efeito de aquecimento do CO<sub>2</sub>. Pelo contrário, proporciona evidência de um "feedback" climático positivo.

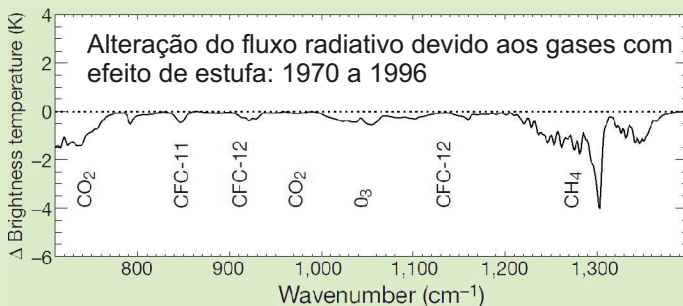
O hiato entre a ocorrência de um aumento de temperatura e um aumento do CO<sub>2</sub> não nega o efeito de aquecimento do CO<sub>2</sub>. Pelo contrário, revela a prova da existência de uma "feedback" climático positivo.

## Impressão digital humana #2

### Menos calor está a ser libertado para o espaço

Os satélites medem a radiação infravermelha (calor ou radiação térmica) que se escapa para o espaço. Uma comparação entre os dados fornecidos por satélite de 1970 a 1996 revelou que menos energia está a escapar para o espaço nos comprimentos de onda em que os gases com efeito de estufa absorvem energia. Investigadores descreveram isto como "*evidência experimental directa para um significativo aumento do efeito de estufa da Terra*".

Este resultado foi confirmado por dados mais recentes provenientes de vários satélites diferentes.



(Harries et al 2001)

# A realidade do aquecimento global

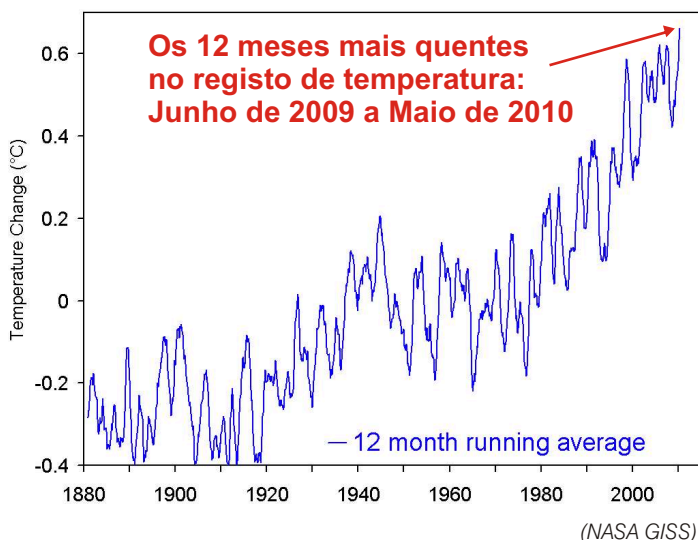
Os cépticos afirmam que muito do aquecimento global registado se deve a estações meteorológicas colocadas junto a aparelhos de ar condicionado e parques de estacionamento. Sabemos que isto não é verdade por várias razões.

Para os principiantes, podemos comparar temperaturas de boas estações meteorológicas com as de estações mal instaladas. Ambas, as bem e mal localizadas, mostram a mesma tendência de aquecimento.

Um outro modo de verificar a exactidão das medições dos termómetros é compará-las com os dados de satélite. As medições de satélite revelam o mesmo nível de aquecimento global. Como não há aparelhos de ar condicionado nem parques de estacionamento no espaço que perturbem as medições, isto é confirmação de que os termómetros nos estão a fornecer um quadro acertado.

Outra pretensão dos cépticos é que não tem havido aquecimento nos anos mais recentes. Contudo, há uma forte tendência para o aquecimento durante este

período. Na realidade, os registos para os 12 meses mais quentes nos registos de temperatura foi quebrado em Março deste ano, e logo depois em Abril e outra vez em Maio.





O registo da temperatura à superfície é apenas uma das linhas de evidência que confirmam que o aquecimento global é uma realidade.

- Os lençóis de gelo estão a derreter, perdendo milhares de milhões de toneladas de gelo por ano
- Os níveis dos oceanos estão a subir a uma taxa em aceleração (sobretudo devido à diminuição dos lençóis de gelo)
- as espécies estão a migrar em direcção aos pólos
- os glaciares estão a recuar, ameaçando o fornecimento de água para milhões de pessoas

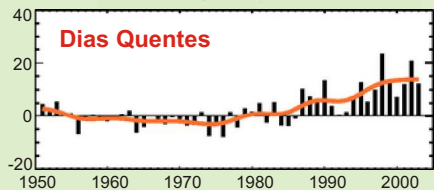
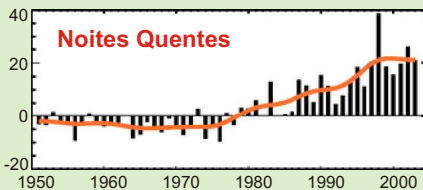
Quando alguém lhe diz que não existem provas de que a Humanidade está a causar o aquecimento global, é porque não se esforçaram muito para encontrar essas provas.

