

---

O

# **Guia Científico**

do Ceticismo quanto  
ao Aquecimento Global



**John Cook**  
[skepticalscience.com](http://skepticalscience.com)

---

---

## Agradecimentos

*O Guia Científico do Ceticismo quanto ao Aquecimento Global* foi escrito por John Cook do [skepticalscience.com](http://skepticalscience.com). Agradecimentos às pessoas abaixo que comentaram e contribuíram com este documento:

- Dr. John Abraham, Associate Professor of Engineering, University of St. Thomas, St. Paul, Minnesota
- Paul Beckwith, Laboratory for paleoclimatology and climatology, Department of Geography, University of Ottawa, Canada
- Prof. Andrew Dessler, Department of Atmospheric Science, Texas A&M University
- Prof. Ove Hoegh-Guldberg, Director, Global Change Institute, University of Queensland
- Prof. David Karoly, School of Earth Sciences, University of Melbourne
- Prof. Scott Mandia, Physical Sciences, Suffolk County Community College
- Dana Nuccitelli - Environmental Scientist, Tetra Tech, Inc.
- James Prall, The Edward S. Rogers Sr. Department of Electrical and Computer Engineering, University of Toronto
- Dr. John Price, [www.grandkidzfuture.com](http://www.grandkidzfuture.com)
- Corinne Le Quéré, Professor of Environmental Sciences, University of East Anglia, UK
- Prof. Peter Reich, Sr. Chair in Forest Ecology and Tree Physiology, University of Minnesota
- Prof. Riccardo Reitano, Department of Physics and Astronomy, University of Catania, Italy
- Prof. Christian Shorey, Geology and Geologic Engineering, Colorado School of Mines
- Suffolk County Community College MET101 students
- Glenn Tamblyn, B Eng (Mech), Melbourne University, Australia
- Dr. André Viau, Laboratory for paleoclimatology and climatology, Department of Geography, University of Ottawa, Canada
- Dr. Haydn Washington, Environmental Scientist
- Robert Way, Department of Geography, Memorial University of Newfoundland, Canada
- Dr. Ray Weymann, Director Emeritus and Staff Member Emeritus, Carnegie Observatories, Pasadena, California; Member, National Academy of Sciences
- James Wight
- Bärbel Winkler, Germany

Publicado pela primeira vez em dezembro de 2010

Para maiores informações ou para comentar este Guia, visite [www.skepticalscience.com](http://www.skepticalscience.com)

Traduzido por Alexandre Lacerda



O Guia Científico do Ceticismo quanto ao Aquecimento Global foi licenciado no Creative Commons, na modalidade Non-commercial 3.0 Unported. Trechos podem ser reproduzidos contanto que sejam atribuídos ao Skeptical Science, com um link para [www.skepticalscience.com](http://www.skepticalscience.com).

---

## O que significa ser cético?

O ceticismo científico é saudável. Na verdade, a ciência em si é cética. O ceticismo genuíno significa considerar todas as evidências disponíveis antes de se chegar a uma conclusão. Entretanto, quando você observa mais atentamente os argumentos do "ceticismo" quanto às mudanças climáticas, você percebe que, com frequência, o que se tem é uma seleção de fragmentos de evidências, ao mesmo tempo em que se rejeita qualquer dado que não se encaixe no argumento que se quer montar. Isso não é ceticismo. Isso é ignorar os fatos e a ciência.

Este guia examina tanto as evidências de que os seres humanos estão causando o aquecimento global, quanto as maneiras com que os "céticos" do aquecimento global podem enganar apresentando apenas pequenas partes do quebra-cabeça, ao invés de todo o conjunto.



### Parcialidade na seleção de dados

Se alguém selecionar cuidadosamente quais cerejas vai colher para você, ele pode até te convencer de que este é um pé de cerejas azuis.

Mas o que se conclui do conjunto inteiro de evidências?

## Evidências da ação humana nas mudanças climáticas

Cientistas apóiam suas conclusões em evidências, e elas são mais fortes e conclusivas se forem independentes e coerentes entre si. O conjunto das evidências trazidas pelos estudos climatológicos nos mostra várias marcas distintas de que ação humana é causadora das mudanças climáticas.

A análise do tipo de carbono encontrado na atmosfera mostra que ele está aumentando dramaticamente devido à queima de combustíveis fósseis. Medições por satélite e na superfície mostram que este dióxido

de carbono (CO<sub>2</sub>) está aprisionando um calor que, de outra maneira, escaparia para o espaço. Há vários padrões no aquecimento que são consistentes com um efeito estufa intensificado. Toda a estrutura da atmosfera está se modificando.

As evidências de que os seres humanos estão causando o aquecimento global não são baseadas em mera teoria ou modelos de computadores, mas em **várias observações diretas e independentes, feitas no mundo real.**

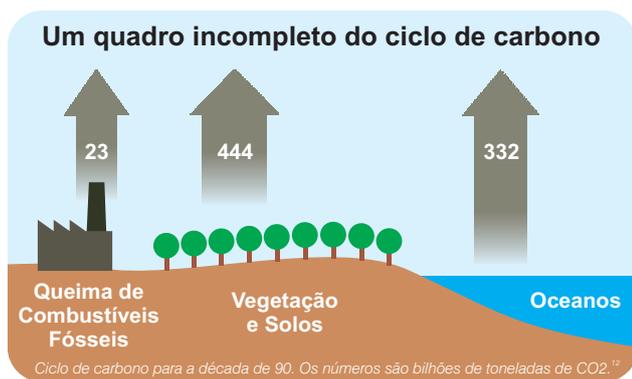
## Evidências da Ação Humana nas Mudanças Climáticas



## Os seres humanos estão aumentando os níveis de CO<sub>2</sub>

Quando você examina os vários argumentos dos "céticos" do aquecimento global, aparece um padrão. Eles tendem a se concentrar em pequenas partes do quebra-cabeça enquanto ignoram o conjunto. Um bom exemplo disso é o argumento de que as emissões humanas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) são minúsculas se comparadas às emissões naturais.

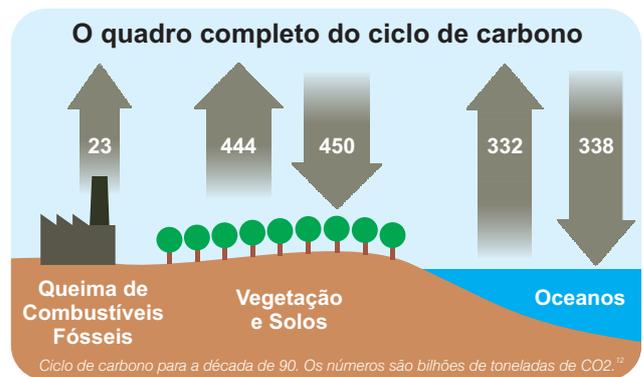
O argumento é assim: todo ano, nós despejamos mais de 20 bilhões de toneladas de CO<sub>2</sub> na atmosfera. As emissões naturais vêm principalmente de plantas exalando CO<sub>2</sub> e da liberação do gás pelos oceanos<sup>11</sup>, somando um total de 776 bilhões de toneladas anuais.<sup>12</sup> Sem um completo entendimento do ciclo de carbono, nossas emissões parecem pequenas comparadas com a parcela natural.



A parte que está faltando nessa história é que a natureza não se limita a emitir CO<sub>2</sub> – ela também o reabsorve através da fotossíntese. Além disso, quantidades gigantescas deste

gás se dissolvem continuamente nos oceanos. A natureza absorve 788 bilhões de toneladas todos os anos, e com isso equilibra, aproximadamente, suas próprias emissões. O que nós fazemos é perturbar este equilíbrio. Enquanto parte do nosso CO<sub>2</sub> é absorvido pelos oceanos e pelas plantas, cerca de metade de nossas emissões permanece no ar.

A quantidade de CO<sub>2</sub> emitida por dia é comparável a 8.000 vazamentos de óleo como o do Golfo do México



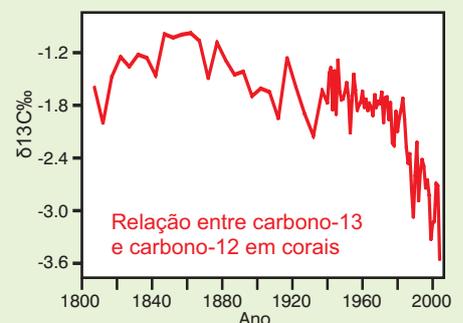
Por causa da queima de nossos combustíveis fósseis, o CO<sub>2</sub> está nos níveis mais altos dos últimos 2 milhões de anos<sup>14</sup>, e ainda está subindo! O argumento de que "as emissões humanas de CO<sub>2</sub> são minúsculas" é enganoso pois conta apenas metade da história.

### Evidência nº1 da Ação Humana A marca dos combustíveis fósseis no ar e nos corais

Há diferentes tipos de carbono no ar, conhecidos como isótopos de carbono. O tipo mais comum é o carbono-12, mais leve, e preferido pelas plantas.

Combustíveis fósseis como carvão ou petróleo vêm de plantas que viveram há milhões de anos. Então, quando os queimamos, nós estamos emitindo mais deste carbono-12 leve, o que deve causar a queda da relação entre o carbono-13 e o carbono-12.

Isso é exatamente o que observamos em medições da atmosfera<sup>5</sup>, em corais<sup>9</sup> e em esponjas marinhas.<sup>15</sup> Portanto, temos evidências fortes de que o aumento do dióxido de carbono no ar está diretamente ligado às emissões humanas.



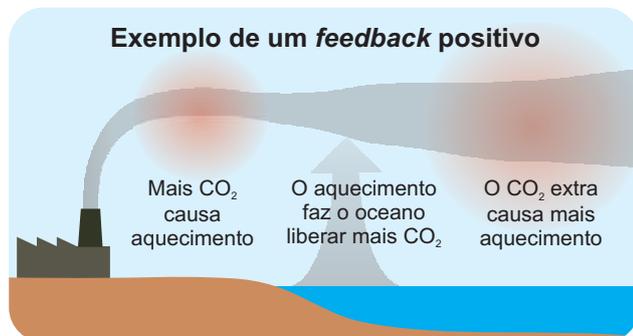
*Medições de <sup>13</sup>C (relação entre o carbono-13 e o carbono-12) feitas na Grande Barreira de Corais.<sup>9</sup>*

# A evidência de que mais CO<sub>2</sub> causa aquecimento

O dióxido de carbono aprisiona radiação infravermelha (comumente conhecida como radiação térmica, ou radiação de onda longa). Isso foi provado em experimentos de laboratório<sup>16</sup> e satélites que encontram menos calor escapando para o espaço ao longo das últimas décadas<sup>4</sup> (veja Evidência nº2 da Ação Humana). Isso é evidência direta de que o aumento do CO<sub>2</sub> está causando aquecimento.<sup>5</sup>



O passado também nos conta outra história interessante. Núcleos de gelo mostram que no passado da Terra, o CO<sub>2</sub> se elevou **depois** do aumento da temperatura. Este “atraso do CO<sub>2</sub>” significa que a temperatura influencia na quantidade de dióxido de carbono do ar. Portanto, o aquecimento provoca aumento de CO<sub>2</sub>, e mais CO<sub>2</sub> provoca aquecimento. Junte os dois e você tem uma realimentação positiva, ou *feedback* positivo. *Feedbacks* positivos ou negativos não significam necessariamente algo bom ou ruim. *Feedbacks* positivos intensificam qualquer mudança climática que esteja em curso, enquanto os *feedbacks* negativos a enfraquecem.



No passado, quando o clima se aqueceu devido a mudanças na órbita da Terra, isso fez com que os oceanos liberassem mais CO<sub>2</sub> na atmosfera resultando nos seguintes efeitos:

- O CO<sub>2</sub> extra na atmosfera amplificou o aquecimento original, o que caracteriza o *feedback* positivo.
- O CO<sub>2</sub> extra se espalhou pela atmosfera, estendendo o aquecimento por efeito estufa por todo o globo.<sup>17,18</sup>

Os registros dos núcleos de gelo são inteiramente consistentes com o efeito de aquecimento do CO<sub>2</sub>. Na verdade, o aquecimento dramático que ocorre quando o planeta sai de uma Era do Gelo não pode ser explicado sem o *feedback* do CO<sub>2</sub>. O atraso observado do aumento da temperatura em relação ao CO<sub>2</sub> não refuta seu efeito de aquecimento. Ao contrário, ele é evidência de seu *feedback* positivo.

## Evidência nº2 da Ação Humana

### Menos calor escapando para o espaço

Satélites medem a radiação infravermelha que sai para o espaço, observando assim com clareza o efeito estufa. Uma comparação entre os dados dos satélites de 1970 e 1996 verificou que há menos energia escapando para o espaço nos comprimentos de onda em que os gases estufa absorvem energia. Pesquisadores descreveram este resultado como “*evidência experimental direta de um aumento significativo do efeito estufa da Terra*”.<sup>4</sup>

Desde então, isso foi confirmado por medições subsequentes de vários satélites diferentes.<sup>19,20</sup>

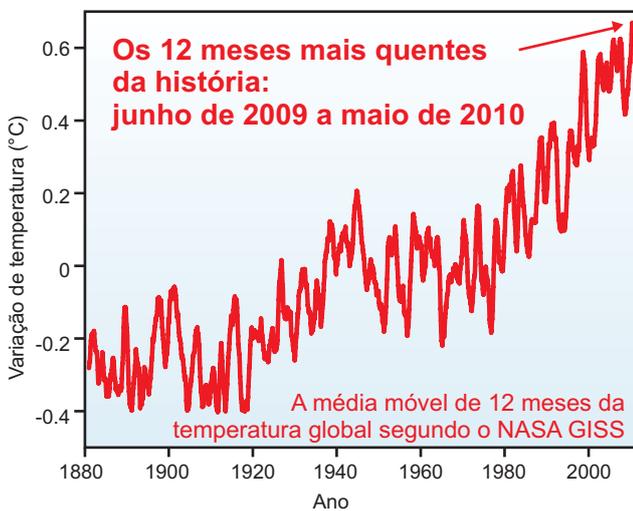


Mudança no espectro da radiação de onda longa emergente entre 1970 e 1996 devido ao aumento dos gases estufa. Valores negativos significam menos calor saindo.<sup>4</sup>

# A evidência de que o planeta está se aquecendo

Existe um argumento “cético” que é tão enganoso, que precisa de três níveis diferentes de parcialidade na seleção de dados. É o argumento de que “o aquecimento parou em 1998”.

A primeira parcialidade na seleção de dados é que ele se apóia em registros de temperatura que não cobrem todo o planeta, como os dados do Hadley Centre no Reino Unido.<sup>21</sup> Seus registros não incluem o Ártico, onde está ocorrendo o aquecimento mais rápido.<sup>22</sup> Registros cobrindo todo o planeta mostram que o ano mais quente da história foi 2005. Os 12 meses mais quentes foram de junho de 2009 a maio de 2010.<sup>23</sup>

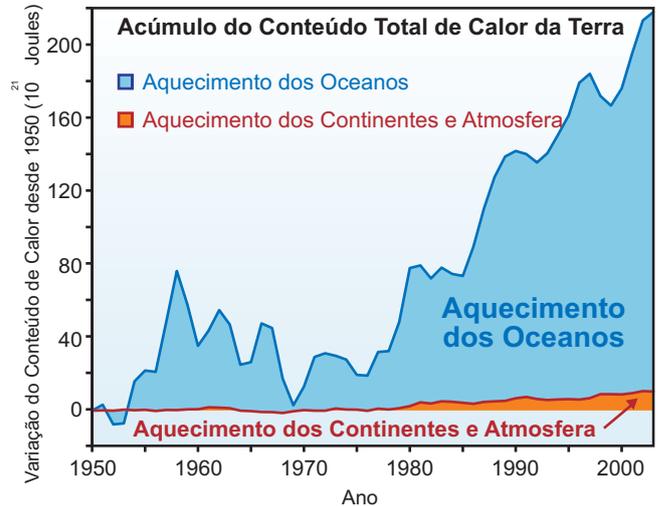


Média móvel de 12 meses das variações da temperatura global.<sup>24</sup>

A segunda parcialidade é calcular uma tendência de longo prazo baseada na escolha cuidadosa dos anos de início e fim. Ciclos oceânicos como o El Niño causam gigantescas trocas de calor entre a atmosfera e os oceanos, e assim a temperatura de superfície varia muito para cima e para baixo de um ano para o outro. Para se calcular a tendência de longo prazo, cientistas usam técnicas como médias móveis de temperatura ou regressões lineares que levam em consideração **todos os dados**. Estes mostram que a temperatura continuou a subir depois de 1998.<sup>23,25</sup>