Para obter um entendimento completo do clima, precisamos de olhar para todas as provas. O que vemos são muitas linhas de evidência todas apontando para a mesma conclusão - o aquecimento global está a acontecer e nós somos a causa. Quando alguém lhe diz que não existem provas de que a Humanidade está a provocar o aquecimento global, então é porque não se esforçaram muito para as encontrar.

## Impressão digital da Humanidade #3

### As noites estão a aquecer mais rapidamente que os dias

Um efeito de estufa acrescido significa que as noites devem aquecer mais depressa do que os dias. Isto deve-se ao efeito de estufa operar dia e noite. Se o aquecimento global fosse causado pelo Sol, seria de esperar que a tendência para o aquecimento seria maior durante o dia. Ao invés, o que vemos é o número de noites quentes a aumentar mais rapidamente do que o número de dias quentes.



(Alexander et al 2006)

# O efeito do CO2 está a aumentar

A Humanidade emite mais de 30 mil milhões de toneladas de dióxido de carbono para a atmosfera todos os anos. À medida que adicionamos mais CO2 à atmosfera, ela retém mais calor. Como verificamos isto? Medições empíricas revelam que o CO2 extra está a reter mais calor. Já vimos que os satélites encontram menos calor dispersando-se para o espaço exterior da atmosfera terrestre (vide **impressão digital humana #2**). Esta é uma prova directamente observável de que o efeito de aquecimento do CO2 está a aumentar.

Temos confirmação adicional de que o CO2 extra está a reter mais calor através de medições à superfície (vide **Impressão digital humana #4**). Com menos calor a dispersar-se para o espaço, mais calor está a retornar

à superfície terrestre. À superfície, estamos a observar mais radiação infravermelha devolvida em direcção à Terra pela atmosfera.

A Humanidade emite mais de 30 mil milhões de toneladas de dióxido de carbono para a atmosfera todos os anos. À medida que adicionamos mais CO2 à atmosfera, ela retém mais calor.

E então o argumento de que o efeito do CO2 está saturado? Este é baseado na noção errónea de que a nossa atmosfera é uma camada única de CO2 bloqueando o calor como uma persiana. Na realidade, a nossa atmosfera é composta de muitas camadas e cada uma delas irradia calor.

Quando juntamos mais CO2 no ar, este mistura-se pela atmosfera incluindo as camadas superiores. O CO2 a mais nas camadas

superiores da troposfera absorve radiação dos níveis inferiores. De modo que adicionar mais CO2 à atmosfera é aumentar o aquecimento global.

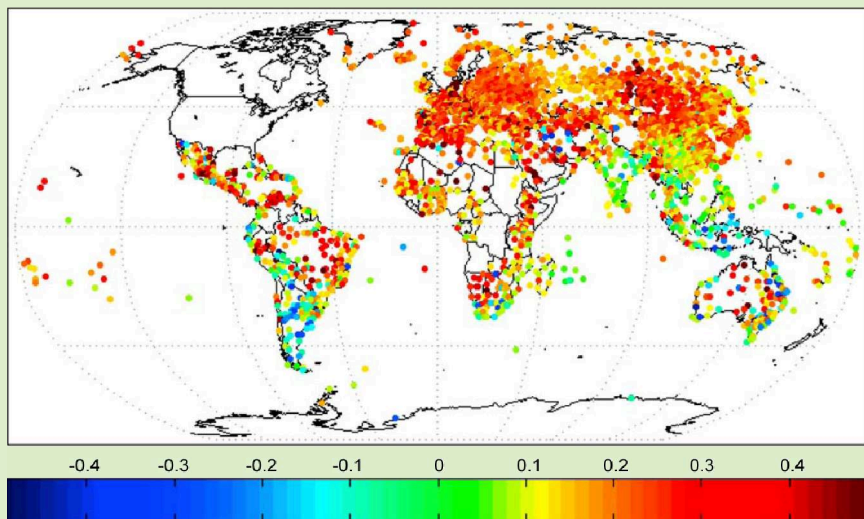
## Impressão digital da Humanidade #4

### Mais calor está a ser devolvido à Terra

Medições à superfície encontram mais calor a regressar à terra, devido a um aumento do efeito de estufa. Quando olhamos com cuidado para o espectro da radiação descendente, podemos determinar quanto cada gás com efeito de estufa está a contribuir para o efeito de aquecimento. Destes resultados, foi concluído:

*"Estes dados experimentais deveriam efectivamente acabar com o argumento dos cépticos de que não existem provas empíricas para a ligação entre o aumento dos gases com efeito de estufa na atmosfera e o aquecimento global."*

#### Tendência na radiação infravermelha descendente



Watts per square metre per year

(Wang et al 2009)

O caso para o aquecimento global de origem antropogénica está baseado em múltiplas linhas independentes de evidência. O cepticismo em relação ao aquecimento global focaliza-se frequentemente em pequenas peças do "puzzle" ao mesmo tempo que rejeita a quadro mais global.

O nosso clima está a mudar e nós somos a causa principal através das nossas emissões de gases com efeito de estufa. Os factos sobre as alterações climáticas são essenciais para se compreender o mundo à nossa volta, e para tomarmos decisões informadas sobre o futuro.



Para mais informação, visite:

 **Skeptical Science**  
[www.skepticalscience.com](http://www.skepticalscience.com)



**THE UNIVERSITY OF  
WESTERN AUSTRALIA**  
*Achieving International Excellence*  
[www.climatecsciencewa.org](http://www.climatecsciencewa.org)