A terceira parcialidade na seleção de dados é tomar apenas a temperatura de superfície, que é uma medida de temperatura atmosférica. Mais de 80% da energia retida pelo efeito estufa intensificado vai para o aquecimento dos oceanos. Para descobrir se o aquecimento global continuou depois de 1998, observe todo o calor que tem se acumulado no sistema climático. Quando somamos o calor

indo para os oceanos, os continentes, o ar e ainda o calor latente do derretimento do gelo, vemos que o planeta continua a acumular calor.<sup>26</sup>

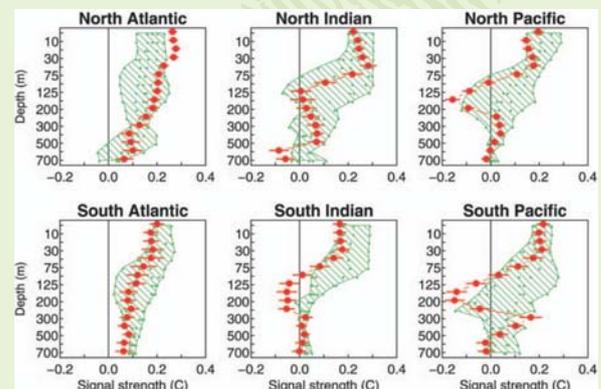


Calor acumulado da Terra desde 1950.<sup>26</sup> A taxa de acúmulo de calor desde 1970 tem a energia equivalente a 2,5 bombas de Hiroshima por segundo.<sup>27</sup>

## Evidência nº3 da Ação Humana

### O padrão de aquecimento dos oceanos

Os oceanos do mundo têm acumulado calor pelos últimos 40 anos. O padrão que se observa no aquecimento dos oceanos pode apenas ser explicado pelo aquecimento por efeito estufa.<sup>10</sup>



Temperatura oceânica observada (vermelho) comparada com os resultados dos modelos que incluem aquecimento por efeito estufa (verde).<sup>10</sup>

## Mais evidências da realidade do aquecimento global

Alguns afirmam que muito do aquecimento global medido é devido a estações meteorológicas posicionadas perto de saídas de ar condicionado ou estacionamentos. Sabemos que isso não é verdade por vários motivos. Podemos comparar temperaturas de estações meteorológicas bem localizadas com aquelas mal localizadas. Ambas mostram o mesmo aquecimento.<sup>28</sup>

Outra maneira de se verificar as medições dos termômetros é compará-los com os dados dos satélites. Medições por satélites mostram uma taxa similar de aquecimento.<sup>29</sup> Isso confirma que os termômetros estão nos dando um retrato correto da realidade.

Além dos registros de temperatura, temos um grande conjunto de observações em vários sistemas diferentes que são consistentes com um mundo que se aquece. Mantos de gelo estão se derretendo e perdendo bilhões de toneladas de gelo a cada ano.<sup>30</sup> O nível do mar está subindo cada vez mais rápido.<sup>31</sup> Espécies estão se deslocando em direção aos pólos e geleiras estão recuando (ameaçando o fornecimento de água a muitos milhões de pessoas).<sup>32,33</sup>

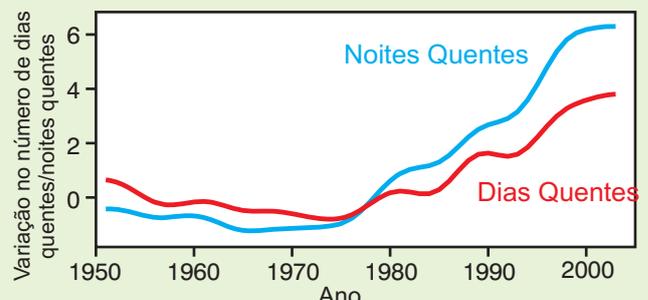
Para compreender adequadamente o clima, temos que examinar todas as evidências. O que vemos são várias observações independentes apontando para a mesma conclusão – o aquecimento global está acontecendo.



Parmesan & Yohe 2003<sup>32</sup>, NOAA<sup>34</sup>

### Evidência nº4 da Ação Humana Aquecimento observado mais nas noites do que nos dias

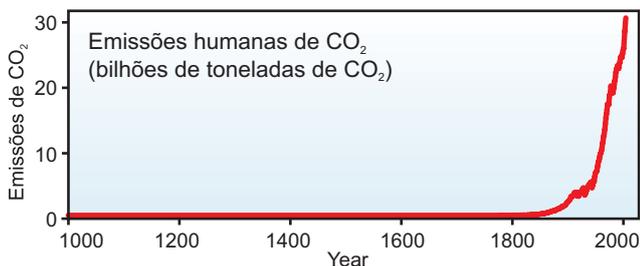
Um efeito estufa mais intenso implicaria que as noites deveriam se aquecer mais rápido que os dias. Durante o dia, o sol aquece a superfície da Terra. À noite, a superfície se resfria irradiando calor para o espaço. Os gases estufa tornam esse processo mais lento. Se o aquecimento fosse causado pelo sol, nós teríamos uma tendência mais forte de aquecimento durante o dia. Ao invés disso, o que observamos é o número de noites quentes aumentando mais rápido que o número de dias quentes.<sup>6</sup>



Variação de longo prazo no número anual de dias quentes (vermelho) e noites quentes (azul). Quente é definido aqui como os 10% mais quentes do período estudado.<sup>6</sup>

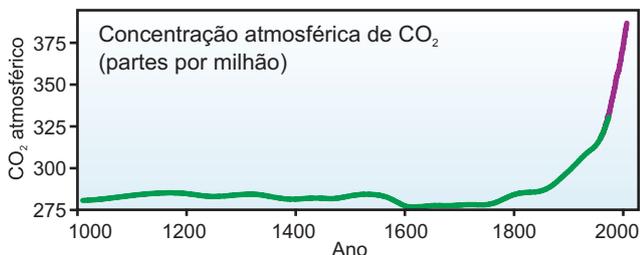
## Taco de hóquei ou time de hóquei?

O “taco de hóquei” é o apelido que se deu a uma reconstrução de temperatura que abrange todo o último milênio.<sup>35</sup> O aquecimento abrupto dos tempos recentes formou a ponta do taco, virada para cima. Entretanto, vários tacos de hóquei foram encontrados na climatologia. A quantidade de CO<sub>2</sub> emitida pela humanidade, principalmente pela queima de combustíveis fósseis, tem uma forma evidente de taco de hóquei nos últimos 1000 anos.



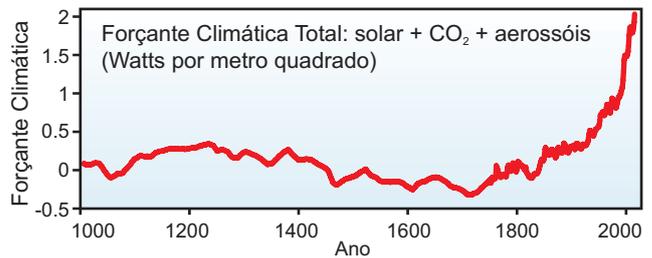
Emissões totais anuais de CO<sub>2</sub> (bilhões de toneladas)<sup>11</sup>

O aumento dramático das emissões de CO<sub>2</sub> coincide com uma subida íngreme da concentração atmosférica de CO<sub>2</sub>, que atingiu agora níveis inéditos nos últimos 2 milhões de anos, pelo menos.<sup>14</sup>



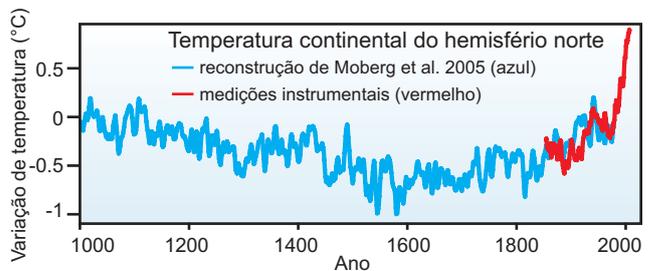
Níveis de CO<sub>2</sub> (partes por milhão) nos núcleos de gelo do Law Dome, Antártica Oriental (verde)<sup>36</sup> e medições diretas de Mauna Loa, Havaí, EUA (roxo)<sup>37</sup>

Forçantes climáticas são uma mudança no equilíbrio energético do planeta – quando nosso clima acumula ou perde calor. Vários fatores causam estas mudanças, como variações na atividade solar, aerossóis (pequenas partículas suspensas no ar), mudanças na órbita da Terra e CO<sub>2</sub>. Pelos últimos 1000 anos, o que comandou as mudanças climáticas de longo prazo foram o sol, aerossóis e o CO<sub>2</sub>. A forçante resultante desses fatores **combinados** mostram uma figura familiar.



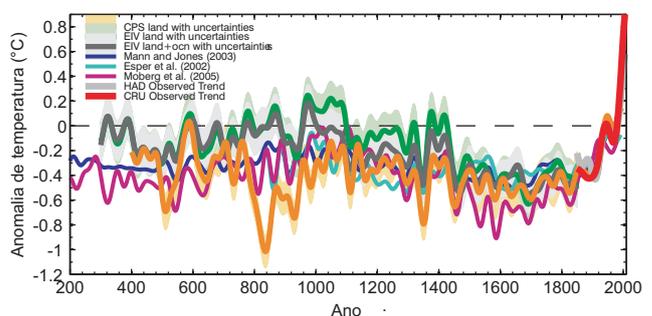
Total das forçantes climáticas incluindo variações solares, CO<sub>2</sub> e aerossóis – os efeitos de curto prazo dos vulcões estão omitidos.<sup>38</sup>

Isso mostra que nosso clima tem acumulado calor nos últimos tempos. Pode-se ver o aquecimento correspondente:



Reconstrução de temperatura do hemisfério norte (azul)<sup>39</sup> mais medições instrumentais da temperatura continental do hemisfério norte (vermelho média móvel de 5 anos).<sup>21</sup>

Durante a última década, vários estudos independentes reconstruíram a temperatura dos últimos 1800 anos, usando uma grande variedade de dados, bem como diferentes técnicas de análise.<sup>40</sup>



Várias reconstruções de temperatura do hemisfério norte.<sup>40</sup>

Todos estes tacos de hóquei contam uma história semelhante e consistente – os seres humanos causaram um distúrbio profundo e rápido no nosso clima.

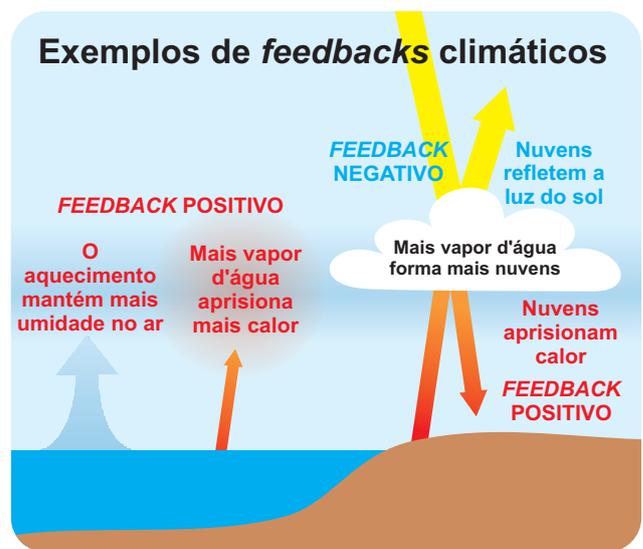
## O que as mudanças climáticas do passado nos mostram?

Um argumento “cético” comum é que “o clima mudou naturalmente no passado, e portanto o aquecimento global recente não pode ser causado pelos seres humanos”. Este argumento é como dizer “já houve queimadas em florestas que ocorreram naturalmente no passado, então qualquer queimada recente não pode ter sido causada pelos seres humanos”.

Os cientistas sabem que o clima variou no passado. Na verdade, o passado nos dá pistas fundamentais sobre como nosso planeta responde aos vários fatores determinantes do clima. Podemos ver o que acontece quando a Terra acumula calor, seja por maior incidência da luz solar, seja por maior concentração de gases estufa. A principal descoberta que fazemos ao examinarmos os diferentes períodos da história de nosso planeta é que *feedbacks* positivos amplificam qualquer aquecimento inicial.<sup>41</sup>

É por isso que o clima mudou tão dramaticamente no passado. *Feedbacks* positivos tomam qualquer variação de temperatura e a amplificam. *Feedbacks* são o motivo de nosso planeta ser tão sensível aos gases estufa, dos quais o CO<sub>2</sub> é o mais importante fator causador de mudanças climáticas.<sup>42</sup>

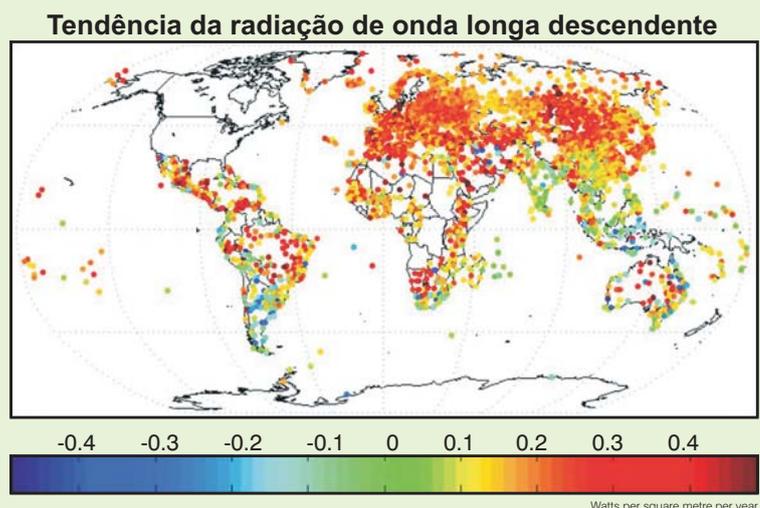
Portanto, é uma grande ironia que as mudanças climáticas passadas sejam evocadas para refutar a influência humana no aquecimento global. A literatura científica, na verdade, chega à conclusão oposta. As mudanças climáticas do passado fornecem evidências fortes dos *feedbacks* positivos que amplificam o aquecimento causado por nossas emissões de CO<sub>2</sub>.



### Evidência nº5 da Ação Humana Mais calor está retornando para a superfície

Um efeito estufa mais intenso implica que nós deveríamos ver mais radiação de onda longa descendente (voltando da atmosfera para a superfície da Terra). Isso foi observado diretamente. Quando examinamos mais atentamente o espectro desta radiação para baixo, podemos calcular quanto cada gás estufa contribui para o aquecimento. Destes resultados, concluiu-se:

*“Estes dados experimentais devem efetivamente encerrar a discussão de céticos de que não haveria evidência experimental da conexão entre o aumento de gases estufa na atmosfera e o aquecimento global.”*<sup>8</sup>



Tendência da radiação de onda longa descendente de 1973 a 2008. A América do Norte está em branco porque os dados desta região não abrangem todo o período de 1973 a 2008.<sup>43</sup>

## Qual a sensibilidade do nosso clima?

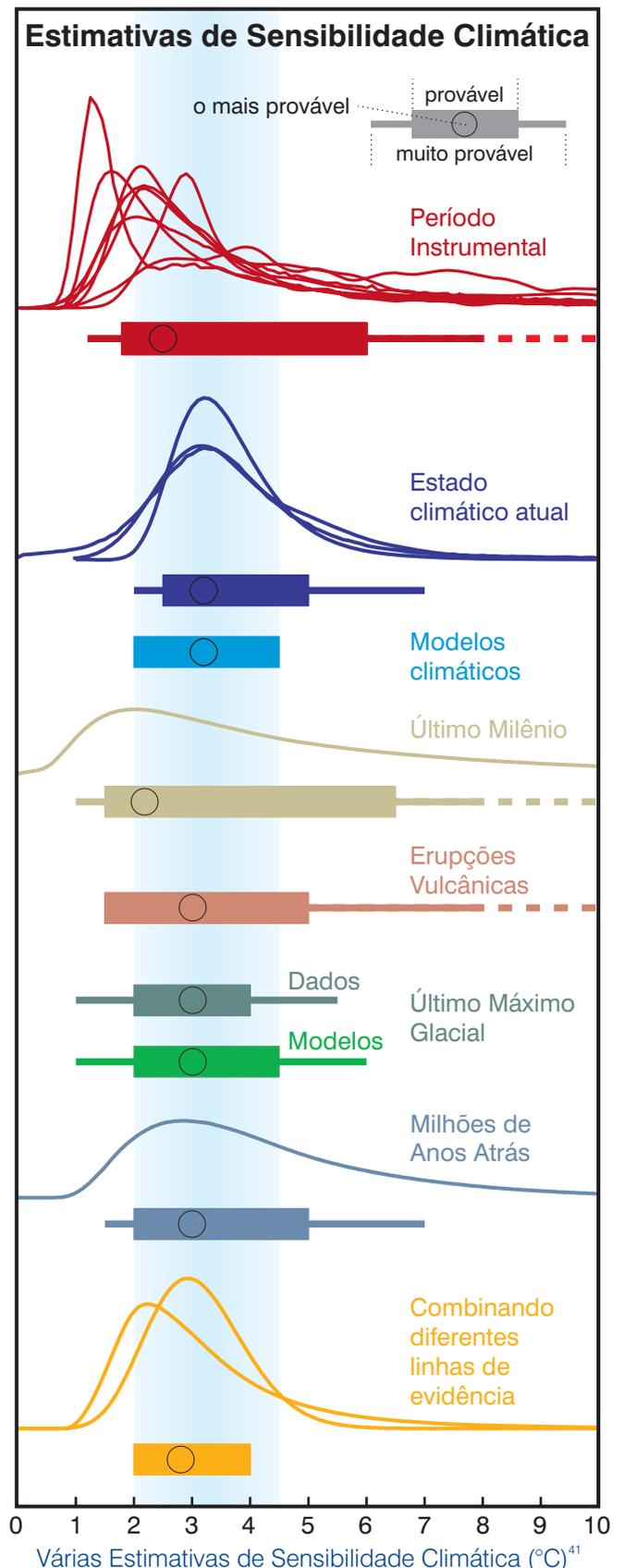
A sensibilidade climática é a medida de quanto a temperatura global aumenta se dobrarmos a concentração de CO<sub>2</sub>. É pacífico que o aquecimento direto decorrente do dobro de CO<sub>2</sub> (assumindo, hipoteticamente, que não haja *feedbacks* climáticos) é de cerca de 1,2°C. A grande questão é como os *feedbacks* reagem a este aquecimento inicial. *Feedbacks* positivos amplificam o aquecimento inicial? Ou os *feedbacks* negativos suprimem este aquecimento?

A sensibilidade climática foi determinada usando-se várias técnicas diferentes. Medições instrumentais, leituras por satélites, calor oceânico, erupções vulcânicas, mudanças climáticas passadas e modelos climáticos foram todos examinados para se calcular a reação do clima ao acúmulo de calor. Temos vários estudos independentes cobrindo uma gama de períodos, estudando diferentes aspectos do clima e empregando vários métodos de análise.<sup>41</sup>

Esta variedade de métodos forma um quadro consistente – uma sensibilidade climática entre 2 e 4,5°C, com um valor mais provável de 3°C. Isso significa que *feedbacks* positivos amplificam o aquecimento inicial do CO<sub>2</sub>.

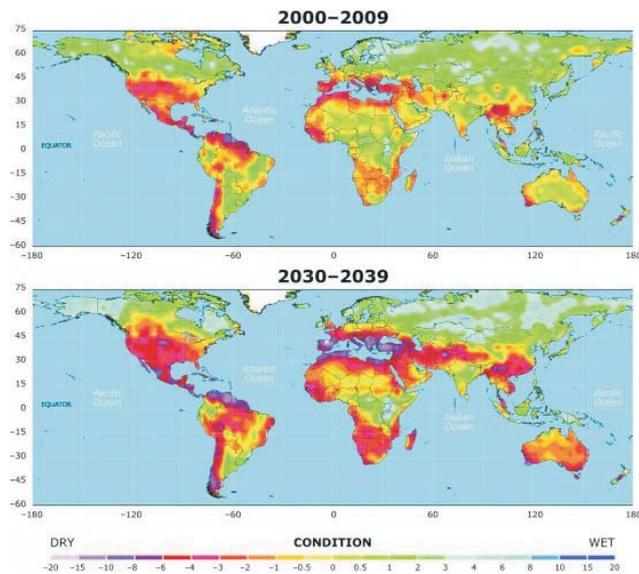
Uns poucos afirmam que a sensibilidade climática é muito menor do que esta, citando um estudo de Lindzen e Choi.<sup>44</sup> Este estudo usa medições de satélite e radiação de onda longa emergente sugerindo forte *feedback* negativo. Entretanto, ele examina apenas dados dos trópicos. Os trópicos não são um sistema fechado – muita energia é trocada entre os trópicos e os subtropicos.<sup>45</sup> Para calcular adequadamente a sensibilidade climática global, são necessárias observações globais. Vários estudos que analisaram dados de satélites quase globais encontraram um *feedback* positivo.<sup>46,47</sup>

Para se compreender adequadamente a sensibilidade climática, é necessário examinar todo o conjunto de evidências. Afirmar que a sensibilidade é baixa baseado num único estudo é ignorar as várias linhas de evidência que encontraram um *feedback* positivo e uma alta sensibilidade climática.



# Impactos do aquecimento global

Afirmar que o aquecimento global será bom para a humanidade é fechar os olhos para os vários impactos negativos. O argumento mais comum nesta linha é que o gás carbônico é “alimento para as plantas”, então emitir CO<sub>2</sub> seria algo bom. Isso ignora o fato de que as plantas precisam de mais do que CO<sub>2</sub> para sobreviver. O efeito do “adubo de CO<sub>2</sub>” é limitado e é rapidamente superado pelos efeitos negativo do stress térmico, seca e poluição, todos estes com expectativa de aumento no futuro.<sup>48,49</sup> Durante o século passado, a severidade das secas aumentou globalmente e é prevista para se intensificar no futuro.<sup>12</sup> Plantas não conseguem aproveitar o CO<sub>2</sub> extra se estiverem morrendo de sede.<sup>50</sup>



*Seca passada e futura, usando o Índice de Severidade de Secas de Palmer. Azul representa condições úmidas, vermelho representa condições secas. Um índice de -4 ou abaixo disso é considerado seca extrema.<sup>51</sup>*

Há muitos impactos de mudanças climáticas que não têm nenhum aspecto positivo. Entre 18 e 35% das espécies animais e vegetais podem estar fadadas à extinção até 2050.<sup>52</sup> Oceanos estão absorvendo muito do CO<sub>2</sub> do ar, o que leva à sua acidificação.<sup>53</sup> É previsto que isso tenha sérios efeitos desestabilizadores em toda a cadeia alimentar oceânica, além dos efeitos negativos do branqueamento de corais por causa do aquecimento da água (um golpe duplo do aquecimento global).<sup>54</sup> Estima-se que um bilhão de pessoas dependam do oceano para

uma parte significativa (>30%) de suas proteínas de origem animal.<sup>55</sup>

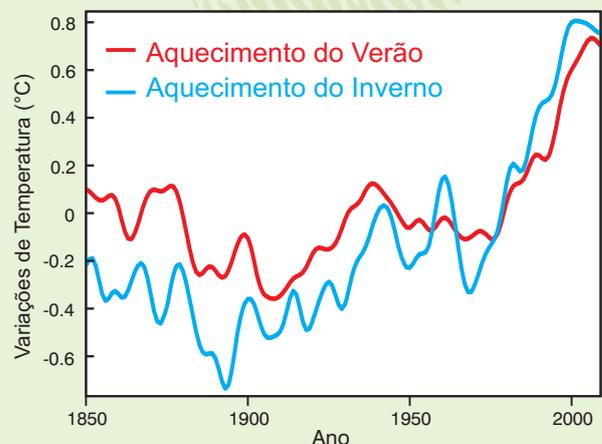
À medida que geleiras e terras cobertas de neve diminuem, diminui também o fornecimento de água para milhões de pessoas que são extremamente dependentes destas fontes de água doce, especialmente para agricultura irrigada.<sup>33</sup> Da mesma maneira, o aumento do nível do mar e a maior ocorrência de tempestades afetarão milhões durante este século quando arrozais forem contaminados por água salgada, água do mar contaminar rios, aquíferos forem poluídos e populações forem deslocadas. Isso forçará muitos milhões de pessoas a se mudarem continente adentro, aumentando o risco de conflito.<sup>56</sup>

Quando alguém diz que o aquecimento global é algo bom, citando impactos positivos isolados, lembre-se que o conjunto de evidências como um todo indica que os efeitos negativos superam em muito os positivos.

## Evidência nº6 da Ação Humana

### Aquecimento observado mais no inverno que no verão

Conforme o aquecimento por efeito estufa aumenta, prevê-se que os invernos se aqueçam mais rápido que os verões. Isso acontece porque o efeito estufa tem um efeito maior no inverno. É isso que se observa nos registros instrumentais.<sup>7,68</sup>



*Variações de temperatura em média móvel para o inverno e verão, média apenas continental, de 1850 a 2009.<sup>21</sup>*

## Matando o mensageiro

Em novembro de 2009, os servidores de emails da Universidade de East Anglia (Reino Unido) foram atacados por hackers e emails foram roubados. Quando uma seleção de emails trocados por climatologistas foram publicados na internet, alguns trechos sugestivos foram tirados de contexto e interpretados como se revelassem que o aquecimento global fosse apenas uma conspiração. Alguns chamaram isso de "Climategate". Para determinar se havia algo errado, houve seis investigações

*"... nenhuma evidência de qualquer má-conduta científica deliberada em qualquer dos trabalhos da Unidade de Pesquisas Climáticas."*

UNIVERSIDADE DE EAST ANGLIA, EM CONSULTA À REAL SOCIEDADE BRITÂNICA<sup>58</sup>

independentes na Inglaterra e Estados Unidos para examinar os emails roubados. Todas as investigações inocentaram os cientistas de qualquer má conduta.<sup>57,58,59,60,61,62</sup>

O email mais citado foi o de Phil Jones, com um trecho que mencionava "esconder o declínio", e é frequentemente mal-interpretado. O "declínio" refere-se, na verdade, a um declínio no crescimento de anéis de árvores desde os

anos 60. Como o crescimento das árvores é afetado pela temperatura, as larguras dos anéis formados anualmente nos troncos correspondem bastante às medições dos termômetros no passado. Entretanto, os mesmos anéis de árvores divergem dos termômetros depois de 1960. Esta questão foi abertamente discutida na literatura científica já em 1995.<sup>63</sup> Quando você lê o email de Phil Jones no

contexto da ciência, percebe que não é uma conspiração, mas uma discussão técnica dos métodos de análise dos dados inteiramente disponíveis na literatura científica.

É importante colocar os emails roubados na sua devida perspectiva. Trata-se de um pequeno grupo de cientistas discutindo alguns dados climáticos. Mesmo sem estes dados ainda há um conjunto de evidências avassaladoras e consistentes, cuidadosamente compilado por equipes científicas por todo o mundo. Alguns poucos trechos tirados de contexto podem servir para desviar a atenção daqueles que querem se esquivar da realidade física das mudanças climáticas, mas não mudam nada da compreensão científica que temos do papel da humanidade no aquecimento global. O "Climategate" tenta colocar os cientistas na berlinda, e desvia a atenção do que interessa: a ciência.

*"O rigor e honestidade dos cientistas não estão em dúvida."*

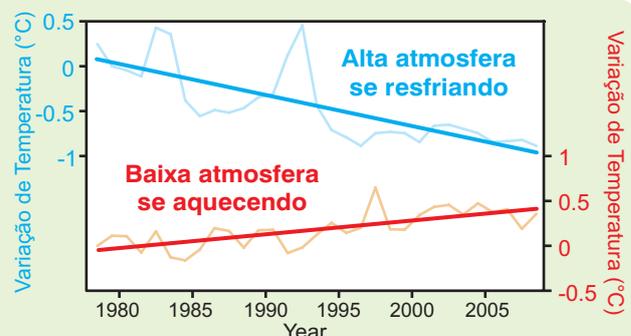
INVESTIGAÇÃO INDEPENDENTE DOS EMAILS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS<sup>59</sup>

*"Não há nenhuma evidência crível de que o Dr. Mann se envolveu, ou participou, direta ou indiretamente, de qualquer ação com intenção de suprimir ou falsificar dados."*

UNIVERSIDADE DO ESTADO DA PENSILVÂNIA<sup>60</sup>

### Evidência nº7 da Ação Humana Resfriamento da alta atmosfera

Conforme os gases estufa aprisionam mais calor na baixa atmosfera, menos calor alcança a alta atmosfera (estratosfera e camadas superiores). Assim, a ciência prevê que o efeito estufa provocaria um aquecimento da atmosfera baixa e um resfriamento da atmosfera alta. Isso foi observado por satélites e balões meteorológicos.<sup>1</sup>



Variações de temperatura (graus centígrados) nas atmosferas alta e baixa, medidas por satélites (RSS).<sup>64</sup>

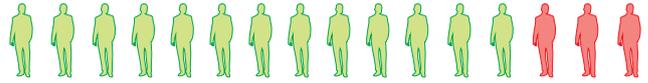
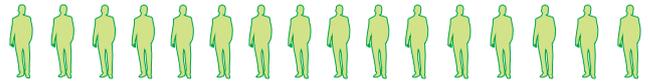
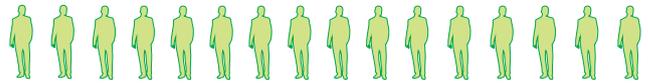
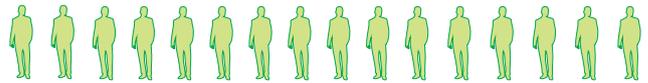
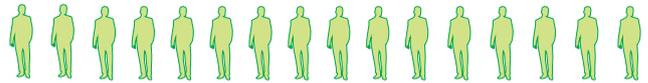
## O consenso científico no aquecimento global

Ocasionalmente, você pode encontrar abaixo-assinados listando cientistas que são céticos quanto ao aquecimento global causado pelos seres humanos. Entretanto, muito poucos dos que assinam estão envolvidos em pesquisas climáticas. Há médicos, zoólogos, físicos e engenheiros, mas muito poucos cuja especialidade seja climatologia.

Então o que pensam os especialistas de verdade? Muitos estudos entrevistaram climatologistas que ativamente publicam estudos científicos em sua área. Todos esses estudos encontraram a mesma resposta – mais de 97% dos especialistas em clima estão convencidos de que os seres humanos estão mudando as temperaturas globais.<sup>65,66</sup>

Isso é confirmado pela literatura científica. Uma pesquisa de todos os estudos publicados entre 1993 e 2003 com o tema “mudanças climáticas globais” descobriu que, dentre os 928 estudos publicados, **não havia um sequer** que rejeitasse o consenso de que as atividades humanas estão causando o aquecimento global.<sup>67</sup>

Mais de 97% dos especialistas em clima consideram que os seres humanos estão causando o aquecimento global



## O consenso das evidências

A afirmação de que o aquecimento global é causado por humanos não é baseada em enquetes, mas sim em observações diretas. Linhas de evidências múltiplas e independentes, todas apontando para a mesma resposta.

Há um consenso de evidências de que os seres humanos estão aumentando o nível de dióxido de carbono na atmosfera. Isso é confirmado medindo-se o tipo de carbono do ar. O que vemos é que mais desse carbono está vindo de combustíveis fósseis.

Há um consenso de evidências de que o aumento de CO<sub>2</sub> está causando aquecimento. Satélites medem menos calor escapando para o espaço. Observações de superfície encontram mais calor retornando para a Terra. Isso está acontecendo exatamente nos comprimentos de onda em que o CO<sub>2</sub> aprisiona calor – uma evidência clara da ação humana.

Não há apenas um consenso de cientistas – há um consenso de evidências

Há um consenso de evidências de que o aquecimento global está acontecendo. Termômetros e satélites medem a mesma tendência de aquecimento. Outros sinais de aquecimento são encontrados por todo o

planeta – mantos de gelo diminuindo, geleiras recuando, aumento do nível do mar e estações do ano se deslocando.

O padrão de aquecimento mostra as marcas de um efeito estufa intensificado. Noites se aquecendo mais rápido que dias. Invernos se aquecendo mais rápido que verões. Baixa atmosfera se aquecendo enquanto a alta atmosfera está se resfriando.

Na questão de se atribuir a causa das mudanças climáticas, não há apenas um consenso de cientistas apontando para os seres humanos como causadores – há um consenso de evidências.

---

## Referências

1. Jones, G., Tett, S. & Stott, P. (2003): Causes of atmospheric temperature change 1960-2000: A combined attribution analysis. *Geophysical Research Letters*, 30, 1228
2. Laštovička, J., Akmaev, R. A., Beig, G., Bremer, J., and Emmert, J. T. (2006). Global Change in the Upper Atmosphere. *Science*, 314(5803):1253-1254.
3. Santer, B. D., Wehner, M. F., Wigley, T. M. L., Sausen, R., Meehl, G. A., Taylor, K. E., Ammann, C., Arblaster, J., Washington, W. M., Boyle, J. S., and Braggemann, W. (2003). Contributions of Anthropogenic and Natural Forcing to Recent Tropopause Height Changes. *Science*, 301(5632):479-483.
4. Harries, J. E., et al (2001). Increases in greenhouse forcing inferred from the outgoing longwave radiation spectra of the Earth in 1970 and 1997. *Nature*, 410, 355-357.
5. Manning, A.C., Keeling, R.F. (2006). Global oceanic and land biotic carbon sinks from the Scripps atmospheric oxygen flask sampling network. *Tellus*. 58:95–116.
6. Alexander, L. V., Zhang, X., Peterson, T. C., Caesar, J., Gleason, B., Tank, A. M. G. K., Haylock, M., Collins, D., Trewin, B., Rahimzadeh, F., Tagipour, A., Kumar, K. R., Revadekar, J., Griffiths, G., Vincent, L., Stephenson, D. B., Burn, J., Aguilar, E., Brunet, M., Taylor, M., New, M., Zhai, P., Rusticucci, M., and Vazquez-Aguirre, J. L. (2006). Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *Journal of Geophysical Research*, 111(D5):D05109+.
7. Braganza, K., D. Karoly, T. Hirst, M. E. Mann, P. Stott, R. J. Stouffer, and S. Tett (2003), Indices of global climate variability and change: Part I—Variability and correlation structure, *Clim. Dyn.*, 20, 491–502.
8. Evans W. F. J., Puckrin E. (2006), Measurements of the Radiative Surface Forcing of Climate, P1.7, AMS 18th Conference on Climate Variability and Change.
9. Wei, G., McCulloch, M. T., Mortimer, G., Deng, W., and Xie, L., (2009), Evidence for ocean acidification in the Great Barrier Reef of Australia, *Geochim. Cosmochim. Ac.*, 73, 2332–2346.
10. Barnett, T. P., Pierce, D. W., Achutarao, K. M., Gleckler, P. J., Santer, B. D., Gregory, J. M., and Washington, W. M. (2005), Penetration of Human-Induced Warming into the World's Oceans. *Science*, 309(5732):284-287.
11. Boden, T.A., G. Marland, and R.J. Andres. (2009). Global, Regional, and National Fossil-Fuel CO<sub>2</sub> Emissions. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A. doi 10.3334/CDIAC/00001
12. IPCC, (2007). Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (AR4). S. Solomon et al. eds (Cambridge University Press, Cambridge, UK & New York, NY, USA).
13. Mandia, S. (2010), And You Think the Oil Spill is Bad?, <http://profmandia.wordpress.com/2010/06/17/and-you-think-the-oil-spill-is-bad/>
14. Tripathi, A. K., Roberts, C. D., Eagle, R. A., (2009), Coupling of CO<sub>2</sub> and ice sheet stability over major climate transitions of the last 20 million years. *Science* 326 (5958), 1394-1397.
15. Swart, P. K., L. Greer, B. E. Rosenheim, C. S. Moses, A. J. Waite, A. Winter, R. E. Dodge, and K. Helmle (2010), The 13C Suess effect in scleractinian corals mirror changes in the anthropogenic CO<sub>2</sub> inventory of the surface oceans, *Geophys. Res. Lett.*, 37, L05604, doi:10.1029/2009GL041397.
16. Burch, D. E., (1970), Investigation of the absorption of infrared radiation by atmospheric gases. *Semi-Annual Tech. Rep.*, AFCRL, publication U-4784.
17. Cuffey, K. M., and F. Vimeux (2001), Covariation of carbon dioxide and temperature from the Vostok ice core after deuterium-excess correction, *Nature*, 412, 523–527.
18. Caillon N, Severinghaus J.P, Jouzel J, Barnola J.M, Kang J, Lipenkov V.Y (2003), Timing of atmospheric CO<sub>2</sub> and Antarctic temperature changes across Termination III. *Science*. 299, 1728–1731.
19. Griggs, J. A., Harries, J. E. (2004). Comparison of spectrally resolved outgoing longwave data between 1970 and present, *Proc. SPIE*, Vol. 5543, 164.
20. Chen, C., Harries, J., Brindley, H., & Ringer, M. (2007). Spectral signatures of climate change in the Earth's infrared spectrum between 1970 and 2006. Retrieved October 13, 2009, from European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites (EUMETSAT) Web site: [http://www.eumetsat.eu/Home/Main/Publications/Conference\\_and\\_Works\\_hop\\_Proceedings/groups/cps/documents/document/pdf\\_conf\\_p50\\_s9\\_01\\_harries\\_v.pdf](http://www.eumetsat.eu/Home/Main/Publications/Conference_and_Works_hop_Proceedings/groups/cps/documents/document/pdf_conf_p50_s9_01_harries_v.pdf) . Talk given to the 15th American Meteorological Society (AMS) Satellite Meteorology and Oceanography Conference, Amsterdam, Sept 2007
21. HadCRUT3 global monthly surface air temperatures since 1850. <http://hadobs.metoffice.com/hadcrut3/index.html>
22. Simmons, A. J., K. M. Willett, P. D. Jones, P. W. Thorne, and D. P. Dee (2010), Low-frequency variations in surface atmospheric humidity, temperature, and precipitation: Inferences from reanalyses and monthly gridded observational data sets, *J. Geophys. Res.*, 115, D01110, doi:10.1029/2009JD012442.
23. Hansen, J., Ruedy, R., Sato, M., Lo, K., (2010), *Rev. Geophys.*, doi:10.1029/2010RG000345, in press
24. NASA GISS GLOBAL Land-Ocean Temperature Index, (2010), <http://data.giss.nasa.gov/gistemp/tabledata/GLB.Ts+dSST.txt>
25. Fawcett, R., Jones, D. (2008), Waiting for Global Cooling, *Australian Science Medical Centre*, <http://www.aussmc.org/documents/waiting-for-global-cooling.pdf>
26. Murphy, D. M., S. Solomon, R. W. Portmann, K. H. Rosenlof, P. M. Forster, and T. Wong, (2009), An observationally based energy balance for the Earth since 1950. *J. Geophys. Res.*, 114, D17107+. Figure redrawn on data from this paper supplied by Murphy
27. Malik, J., (1985). The Yields of the Hiroshima and Nagasaki Nuclear Explosions, *Los Alamos, New Mexico: Los Alamos National Laboratory*, LA-8819.
28. Menne, M. J., C. N. Williams Jr., and M. A. Palecki (2010), On the reliability of the U.S. surface temperature record, *J. Geophys. Res.*, 115, D11108
29. Karl, T. R., Hassol, S. J., Miller, C. D. and Murray, W. L. (2006). Temperature Trends in the Lower Atmosphere: Steps for Understanding and Reconciling Differences. *A Report by the Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research*, Washington, DC.
30. Velicogna, I. (2009). 'Increasing rates of ice mass loss from the Greenland and Antarctic ice sheets revealed by GRACE', *Geophys. Res. Lett.*, 36
31. Church, J., White, N., Aarup, T., Wilson, W., Woodworth, P., Domingues, C., Hunter, J. and Lambeck, K. (2008). Understanding global sea levels: past, present and future. *Sustainability Science*, 3(1), 922.
32. Parmesan, C., Yohe, G. (2003), A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature*, 421 (6918), 37-42.
33. Immerzeel, W. W., van Beek, L. P. H., and Bierkens, M. F. P. (2010). Climate change will affect the Asian water towers. *Science*, 328(5984):1382-1385

34. NOAA National Climatic Data Center, State of the Climate: Global Analysis for September 2010, published online October 2010, retrieved on October 30, 2010 from <http://www.ncdc.noaa.gov/bams-state-of-the-climate/2009.php>
35. Mann, M., Bradley, R. and Hughes, M. (1998), Global-Scale Temperature Patterns and Climate Forcing Over the Past Six Centuries, *Nature*, 392:779-787
36. Etheridge, D.M., Steele, L.P., Langenfelds, R.J., Francey, R.L., Barnola, J.-M. and Morgan, V.I. (1998), Historical CO<sub>2</sub> records from the Law Dome DE08, DE08-2, and DSS ice cores. In Trends: A Compendium of Data on Global Change. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A.
37. Tans, P., (2009), Trends in Atmospheric Carbon Dioxide - Mauna Loa, NOAA/ESRL. [www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends](http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends).
38. Crowley, T.J., (2000), Causes of Climate Change Over the Past 1000 Years, IGBP PAGES/World Data Center for Paleoclimatology Data Contribution Series #2000-045. NOAA/NGDC Paleoclimatology Program, Boulder CO, USA.
39. Moberg, A., et al. (2005), 2,000-Year Northern Hemisphere Temperature Reconstruction. IGBP PAGES/World Data Center for Paleoclimatology Data Contribution Series # 2005-019. NOAA/NGDC Paleoclimatology Program, Boulder CO, USA.
40. Mann, M., Zhang, Z., Hughes, M., Bradley, R., Miller, S., Rutherford, S. and Ni, F. (2008), Proxy-based reconstructions of hemispheric and global surface temperature variations over the past two millennia, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(36):13252-13257
41. Knutti, R., Hegerl, G. C., (2008), The equilibrium sensitivity of the earth's temperature to radiation changes. *Nature Geoscience*, 1 (11), 735-743.
42. Lacis, A. A., Schmidt, G. A., Rind, D., and Ruedy, R. A., (2010). Atmospheric CO<sub>2</sub>: Principal Control Knob Governing Earth's Temperature. *Science*, 330(6002):356-359
43. Wang, K., Liang, S., (2009), Global atmospheric downward longwave radiation over land surface under all-sky conditions from 1973 to 2008. *Journal of Geophysical Research*, 114 (D19).
44. Lindzen, R. S., and Y.-S. Choi (2009), On the determination of climate feedbacks from ERBE data, *Geophys. Res. Lett.*, 36, L16705, doi:10.1029/2009GL039628.
45. Trenberth, K. E., J. T. Fasullo, C. O'Dell, and T. Wong (2010), Relationships between tropical sea surface temperature and top-of-atmosphere radiation, *Geophys. Res. Lett.*, 37, L03702, doi:10.1029/2009GL042314.
46. Murphy, D. M. (2010), Constraining climate sensitivity with linear fits to outgoing radiation, *Geophys. Res. Lett.*, 37, L09704, doi:10.1029/2010GL042911.
47. Chung, E.-S., B. J. Soden, and B.-J. Sohn (2010), Revisiting the determination of climate sensitivity from relationships between surface temperature and radiative fluxes, *Geophys. Res. Lett.*, 37, L10703, doi:10.1029/2010GL043051.
48. Challinor, A. J., Simelton, E. S., Fraser, E. D. G., Hemming, D., and Collins, M., (2010). Increased crop failure due to climate change: assessing adaptation options using models and socio-economic data for wheat in China. *Environmental Research Letters*, 5(3):034012+.
49. Tubiello, F. N., Soussana, J.-F., and Howden, S. M. (2007). Crop and pasture response to climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(50):19686-19690.
50. Zhao, M. and Running, S. W. (2010). Drought-Induced Reduction in Global Terrestrial Net Primary Production from 2000 Through 2009. *Science*, 329(5994):940-943.
51. University Corporation for Atmospheric Research. <http://www2.ucar.edu/news/2904/climate-change-drought-may-threaten-much-globe-within-decades>
52. Thomas, C. D. et al. (2004), Extinction risk from climate change. *Nature*, 427: 145/148.
53. Hoegh-Guldberg, O., Mumby, P. J., Hooten, A. J., Steneck, R. S., Greenfield, P., Gomez, E., Harvell, C. D., Sale, P. F., Edwards, A. J., Caldeira, K., Knowlton, N., Eakin, C. M., Iglesias-Prieto, R., Muthiga, N., Bradbury, R. H., Dubi, A., and Hatzios, M. E. (2007), Coral Reefs Under Rapid Climate Change and Ocean Acidification. *Science*, 318(5857):1737-1742.
54. Hoegh-Guldberg, O. & Bruno, J. (2010). Impacts of climate change on the world's marine ecosystems. *Science*, 328, 1523-1528.
55. Tibbets, J. (2004). The State of the Oceans, Part 1. Eating Away at a Global Food Source. *Environmental Health Perspectives*, 112(5):A282-A291
56. Dasgupta, S., Laplante, B., Meisner, C., Wheeler, D. and Yan, J. (2007) The impact of sea-level rise on developing countries: a comparative analysis, World Bank Policy Research Working Paper No 4136, February
57. Willis, P., Blackman-Woods, R., Boswell, T., Cawsey, I., Dorries, N., Harris, E., Iddon, B., Marsden, G., Naysmith, D., Spink, B., Stewart, I., Stringer, G., Turner, D. and Wilson, R. (2010), The disclosure of climate data from the Climatic Research Unit at the University of East Anglia, *House of Commons Science and Technology Committee*, see: <http://www.publications.parliament.uk/pa/cm200910/cmselect/cmsstech/387/387i.pdf>
58. Oxburgh, R. (2010), Report of the International Panel set up by the University of East Anglia to examine the research of the Climatic Research Unit, see: <http://www.uea.ac.uk/mac/comm/media/press/CRUstatements/SAP>
59. Russell, M., Boulton, G., Clarke, P., Eytton, D. and Norton, J. (2010), The Independent Climate Change E-mails Review. See: <http://www.cce-review.org/pdf/FINAL%20REPORT.pdf>
60. Foley, H., Scaroni, A., Yekel, C. (2010), RA-10 Inquiry Report: Concerning the Allegations of Research Misconduct Against Dr. Michael E. Mann, Department of Meteorology, College of Earth and Mineral Sciences, The Pennsylvania State University. See [http://theprojectonclimatescience.org/wp-content/uploads/2010/04/Findings\\_Mann\\_Inquiry.pdf](http://theprojectonclimatescience.org/wp-content/uploads/2010/04/Findings_Mann_Inquiry.pdf)
61. Secretary of State for Energy and Climate Change, (2010). Government Response to the House of Commons Science and Technology Committee 8th Report of Session 2009-10: The disclosure of climate data from the Climatic Research Unit at the University of East Anglia. See <http://www.official-documents.gov.uk/document/cm79/7934/7934.pdf>
62. Assmann, S., Castleman, W., Irwin, M., Jablonski, N., Vondracek, F., (2010). RA-10 Final Investigation Report Involving Dr. Michael E. Mann. See [http://live.psu.edu/fullimg/userpics/10026/Final\\_Investigation\\_Report.pdf](http://live.psu.edu/fullimg/userpics/10026/Final_Investigation_Report.pdf)
63. Jacoby, G. and D'Arrigo, R. (1995). Tree ring width and density evidence of climatic and potential forest change in Alaska, *Glob. Biogeochem. Cycles*, 9:22734
64. Mears, C., Wentz, F. (2009), Construction of the Remote Sensing Systems V3.2 atmospheric temperature records from the MSU and AMSU microwave sounders. *J. Atmos. Ocean. Tech.*, 26: 1040-1056.
65. Doran, P. and Zimmerman, M. (2009), Examining the Scientific Consensus on Climate Change, *Eos Trans. AGU*, 90(3)
66. Anderegg, W., Prall, J., Harold, J. and Schneider, S. (2010), Expert credibility in climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(27):12107-12109
67. Oreskes, N. (2004), Beyond the ivory tower: the scientific consensus on climate change, *Science*, 306:1686
68. Braganza, K., D. J. Karoly, A. C. Hirst, P. Stott, R. J. Stouffer, and S. F. B. Tett (2004), Simple indices of global climate variability and change: Part II: Attribution of climate change during the twentieth century, *Clim. Dyn.*, 22, 823– 838, doi:10.007/s00382-004-0413-1

---

A afirmação de que o aquecimento global é causado pelos seres humanos é baseada em várias linhas independentes de evidência. O “ceticismo” do aquecimento global muitas vezes se concentra em pequenas peças do quebra-cabeça, ao mesmo tempo em que nega o conjunto de evidências como um todo.

Nosso clima está mudando e nós somos sua principal causa através de nossas emissões de gases estufa. Os fatos sobre as mudanças climáticas são essenciais pra se entender o mundo à nossa volta, e para tomarmos decisões informadas sobre nosso futuro.



Para maiores informações, visite:

