

SEÇÃO ARTIGOS

Interações entre a Atividade Solar e as Influências Antropogênicas no Clima da Terra

Interactions Between Solar Activity and Anthropogenic Influences on Earth's Climate

Interacciones entre la Actividad Solar y las Influencias Antropogénicas en el Clima de la Tierra

DOI: <https://doi.org/10.22409/eg.v12i25.66877>

 [Fernando da Cruz Lima¹](#)

Universidade de São Paulo (USP),

São Paulo, Brasil

e-mail: fernandocruz.lima@hotmail.com

Resumo

Este artigo analisa a variabilidade climática ao longo dos últimos mil anos, com ênfase na contribuição do Sol para o aquecimento global nas últimas décadas. Ao explorar questões históricas e práticas relacionadas ao papel do Sol no clima da Terra, examinando evidências em torno dessa hipótese, argumenta-se que, embora o Sol tenha um papel significativo na variabilidade climática, outros fatores antropogênicos emergem como os principais impulsionadores do aquecimento global recente. Diante disso, os objetivos almejados foram: I) Investigar a contribuição do Sol para a variabilidade climática ao longo do último milênio; II) Avaliar e examinar os principais impulsionadores do aquecimento global recente. Metodologicamente, o estudo adotou uma abordagem qualitativa a fim de proporcionar uma análise detalhada e interpretativa dos fenômenos para compreender essas estruturas. O estudo conclui que, embora o Sol exerça uma influência significativa no clima terrestre por meio de diversos fatores, as ações humanas, em conjunto com os processos naturais, interagem de forma sinérgica e cumulativa, contribuindo para as mudanças climáticas no planeta.

Palavras-Chave

Mudanças Climáticas; Variação Climática; Holoceno; Sol.

¹ Graduado em Turismo pela UNEB. Mestre em Ciências e Tecnologias Ambientais pela UFSB/IFBA, com pesquisa financiada pela FAPESB. Integra o grupo de pesquisa “Direito, Justiça e Mudanças Normativas”. Doutorando em Sustentabilidade pela Escola de Artes Ciências e Humanidades da USP, com foco em políticas públicas e conservação ambiental, com pesquisa financiada pela CAPES.

AO CITAR ESTE TRABALHO, UTILIZAR A SEGUINTE REFERÊNCIA:

LIMA, Fernando da Cruz. Interações entre a Atividade Solar e as Influências Antropogênicas no Clima da Terra. **Ensaios de Geografia**. Niterói, vol. 12, nº 25, e122515, 2025.

Submissão em: 09/03/2025. Aceito em: 22/05/2025.

ISSN: 2316-8544

 Este trabalho está licenciado com uma licença Creative Commons

Ensaios de Geografia

Essays of Geography | POSGEO-UFF

Abstract

This article examines climate variability over the last thousand years, focusing on the Sun's contribution to global warming in recent decades. Through an exploration of historical and practical issues concerning the Sun's influence on the Earth's climate, and an examination of the evidence supporting this theory, the article argues that, while the Sun undoubtedly plays a significant role in climate variability, anthropogenic factors have emerged as the primary drivers of recent global warming. The objectives pursued were: 1) to investigate the Sun's contribution to climate variability over the last millennium, and 2) to evaluate the main drivers of recent global warming. Methodologically, a qualitative approach was adopted to provide a detailed, interpretative analysis of the phenomena and understand these structures. The study concludes that, while the Sun exerts a significant influence on the Earth's climate through various factors, human actions interact synergistically and cumulatively with natural processes to contribute to climate change on the planet.

Keywords

Climate Change; Climate Variability; Holocene; Sun.

Resumen

Este artículo examina la variabilidad del clima en los últimos mil años, centrándose en la contribución del Sol al calentamiento global en las últimas décadas. Mediante una exploración de cuestiones históricas y prácticas relativas a la influencia del Sol en el clima de la Tierra, y un examen de las pruebas que apoyan esta teoría, el artículo sostiene que, aunque el Sol desempeña sin duda un papel significativo en la variabilidad climática, los factores antropogénicos se han erigido en los principales impulsores del reciente calentamiento global. Los objetivos perseguidos eran: 1) investigar la contribución del Sol a la variabilidad climática durante el último milenio, y 2) evaluar los principales impulsores del reciente calentamiento global. Metodológicamente, se adoptó un enfoque cualitativo para proporcionar un análisis detallado e interpretativo de los fenómenos y comprender estas estructuras. El estudio concluye que, si bien el Sol ejerce una influencia significativa en el clima de la Tierra a través de diversos factores, las acciones humanas interactúan de forma sinérgica y acumulativa con los procesos naturales para contribuir al cambio climático del planeta.

Palabras Clave

Cambio Climático; Variabilidad Climática; Holoceno; Sol.

Introdução

Nos últimos mil anos, o planeta experimentou períodos de aquecimento e resfriamento que afetaram diferentes regiões de maneiras distintas. Essa variabilidade climática tem sido registrada e documentada por meio de diversas fontes de dados, reconstruções climáticas por *proxies*, como registros paleoclimáticos, evidências arqueológicas e documentos históricos, a fim de mapear o comportamento do clima e seus possíveis efeitos futuros para a humanidade (Mock; Barkerb, 2013).

Desta maneira, este artigo tecê considerações em torno das variabilidades climática, analisadas aqui dentro do contexto do aquecimento global e das mudanças na dinâmica climática global. Assim, os objetivos deste estudo são: I) investigar a contribuição do Sol para

AO CITAR ESTE TRABALHO, UTILIZAR A SEGUINTE REFERÊNCIA:

LIMA, Fernando da Cruz. *Interações entre a Atividade Solar e as Influências Antropogênicas no Clima da Terra*. **Ensaios de Geografia**. Niterói, vol. 12, nº 25, e122515, 2025.

Submissão em: 09/03/2025. Aceito em: 22/05/2025.

ISSN: 2316-8544

 Este trabalho está licenciado com uma licença Creative Commons

Ensaios de Geografia

Essays of Geography | POSGEO-UFF

a variabilidade climática ao longo do último milênio; II) avaliar e examinar os principais impulsionadores do aquecimento global recente.

A metodologia da pesquisa adotou uma abordagem qualitativa a fim de proporcionar uma análise detalhada e interpretativa dos fenômenos sem que necessariamente sejam utilizados dados estatísticos. Para compreender essas estruturas, a natureza da pesquisa se configura como básica, ou seja, sem aplicação direta e imediata para resolver problemas práticos, ganhando um caráter teórico, tornando os procedimentos técnicos bibliográficos e documentais fundamentais nesse processo.

Assim, são abordadas diretamente, entre os tópicos, as interações entre o clima, a atmosfera e o Sol na configuração atual dos elementos climáticos. Além disso, é desenvolvida uma revisão sobre os efeitos antropogênicos no aquecimento global, explicando de que forma esses fatores tem afetado o clima.

Ao mesmo tempo, um balanço cronológico das principais movimentações do clima ao longo de mil anos foi constituído utilizando diversos autores de referência que abordam a temática em questão, como Ayoade (1996), Fagan (2002), Ruddiman (2013), Marques (2018). Esses autores foram escolhidos por traçarem importantes discussões por meio de informações catalogadas da história das variações climáticas, relacionando essas transformações com os impactos na vida dos seres vivos.

Influência Solar no Clima e Interações Atmosféricas

O Sol é uma estrela de tamanho médio em comparação com outros corpos celestes de mesma natureza. Ele é indiscutivelmente um dos elementos mais importantes para a vida terrestre, emitindo aproximadamente 56×10^{26} de calorias de energia, das quais o planeta faz uso de cerca de $2,55 \times 10^{18}$ (Ayoade, 1996; Spiro; Stigliani, 2009; Almeida, 2016) e sendo caracterizada por sua estabilidade e equilíbrio entre a força da gravidade e a pressão gerada pela fusão nuclear em seu núcleo.

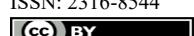
Por muito tempo, acreditava-se que o Sol era um corpo emissor constante de energia sem variações em sua estrutura. Contudo, em 1843, o astrônomo Samuel Heinrich Schwabe descobriu variações nas manchas solares (regiões mais frias na superfície do Sol) que ocorriam

AO CITAR ESTE TRABALHO, UTILIZAR A SEGUINTE REFERÊNCIA:

LIMA, Fernando da Cruz. Interações entre a Atividade Solar e as Influências Antropogênicas no Clima da Terra. **Ensaios de Geografia**. Niterói, vol. 12, nº 25, e122515, 2025.

Submissão em: 09/03/2025. Aceito em: 22/05/2025.

ISSN: 2316-8544

 Este trabalho está licenciado com uma licença Creative Commons

Ensaios de Geografia

Essays of Geography | POSGEO-UFF

em ciclos de onze anos, provando que podem existir mudanças no comportamento desse corpo celeste (Oliveira; Vecchia., 2017). Essa descoberta foi nomeada de “Ciclos de Schwabe”.

Análises de satélites tornam possível caracterizar períodos nos quais surgem mais ou menos manchas solares. Quando existem quantidades elevadas de manchas no Sol, dá-se o nome de máxima solar, e, quando o inverso ocorre, mínima solar. Pesquisadores como Oliveira e Vecchia (2017) e Scafetta (2010) discorrem que a atividade solar sofre influências diretas de outros planetas como Júpiter e Saturno nos seus períodos orbitais, tal qual os ciclos lunares de 9,1 anos, provocando o surgimento das manchas por conta da alta intensidade magnética, que cria tampões na fotosfera (região observável mais interna das estrelas) interferindo na liberação de calor.

Diante dos fatos, é relevante inferir que o Sol, por meio dos efeitos causados por outros corpos celestes, não permanece estático em relação ao centro de massa do Sistema Solar. Nesse sentido, corroborando o ponto anteriormente mencionado, torna-se perceptível o fenômeno da inércia solar, no qual, segundo Oliveira e Vecchia, (2017) o campo magnético do Sol resiste às forças gravitacionais de outros corpos, sempre retornando ao ponto de referência orbital inicial. Isso significa que, mesmo que o Sol se desloque de seu centro de referência, ele sempre retornará à posição inicial (Figura 1).

Conhecido como “Ciclo de Jose”, o movimento do Sol segue um trajeto irregular (Oliveira; Vecchia, 2017), o qual retorna ao ponto inicial a cada 179 anos. Toda essa dinâmica convergiu para evidências de que o clima na Terra também sofre mutações impulsionadas por reações magnéticas e torques gravitacionais, levando às eras glaciais e interglaciais.

AO CITAR ESTE TRABALHO, UTILIZAR A SEGUINTE REFERÊNCIA:

LIMA, Fernando da Cruz. Interações entre a Atividade Solar e as Influências Antropogênicas no Clima da Terra. **Ensaios de Geografia**. Niterói, vol. 12, nº 25, e122515, 2025.

Submissão em: 09/03/2025. Aceito em: 22/05/2025.

ISSN: 2316-8544

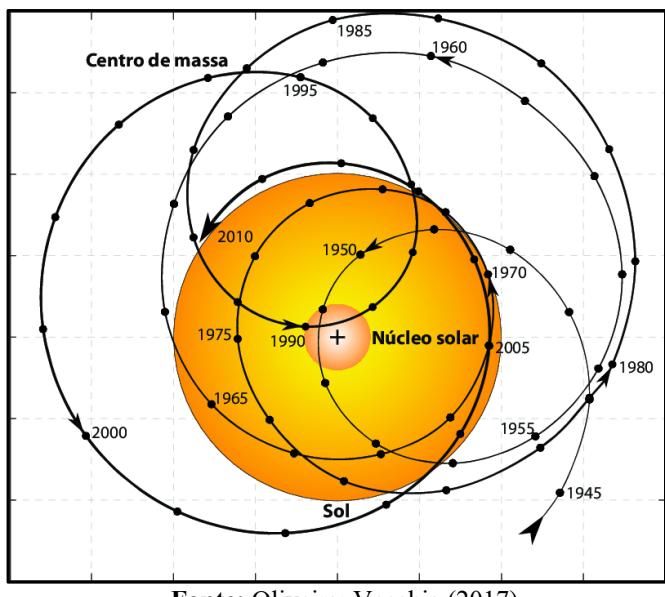


Este trabalho está licenciado com uma licença Creative Commons

Ensaios de Geografia

Essays of Geography | POSGEO-UFF

Figura 1 – Movimentos do Sol em torno do centro de massa observados entre 1945 e 2010.



Fonte: Oliveira; Vecchia (2017).

No ano de 1930, o cientista Milutin Milankovitch defendeu a premissa de que a intensidade da insolação está intrinsecamente ligada à latitude. Milankovitch sugeriu que, nas regiões polares, os raios solares atingem a superfície em um ângulo mais inclinado, resultando em menor intensidade de insolação, enquanto nas regiões mais próximas ao equador a radiação solar incide de maneira mais direta, aumentando a intensidade da insolação, o que provoca extremos sazonais mais pronunciados, com invernos muito escuros e verões muito claros em regiões próximas aos polos em decorrência da obliquidade. O ciclo de inclinação do eixo da Terra em relação ao plano de sua órbita ao redor do Sol se daria aproximadamente a cada 41 mil anos.

Partindo dessa teoria, foi possível estabelecer as causas das alternâncias entre os períodos glaciais. As alterações na insolação e a ocorrência de eras glaciais decorrem diretamente das variações nos ciclos orbitais da Terra (Silva, 2007). Para alcançar essa conclusão, utilizou-se uma medição em distintas latitudes de 600 mil anos AC a 1800 DC (Oliveira; Vecchia, 2017; Steinke, 2012).

É possível que, em função da diminuição da radiação solar, nos meses de verão atípicamente frios, haja uma redução do derretimento das geleiras nas latitudes mais altas, e,

AO CITAR ESTE TRABALHO, UTILIZAR A SEGUINTE REFERÊNCIA:

LIMA, Fernando da Cruz. Interações entre a Atividade Solar e as Influências Antropogênicas no Clima da Terra. *Ensaios de Geografia*. Niterói, vol. 12, nº 25, e122515, 2025.

Submissão em: 09/03/2025. Aceito em: 22/05/2025.

ISSN: 2316-8544

Este trabalho está licenciado com uma licença Creative Commons

Ensaios de Geografia

Essays of Geography | POSGEO-UFF

posteriormente, quando é inverno, haveria um aumento das camadas de gelo, reduzindo a absorção de calor nas estações subsequentes (Steinke, 2012).

Tais eventos, segundo a teoria de Milankovitch, ocorrem quando a distância entre o planeta e o Sol é maior (período de precessão, com ciclos de 22 mil anos). Em períodos de excentricidade máxima, quando a Terra, assim como o Sol no momento de afélio, excede os limites normais e a obliquidade é mínima, ocorre uma quase ausência de contraste entre o verão e o inverno, denotando uma maior discrepância nas zonas climáticas latitudinais.

Diante disso, foi possível compreender de forma geral que os ciclos solares influem diretamente no comportamento do clima na Terra, por meio de distintos fenômenos descobertos ao longo do tempo. A partir das considerações realizadas, é fundamental analisar a interação do ambiente planetário terrestre e o Sol através da radiação emitida.

Atualmente, a ciência considera três processos relacionados à radiação recebida e emitida. Como exemplo (Oliveira; Vecchia, 2017), estabelece três camadas.

1. Emissão da radiação: fator primário determinado por variações solares, como os ciclos solares de Schwabe e outros.
2. Recepção da radiação: fator secundário determinado por variações da posição terrestre em relação ao Sol, conforme observado nos ciclos diários, ciclos anuais e ciclos de Milankovitch.
3. Reflexão, absorção, distribuição do calor e reemissão da radiação: fator terciário determinado por alterações da composição atmosférica (gases de efeito estufa e nuvens), do modelado da superfície terrestre (uso dos solos) e dos oceanos (circulação oceânica).

Cada um desses elementos será analisado de forma integrada nos tópicos seguintes. Primeiramente, ainda nesse contexto, é importante salientar que a maioria dessa energia solar irradiada que atinge a superfície do orbe é reenviada para a atmosfera (Figura 2) através da propriedade física denominada albedo. Este ciclo constante entre atmosfera e radiação solar intermediada pelos gases encontrados nas camadas atmosféricas mantém o equilíbrio do clima (Ayoade, 1996).

AO CITAR ESTE TRABALHO, UTILIZAR A SEGUINTE REFERÊNCIA:

LIMA, Fernando da Cruz. Interações entre a Atividade Solar e as Influências Antropogênicas no Clima da Terra. **Ensaios de Geografia**. Niterói, vol. 12, nº 25, e122515, 2025.

Submissão em: 09/03/2025. Aceito em: 22/05/2025.

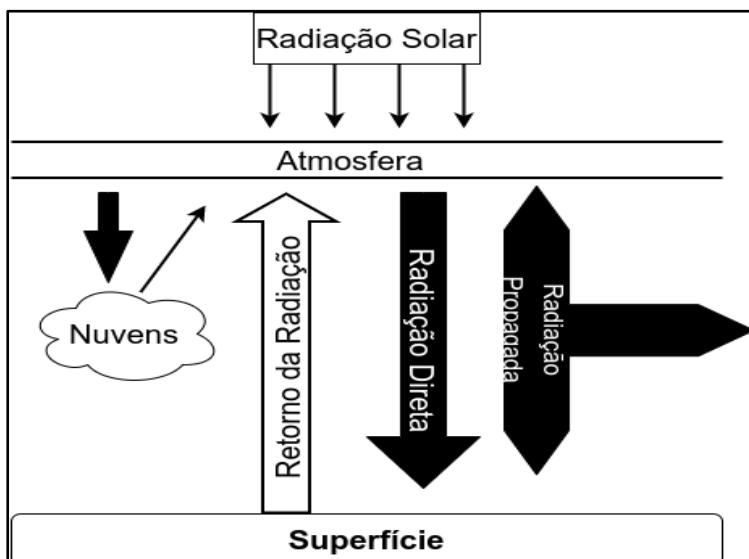
ISSN: 2316-8544

 Este trabalho está licenciado com uma licença Creative Commons

Ensaios de Geografia

Essays of Geography | POSGEO-UFF

Figura 2 – Esquema simplificado da radiação na superfície.



Fonte: Elaboração própria com base em Mynasadata (2024), 2024.

Um fator de extrema importância está relacionado à variação da intensidade da radiação ao longo do ano em diferentes regiões do planeta. Ela ocorre devido à inclinação do eixo de rotação da Terra (atualmente em torno de 23,5 graus) em relação ao Sol, conforme mencionado anteriormente. De tal modo, distintas regiões do globo recebem maior ou menor quantidade de luz solar em condições que dependem também da latitude, período do dia e ano (Ayoade, 1996; Steinke, 2012).

Ao examinar esse fenômeno mais detidamente, observa-se que ele resulta em quatro momentos astronômicos significativos: os solstícios de verão e inverno, juntamente com os equinócios de outono e primavera. Durante os solstícios, a inclinação do eixo da Terra atinge seu ponto máximo, fazendo com que o hemisfério norte receba mais luz solar, o que resulta em dias mais longos e noites mais curtas. Simultaneamente, o hemisfério sul passa pelo solstício de inverno, com menor incidência de luz solar e dias mais curtos.

Diferentemente do evento citado anteriormente, no equinócio, a Terra está posicionada de maneira que seu eixo não se inclina em relação ao Sol, fazendo com que a luz solar seja distribuída igualmente entre os hemisférios norte e sul, como ilustrado na Figura 3. Como resultado, os dias e as noites têm aproximadamente a mesma duração em todas as regiões do planeta.

AO CITAR ESTE TRABALHO, UTILIZAR A SEGUINTE REFERÊNCIA:

LIMA, Fernando da Cruz. Interações entre a Atividade Solar e as Influências Antropogênicas no Clima da Terra. **Ensaios de Geografia**. Niterói, vol. 12, nº 25, e122515, 2025.

Submissão em: 09/03/2025. Aceito em: 22/05/2025.

ISSN: 2316-8544

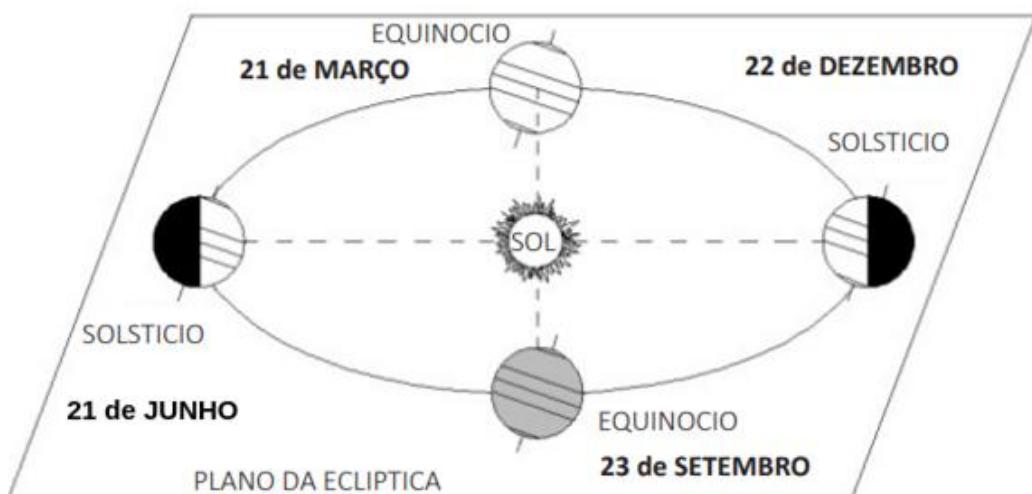


Este trabalho está licenciado com uma licença Creative Commons

Ensaios de Geografia

Essays of Geography | POSGEO-UFF

Figura 3 – Esquema simplificado dos Solstícios e Equinócios.



Fonte: Adaptado de Figueiredo (2019), 2024.

O ciclo anual de temperatura reflete diretamente a variação da radiação solar e indica as mudanças sazonais do clima, como os períodos quentes do verão e os frios do inverno” (Oliveira; Vecchia, 2017; Steinke, 2012). Além dessas variações sazonais, há também mudanças na distribuição da insolação ao longo de escalas de tempo muito maiores, associadas às alterações na excentricidade da órbita terrestre. Quando ocorrem essas alterações, há uma tendência de que os verões em períodos de menor excentricidade apresentem variações menores na quantidade de insolação recebida. Essas variações seguem ciclos aproximados de 100.000 anos, nos quais a órbita terrestre alterna entre um formato mais circular (mais próximo do Sol) e mais elíptico (mais distante do Sol), fenômeno conhecido como excentricidade orbital.

Tabela 1 – Descrição geral dos fenômenos relacionados ao Ciclo de Milankovitch.

| Fenômeno | Descrição | Ciclos temporais |
|-----------------------|--|-------------------------|
| Obliquidade | Variação na inclinação do eixo da Terra em relação à sua órbita ao redor do Sol. Afeta a intensidade da insolação nas diferentes estações. | 41.000 anos |
| Excentricidade | Variação na forma da órbita terrestre de circular para elíptica. Afeta a quantidade total de | Entre 95 e 125 mil anos |

AO CITAR ESTE TRABALHO, UTILIZAR A SEGUINTE REFERÊNCIA:

LIMA, Fernando da Cruz. Interações entre a Atividade Solar e as Influências Antropogênicas no Clima da Terra. **Ensaios de Geografia**. Niterói, vol. 12, nº 25, e122515, 2025.

Submissão em: 09/03/2025. Aceito em: 22/05/2025.

ISSN: 2316-8544



Este trabalho está licenciado com uma licença Creative Commons

Ensaios de Geografia

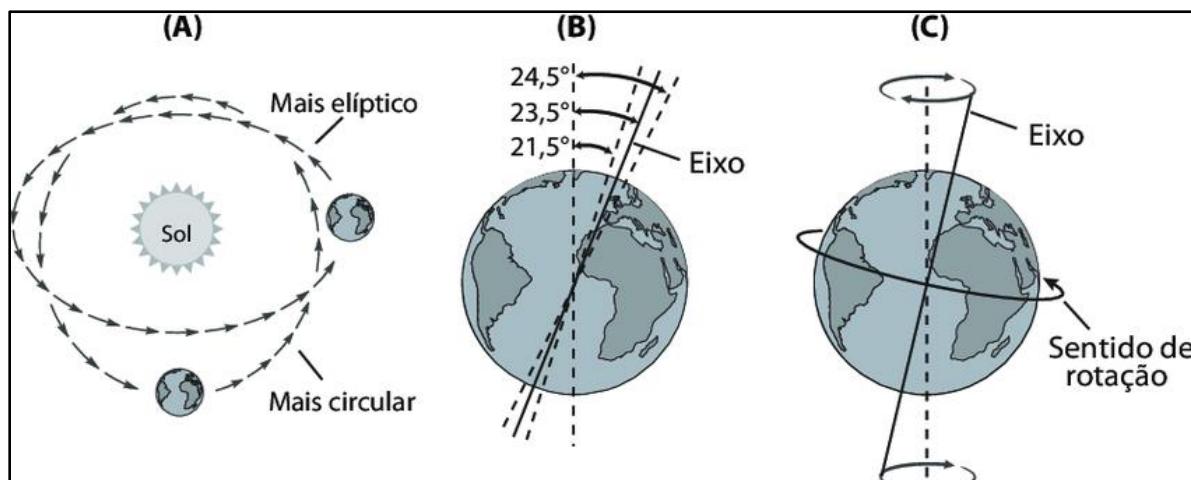
Essays of Geography | POSGEO-UFF

| | | |
|------------------|--|-------------|
| | radiação solar recebida pela Terra ao longo do ano. | |
| Precessão | Movimento lento e cíclico do eixo de rotação da Terra, causando uma mudança gradual na direção do eixo de rotação. Isso afeta a época do ano em que ocorrem as estações. | 23.000 anos |

Fonte: Elaboração própria, baseado em Ashkenazy *et al.*, (2010), 2024.

Outra consideração em relação mais detalhada a esse fenômeno, são os movimentos de rotação e translação do planeta. Esses movimentos influenciam, a longo prazo, na forma como a radiação solar incide sobre a Terra (Steinke, 2012). A rotação é a forma pela qual o planeta gira em torno de seu eixo polar, ocorre de oeste a leste em um período aproximado de vinte e quatro horas, e determina os dias, as noites e o tempo atmosférico (Figura 4 – Imagem C).

Figura 4 – Visão simplificada da variação orbital terrestre sendo (A) Excentricidade, (B) Obliquidade, (C) Precessão.



Fonte: Oliveira; Vecchia (2017).

Ao mesmo tempo em que realiza a rotação, a Terra também se move ao redor do Sol, em um movimento denominado translação, que leva 365 dias, 5 horas e 48 minutos para ser completado. Esse movimento determina as estações do ano e influencia as características climáticas. A translação da Terra, combinada com a presença de gases na atmosfera, afeta a distribuição da radiação solar, desempenhando um papel crucial na regulação da temperatura e

AO CITAR ESTE TRABALHO, UTILIZAR A SEGUINTE REFERÊNCIA:

LIMA, Fernando da Cruz. Interações entre a Atividade Solar e as Influências Antropogênicas no Clima da Terra. **Ensaios de Geografia**. Niterói, vol. 12, nº 25, e122515, 2025.

Submissão em: 09/03/2025. Aceito em: 22/05/2025.

ISSN: 2316-8544



Este trabalho está licenciado com uma licença Creative Commons

Ensaios de Geografia

Essays of Geography | POSGEO-UFF

no clima global, ao manter o calor na atmosfera e regular as interações com a radiação solar (Mock; Barker, 2013).

A maior parte desses gases está localizada na camada denominada como homosfera, onde o comportamento destes é mais uniforme, prevalecendo a presença do nitrogênio (N₂) e, oxigênio (O₂) (Mendonça; Oliveira, 2007; Almeida, 2016; Frota; Vasconcelos, 2019) (Tabela 2). Acrescenta-se que esses gases são incolores e inodoros. Além disso, em uma perspectiva sistêmica, sua concentração na atmosfera é regulada por ciclos naturais, em interação com elementos da crosta terrestre, como florestas e oceanos. Esses componentes desempenham um papel essencial na manutenção do equilíbrio dos gases atmosféricos, evitando acúmulos excessivos.

Tabela 2 – Alguns dos principais gases presentes na atmosfera.

| Gás | Porcentagem |
|--------------------|-------------|
| Nitrogênio | 78,08 |
| Oxigênio | 20,95 |
| Argônio | 0,93 |
| Dióxido de carbono | 0,035 |
| Neônio | 0,0018 |
| Hélio | 0,00052 |
| Metano | 0,00014 |
| Kriptônio | 0,00010 |
| Óxido nitroso | 0,00005 |
| Hidrogênio | 0,00005 |

AO CITAR ESTE TRABALHO, UTILIZAR A SEGUINTE REFERÊNCIA:

LIMA, Fernando da Cruz. Interações entre a Atividade Solar e as Influências Antropogênicas no Clima da Terra. **Ensaios de Geografia**. Niterói, vol. 12, nº 25, e122515, 2025.

Submissão em: 09/03/2025. Aceito em: 22/05/2025.

ISSN: 2316-8544



Este trabalho está licenciado com uma licença Creative Commons

Ensaios de Geografia

Essays of Geography | POSGEO-UFF

| | |
|---------|----------|
| Ozônio | 0,000007 |
| Xenônio | 0,000009 |

Fonte: Elaboração Própria, a partir de Ayoade (1996); Stigliani (2009); Almeida (2016), 2024.

Essa camada de gases é denominada atmosfera terrestre (do grego *atmos*, vapor, e *sphaira*, esfera). Quando classificada com base na variação de temperatura, a atmosfera é dividida em cinco camadas, cada uma com funções específicas. Essas camadas são a troposfera, estratosfera, mesosfera, termosfera e exosfera (Tabela 3).

Tabela 3 – Camadas da atmosfera e alguns dos principais gases

| Gases | Camadas | Km |
|------------------------------------|--------------|--------------|
| H ₂ / He | Exosfera | 550 a 10.000 |
| N ₂ / He | Termosfera | 80 a 550 |
| H ₂ O / O ₂ | Mesosfera | 50 a 80 |
| SO ₂ / O ₃ | Estratosfera | 15 a 50 |
| H ₂ O / CO ₂ | Troposfera | 0 a 15 |

Fonte: Elaboração própria, a partir de Mendonça; Oliveira (2017); Frota; Vasconcelos (2019); Ruddman (2013), 2024.

Esse processo ocorre devido à absorção e redistribuição de energia na troposfera por meio de radiação, condução e convecção. A radiação solar aquece a superfície terrestre, que reemite esse calor na forma de radiação infravermelha. Parte dessa energia é absorvida por gases atmosféricos, como o vapor d'água e CO₂, aquecendo a troposfera e regulando o clima do planeta. Uma análise mais ampla do contexto revela que, embora a variabilidade climática ao longo de escalas geológicas seja influenciada por fatores naturais, como a atividade solar e as mudanças orbitais da Terra, a partir da Revolução Industrial, no século XVIII, a queima de

AO CITAR ESTE TRABALHO, UTILIZAR A SEGUINTE REFERÊNCIA:

LIMA, Fernando da Cruz. Interações entre a Atividade Solar e as Influências Antropogênicas no Clima da Terra. **Ensaios de Geografia**. Niterói, vol. 12, nº 25, e122515, 2025.

Submissão em: 09/03/2025. Aceito em: 22/05/2025.

ISSN: 2316-8544



Este trabalho está licenciado com uma licença Creative Commons

Ensaios de Geografia

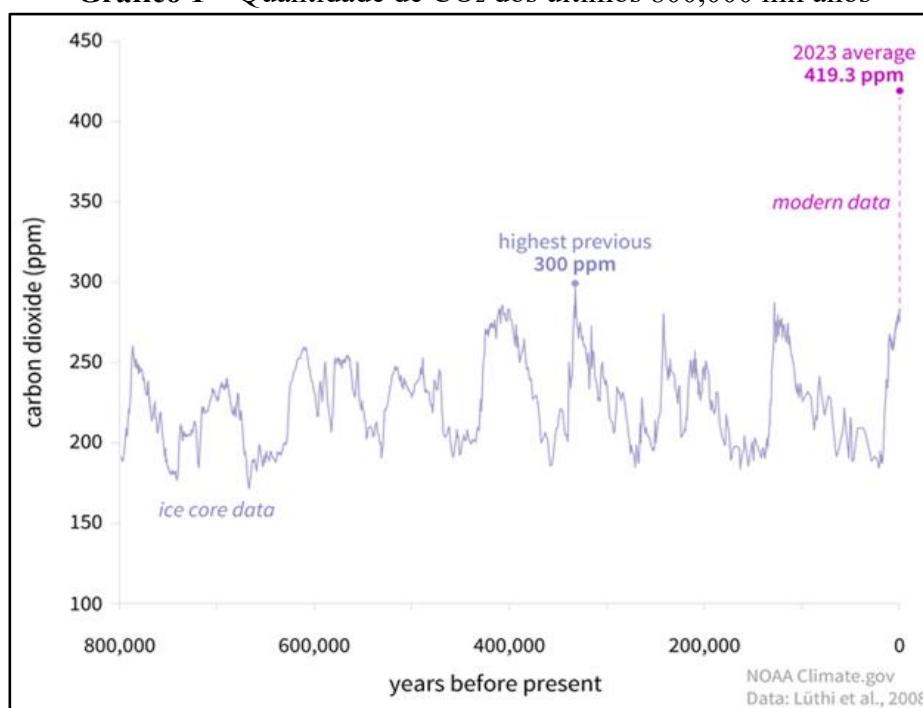
Essays of Geography | POSGEO-UFF

combustíveis fósseis passou a exercer um papel determinante nas alterações atmosféricas. Este trabalho de revisão discute como as atividades humanas intensificam as mudanças climáticas recentes, alterando o equilíbrio natural dos ciclos atmosféricos.

Um aspecto que exemplifica esse ponto de vista está nas últimas emissões analisadas no ano de 2020, no qual o CO₂ alcançou 149% acima do nível pré-industrial, extrapolando os limites catalogados entre 2011 e 2020 (ONU, 2021). Outro dado mais amplo refere-se às emissões a partir de 1750, com o CO₂ tendo aumentado em 31% as concentrações de gases potenciais de aquecimento da atmosfera em 60%, como o CH₄, que aumentaram em 151% com capacidade de aquecimento de 20% (PROCLIMA, s.d.).

O *National Oceanic & Atmospheric Administration* (NOAA) destacou por meio do Laboratório Global de Monitoramento (2024) a média global nas emissões de CO₂ em 2023 foram de 419,31 partes por milhão (ppm), contudo, superada na última atualização em abril de 2024, atingindo 422,16 ppm batendo mais um recorde histórico. Esses dados demonstram que a humanidade extrapolou em menos de mil anos os limites naturais existentes em quatrocentos mil anos atrás, como visto no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Quantidade de CO₂ dos últimos 800,000 mil anos



Fonte: Lindsey, 2024.

AO CITAR ESTE TRABALHO, UTILIZAR A SEGUINTE REFERÊNCIA:
LIMA, Fernando da Cruz. Interações entre a Atividade Solar e as Influências Antropogênicas no Clima da Terra. **Ensaios de Geografia**. Niterói, vol. 12, nº 25, e122515, 2025.
Submissão em: 09/03/2025. Aceito em: 22/05/2025.
ISSN: 2316-8544

 Este trabalho está licenciado com uma licença Creative Commons

Ensaios de Geografia

Essays of Geography | POSGEO-UFF

Além de tudo, no contexto das mudanças climáticas, essas informações, centralizadas no CO₂ relacionam-se à capacidade deste em capturar e liberar calor, configurando-se como o principal agente do aquecimento global antropogênico. Ações como o desmatamento para a produção agrícola, queimadas e outras atividades para fins econômicos contribuem para a emissão de CO₂ tanto de forma artificial (pelo uso de poluentes) quanto natural (pela degradação do ambiente), assim como retiram a capacidade dos ecossistemas de absorver do carbono atmosférico (Marques, 2018; IPCC, 2020; Artaxo *et al.*, 2022).

Além dessas conclusões preliminares, uma análise complementar da química ambiental demonstra distintas reações em cadeia dos gases relacionados aos fósseis lançados na atmosfera. Os hidrocarbonetos são representativos destes, pois na presença da queima de combustíveis relacionados a elementos como o NO₂, O₃, produzem novos óxidos nitrogenados, aldeídos e hidrocarbonetos complementares (Frota; Vasconcelos, 2019). Assim, quando os gasosos CO₂, CH₄, N₂O estão em quantidades relativamente altas, a retenção de radiação de calor ocorre na mesma proporção, refletindo todo o excesso de calor de volta para a superfície, provocando o aquecimento terrestre.

Mudanças Climáticas e Gases Atmosféricos

As mudanças climáticas se referem às alterações climáticas causadas por atividades humanas que modificam a composição atmosférica global para além da variabilidade climática natural. As razões pelas quais isso tem acontecido são classificadas em duas grandes categorias (Oliveira; Vecchia., 2017; Marques, 2018), (i) fatores externos, como variações solares e orbitais que afetam o balanço energético da Terra; e (ii) fatores internos, ligados às atividades humanas, como o desmatamento, a urbanização e a emissão contínua de gases de efeito estufa.

Como visto anteriormente, existem diversas partículas moleculares na atmosfera que interagem entre si. Nesse contexto, segundo Spiro e Stigliani (2009) muitas dessas moléculas interagem com a radiação infravermelha, mas não a absorvem, pois suas configurações não atendem aos requisitos de polaridade para tal, tendo em vista que possuem organização eletrônica estabilizada e modos vibracionais restritos, como no caso do H₂, O₂ e N₂.

AO CITAR ESTE TRABALHO, UTILIZAR A SEGUINTE REFERÊNCIA:

LIMA, Fernando da Cruz. Interações entre a Atividade Solar e as Influências Antropogênicas no Clima da Terra. **Ensaios de Geografia**. Niterói, vol. 12, nº 25, e122515, 2025.

Submissão em: 09/03/2025. Aceito em: 22/05/2025.

ISSN: 2316-8544



Este trabalho está licenciado com uma licença Creative Commons

Ensaios de Geografia

Essays of Geography | POSGEO-UFF

Esses gases são chamados moléculas diatômicas por serem compostos por dois átomos. Esses átomos podem ser do mesmo elemento químico, como no caso do N₂ e O₂, ou de elementos diferentes. Quando os átomos pertencem ao mesmo elemento, como no caso do O₂ ou N₂, as moléculas são também homonucleares, ou seja, todas as partículas da molécula são do mesmo tipo de átomo. Sob outra perspectiva, os compostos químicos denominados poliatômicos, como CO₂, CH₄, H₂O e NH₃ entre outros, são moléculas de gás que contêm três ou mais átomos cuja estrutura permite a absorção de radiação infravermelha, e todos contribuem para o aquecimento do planeta, pois absorvem raios infravermelhos que vêm da superfície reemitindo-os de volta para a baixa atmosfera aumentando calor médio global (Spiro; Stigliani, 2009).

Dessa forma, é possível afirmar que as temperaturas terrestres dependem do equilíbrio radiativo da Terra, da quantidade de temperatura absorvida e do refletido pelo planeta em relação à energia incidente (Marques, 2018; Spiro; Stigliani, 2009). É fundamental citar que o fenômeno do efeito estufa é um processo natural que desempenha um papel fundamental na regulação das temperaturas, mantendo um equilíbrio térmico estável.

Neste contexto, o modo como o ser humano está interagindo com o planeta, regido pelo sistema de produção de bens com foco principal no capital, ao longo das décadas, vem desencadeando a emissão de diversos gases reativos em níveis prejudiciais à atmosfera, acelerando os processos de aquecimento no planeta. Além disso, o desmatamento e a prática da queima de combustíveis fósseis para energia e transporte também contribuem para a concentração desses gases, remodelando os padrões naturais dos ciclos ambientais (Artaxo *et al.*, 2022).

Trajetória Climática ao Longo dos últimos mil anos

A atmosfera terrestre está em constante alteração, o que se manifesta de formas distintas em cada região do mundo, assumindo características específicas. Determinados processos naturais, como o derretimento das calotas polares, emissão de dióxido de carbono e a redução da cobertura vegetal, promovem eventos de atenuação ou amplificação das mudanças no clima, sendo denominados mecanismos de *feedback* (Chao *et al.*, 2024).

AO CITAR ESTE TRABALHO, UTILIZAR A SEGUINTE REFERÊNCIA:

LIMA, Fernando da Cruz. Interações entre a Atividade Solar e as Influências Antropogênicas no Clima da Terra. **Ensaios de Geografia**. Niterói, vol. 12, nº 25, e122515, 2025.

Submissão em: 09/03/2025. Aceito em: 22/05/2025.

ISSN: 2316-8544



Este trabalho está licenciado com uma licença Creative Commons

Ensaios de Geografia

Essays of Geography | POSGEO-UFF

Alguns deles agem de forma positiva, ou seja, amplificam ou reforçam uma transformação existente no contexto das mudanças climáticas, como, por exemplo, o derretimento do gelo polar, reduzindo o Albedo da Terra e aumentando a absorção de calor, acelerando ainda mais esse processo de derretimento (Chao *et al.*, 2024).

Ao longo dos anos, têm-se intensificado as discussões em torno das mudanças climáticas, assim como possíveis consequências que as variações no clima podem trazer à vida no planeta. Os acontecimentos datados na escala de eras geológicas estão demonstrando alterações abruptas provocadas por fenômenos naturais e, mais recentemente, pela intensificação das influências antropogênicas no aumento da temperatura global do planeta (Ruddiman, 2013; Marques, 2018).

Nesse contexto, o Holoceno, que se iniciou após o Último Máximo Glacial, terminando há 19 mil anos (Wang *et al.*, 2013), faz parte da era Cenozoica e tem relevante papel nos estudos sobre mudanças climáticas pela sua estabilidade em comparação com outras eras. No entanto, dentro desse intervalo, ainda ocorreram variações, como temperaturas mais baixas em determinadas partes do globo terrestre, especialmente em áreas tropicais e subtropicais, conforme evidenciado por dados das regiões polares. Enquanto isso, em regiões temperadas, houve variações entre períodos secos e úmidos, de acordo com dados paleobotânicos (Steig, 1999). Este período da história da humanidade também é aquele em que o ser humano conseguiu constituir civilizações, estruturas sociais, tecnológicas e culturais.

Nos últimos mil anos, o clima global passou por um notável período de resfriamento, com origem no norte do globo, particularmente na Groenlândia, iniciado por volta de 1300 e prolongando-se até 1850. No entanto, as origens desse fenômeno remontam a eventos climáticos ocorridos ao longo de um período de 4.000 anos. Este fenômeno foi categorizado pelo geógrafo Francois Matthes como “A Pequena Idade do Gelo” em 1939. Enquanto isso, na região sul do globo, os territórios experimentavam um clima mais quente e estável (Fagan, 2002; Ruddiman, 2013).

Ayoade (1996) indica que, com base em investigações científicas, o clima da Terra era mais quente em comparação com o presente, durante o período conhecido como “Ótimo

AO CITAR ESTE TRABALHO, UTILIZAR A SEGUINTE REFERÊNCIA:

LIMA, Fernando da Cruz. Interações entre a Atividade Solar e as Influências Antropogênicas no Clima da Terra. **Ensaios de Geografia**. Niterói, vol. 12, nº 25, e122515, 2025.

Submissão em: 09/03/2025. Aceito em: 22/05/2025.

ISSN: 2316-8544



Este trabalho está licenciado com uma licença Creative Commons

Ensaios de Geografia

Essays of Geography | POSGEO-UFF

Climático do Holoceno”, que aconteceu entre 9.000 e 5.000 anos AP. Este período de aquecimento foi seguido por aproximadamente 2.800 anos de resfriamento gradual.

Com base nos registros dos últimos mil anos AP, os climatologistas observam que o atual período interglacial, o Holoceno, apresenta duração imprevisível, cujo término ainda é objeto de estudo e debate devido às questões antropogênicas que influenciam diretamente os elementos do clima, como a temperatura, umidade e precipitação.

Sobre a Pequena Idade do Gelo, Fagan (2002) considera que não houve uma ruptura profunda em relação ao clima atual na Europa, por exemplo, mas sim uma grande volatilidade constante, geradoras de problemas graves como invernos árticos, verões muito quentes, secas extremas, períodos de chuva torrenciais e frio em excesso. Esses acontecimentos irregulares tinham duração de décadas, anos ou até estações.

Segundo estudos, (Mann, 2002) entre os anos de 1500 e 1800 houve uma redução em 0,6 °C, tornando esse um período mais frio em comparação aos níveis atuais na Europa. Nesse intervalo de 300 anos, o clima se caracterizou por se moldar em invernos rigorosos e verões mais quentes que o normal.

Por meio da coleta de evidências sobre a temperatura no hemisfério norte usando anéis de árvores — que são círculos concêntricos no tronco quando vista transversalmente, representando o crescimento anual da mesma — e registro em núcleos de gelo — blocos cilíndricos retirados de geleiras, calotas polares ou camadas de gelo continentais —, identificou-se que, por mais de duzentos anos, as geleiras de regiões localizadas nas montanhas dos Alpes, Alasca, Andes, dentre outros, eram maiores do que as existentes até então, revalidando atualmente os dados existentes sobre a Pequena Idade do Gelo (Fagan, 2002; Ruddiman, 2013).

Por volta do século XIX, notou-se que as geleiras estavam num processo contínuo de perda em tamanho e extensão devido à elevação da temperatura média do planeta. Atualmente, o ano de 2023 foi marcado como o mais quente desde o período pré-industrial de 1850, excedendo pela primeira vez 1,5 °C, seguido de 2016, 2017 e 2020 como os mais quentes, com variação média de $\pm 0,03$ °C entre os anos quando considerada a cronologia anual linear (Rohde, 2024) (Gráfico 2).

AO CITAR ESTE TRABALHO, UTILIZAR A SEGUINTE REFERÊNCIA:

LIMA, Fernando da Cruz. *Interações entre a Atividade Solar e as Influências Antropogênicas no Clima da Terra*. **Ensaios de Geografia**. Niterói, vol. 12, nº 25, e122515, 2025.

Submissão em: 09/03/2025. Aceito em: 22/05/2025.

ISSN: 2316-8544



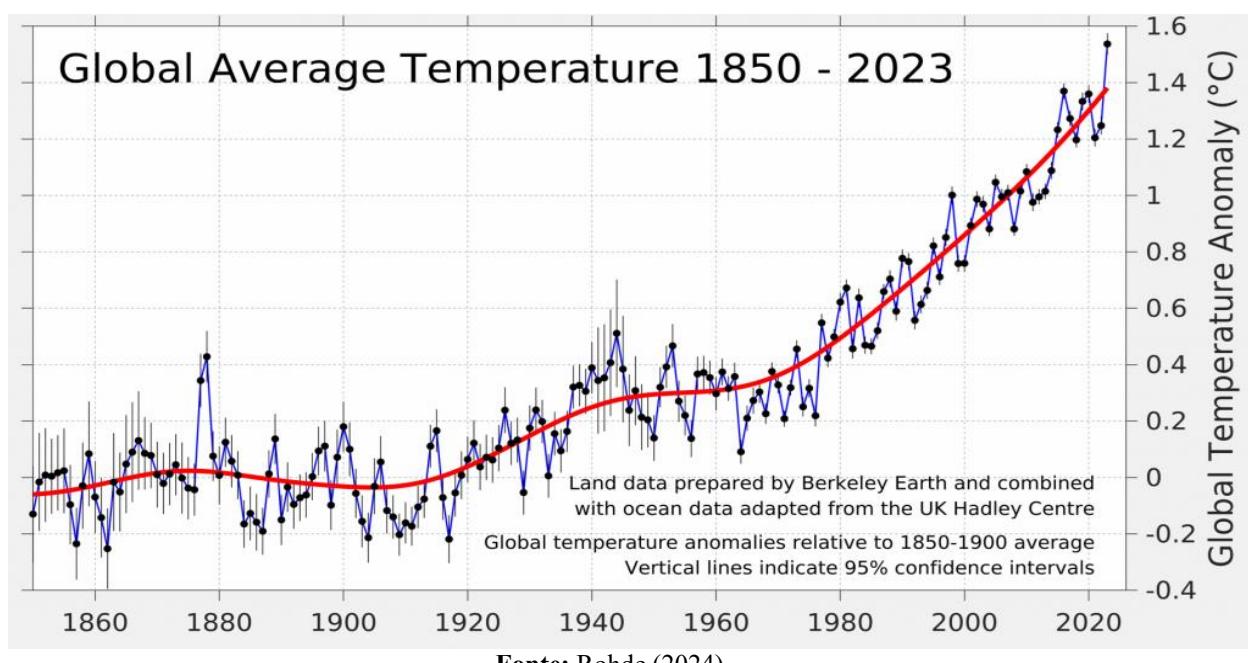
Este trabalho está licenciado com uma licença Creative Commons

Ensaios de Geografia

Essays of Geography | POSGEO-UFF

A National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) agência do governo dos Estados Unidos responsável pelo monitoramento e estudo dos oceanos, atmosfera, clima, tempo, ecossistemas marinhos e ambientes costeiros, em seu *Annual 2023 Global Climate Report*, bem como a Organização Meteorológica Mundial (WMO) por meio do *State of the Global Climate 2023*, chegaram na mesma conclusão. No entanto, houve uma pequena variação quanto aos dados, como, por exemplo, o *State of the Global Climate*, que considerou 1,45 °C com margem de incerteza de $\pm 0,12$ °C no aumento da temperatura.

Gráfico 2 – Variação da temperatura de 1950 a 2023.



Fonte: Rohde (2024).

É fundamental concluir que ainda é complexo descrever todas as variáveis relacionadas ao clima e que somente a partir da década de 50 tiveram início estudos mais aprofundado em relação a esse tema. Além disso, fatores internos e externos do planeta também exercem forças que influenciam todo o sistema climático global.

Considerações Finais

Esta revisão bibliográfica dos fenômenos climáticos reforça conclusões importantes sobre os impulsionantes das alterações do clima global, interrelacionando-os com alguns dos

AO CITAR ESTE TRABALHO, UTILIZAR A SEGUINTE REFERÊNCIA:

LIMA, Fernando da Cruz. Interações entre a Atividade Solar e as Influências Antropogênicas no Clima da Terra. **Ensaios de Geografia**. Niterói, vol. 12, nº 25, e122515, 2025.

Submissão em: 09/03/2025. Aceito em: 22/05/2025.

ISSN: 2316-8544

 Este trabalho está licenciado com uma licença Creative Commons

Ensaios de Geografia

Essays of Geography | POSGEO-UFF

principais eventos do sol. Ao verificar as transformações numa perspectiva do último milênio, forças como a gravitacional, associada a variações orbitais presentes no ciclo de Milankovitch, desempenham um papel significativo, juntamente com as forças radioativas, como a radiação solar, juntamente com outros elementos naturais (como gases de efeito estufa), nas mudanças climáticas.

Apesar desses fatos, atualmente nota-se que as emissões atmosféricas de CO₂, atividades antropogênicas e uso e ocupação do solo são alguns dos principais fatores de aceleração dos ciclos naturais climáticos, alcançando impactos alarmantes quando comparados a eventos naturais ocorridos em momentos passados do Holoceno. Isso denota a necessidade urgente de novas abordagens na relação com os recursos ambientais, visando mitigar os efeitos adversos das mudanças climáticas.

Ao examinar mais de perto os resultados dessas ações, nota-se que eles estão alinhados a distintos impactos ambientais negativos, como o aumento da temperatura, a acidificação dos oceanos, o derretimento das calotas polares e o desequilíbrio nas atividades ecossistêmicas, dentre outros, colocando em risco a resiliência global a eventos extremos. Por fim, a pesquisa concluiu que, embora alguns eventos climáticos ocorram naturalmente, a humanidade tem acelerado esses eventos de distintas maneiras por meio de seus processos produtivos, emergindo como o principal impulsionador do aquecimento global recente, denotando a necessidade de novas formas na relação com os recursos ambientais na sua totalidade.

Destaca-se que, enquanto a humanidade buscar apenas o remanejamento e retardamento quanto aos problemas ambientais e climáticos, mais rápido poderá ser o declínio do planeta para a gerações futuras. Em outras palavras, o equilíbrio ecológico e as condições favoráveis à vida humana podem e estão sendo deteriorados gravemente. Dessa forma, o ponto de não retorno causará perturbações nos sistemas climáticos, os quais, sob contínua pressão dos impactos humanos negativos, alcançarão um ponto crítico, desencadeando processos que podem ser irreversíveis e, principalmente, que intensificam os problemas climáticos por meio de retroalimentação positiva em que os efeitos de uma mudança intensificam a si própria.

AO CITAR ESTE TRABALHO, UTILIZAR A SEGUINTE REFERÊNCIA:

LIMA, Fernando da Cruz. *Interações entre a Atividade Solar e as Influências Antropogênicas no Clima da Terra*. **Ensaios de Geografia**. Niterói, vol. 12, nº 25, e122515, 2025.

Submissão em: 09/03/2025. Aceito em: 22/05/2025.

ISSN: 2316-8544



Este trabalho está licenciado com uma licença Creative Commons

Ensaios de Geografia

Essays of Geography | POSGEO-UFF

Referências

ALMEIDA, H. A. **Climatologia Aplicada à Geografia**. Campina Grande: EDUEPB, 2016.

ALVES, E. G.; ANDREAE, M. O.; ARTAXO, P.; BACK, J.; BACKES MELLER, B.; BARBOSA, H. M. J.; BENDER, F.; BOURTSOUKIDIS, E.; CARBONE, S.; CHI, J.; DECESARI, S.; DESPRES, V. R.; DITAS, F.; EZHOVA, E.; FRANCO, M. A. M.; FUZZI, S.; GUENTHER, A.; HAKOLA, H.; HANSSON, H.-C.; HASSELQUIST, N. J.; HEIKKINEN, L.; HEINTZENBERG, J.; HOLANDA, B. A.; KERMINEN, V.-M.; KESSELMEIER, J.; KONTKANEN, J.; KREJCI, R.; KULMALA, M.; LAVRIC, J. V.; LEEUW, G.; LEHTIPALO, K.; MACHADO, L. A. T.; MCFIGGANS, G.; MIKHAILOV, E.; MOHR, C.; MORAIS, F. G.; MORGAN, W.; NILSSON, M. B.; PEICHL, M.; PETAJA, T.; PRASS, M.; PÖHLKER, C.; PÖHLKER, M. L.; PÖSCHL, U.; RANDOW, C.; RIIPINEN, I.; RINNE, J.; RIZZO, L. V.; ROSENFELD, D.; SILVA DIAS, M. A. F.; SMITH, J. N.; SOGACHEVA, L.; SORGEL, M.; STIER, P.; SWIETLICKI, E.; TUNVED, P.; VIRKKULA, A.; WANG, J.; WEBER, B.; YANEZ-SERRANO, A. M.; ZIEGER, P. Tropical and boreal forest – atmosphere interactions: a review. **Tellus B: Chemical and Physical Meteorology**, v. 74, n. 1, p. 24-163, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.16993/tellusb.34>. Acesso em: 25 abr. 2024.

ASHKENAZY, Y. EISENMAN, E.; GILDOR, H.; TZIPERMAN, E. The Effect of Milankovitch Variations in Insolation on Equatorial Seasonality. **Journal of Climate**, v. 23, n. 23, p. 6133-6142, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1175/2010JCLI3700.1>. Acesso em: 25 abr. 2024.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Trad. Maria Juraci Zani dos Santos. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

CHAO, L.; DESSLER, A.; ZELINKA, M.D. Climate Feedbacks. In: **Encyclopedia of the Anthropocene**. [S.l.]: Elsevier, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-96026-7.00038-2>. Acesso em: 25 abr. 2024.

FROTA, E. B.; VASCONCELOS, N. M. S. **Química Ambiental**. 2. ed. Fortaleza: EDUECE, 2019.

FAGAN, B. M. **The Little Ice Age: How Climate Made History, 1300-1850**. New York, NY: Basic Books, 2002.

GLOBAL MONITORING LABORATORY (NOAA). **Trends Global Carbon Dioxide**, 2024. Disponível em: <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/global.html#global>. Acesso em: 25 abr. 2024.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Mudança Climática e Terra**: um relatório especial do IPCC sobre mudança climática, desertificação, degradação do solo, manejo sustentável da terra, segurança alimentar e fluxos de gases de efeito estufa em ecossistemas terrestres. Brasília: MCTI, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br>

AO CITAR ESTE TRABALHO, UTILIZAR A SEGUINTE REFERÊNCIA:

LIMA, Fernando da Cruz. Interações entre a Atividade Solar e as Influências Antropogênicas no Clima da Terra. **Ensaios de Geografia**. Niterói, vol. 12, nº 25, e122515, 2025.

Submissão em: 09/03/2025. Aceito em: 22/05/2025.

ISSN: 2316-8544



Este trabalho está licenciado com uma licença Creative Commons

Ensaios de Geografia

Essays of Geography | POSGEO-UFF

br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/relatorios-do-ipcc/arquivos/pdf/srcl-port-web.pdf.
Acesso em: 25 abr. 2024.

LINDSEY, R. **Climate Change**: atmospheric Carbon Dioxide. Climate.gov, 2024. Disponível em: <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide>. Acesso em: 25 abr. 2024.

MANN, M. E. Little Ice Age. In: **Encyclopedia of Global Environmental Change**. Chichester: John Wiley & Sons, 2002.

MARQUES, L. **Capitalismo e colapso ambiental**. 3. ed. rev. e ampl. Campinas: Editora da Unicamp, 2018.

MENDONÇA, F.; OLIVEIRA, I. M. D. **Climatologia**: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MOCK, C. J.; BARKER, S. Paleoclimate Introduction. In: **Encyclopedia of Quaternary Science**. 2. ed. [S.l.]: Elsevier, 2013.

MYNASADATA. **Distribution of Incoming Solar Energy Earth's Systems**, 2024. Disponível em: https://mynasadata.larc.nasa.gov/sites/default/files/inline-images/EEB_cartoon_filled_Pres.png. Acesso em: 25 abr. 2024.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL (ONU). **Gases de efeito estufa na atmosfera batem novo recorde**. Nações Unidas no Brasil, 25 out. 2021. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/153135-gases-de-efeito-estufa-na-atmosfera-batem-novo-recorde>. Acesso em: 25 abr. 2024.

OLIVEIRA, M. J.; VECCHIA, F. Ciclos climáticos e causas naturais das mudanças do clima. **Terrae Didatica**, v. 13, n. 3, p. 149-184, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.20396/td.v13i3.8650958>. Acesso em: 25 abr. 2024.

PROCLIMA (Programa Estadual de Mudanças Climáticas do Estado de São Paulo). **Gases do Efeito Estufa e Fontes de Emissão**. (s.d.). Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/proclima/gases-do-efeito-estufa/>. Acesso em: 25 abr. 2024.

ROHDE, R. **Global Temperature Report for 2023**. Berkeley Earth, 2024. Disponível em: <https://berkeleyearth.org/global-temperature-report-for-2023/>. Acesso em: 25 abr. 2024.

RUDDIMAN, W. F. **Earth's Climate**: past and future. 3. ed. New York: W. H. Freeman, 2013.

SCAFETTA, N. Empirical evidence for a celestial origin of the climate oscillations and its implications. **Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics**, v. 72, p. 951–970, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2010.04.015>. Acesso em: 25 abr. 2024.

AO CITAR ESTE TRABALHO, UTILIZAR A SEGUINTE REFERÊNCIA:

LIMA, Fernando da Cruz. Interações entre a Atividade Solar e as Influências Antropogênicas no Clima da Terra. **Ensaios de Geografia**. Niterói, vol. 12, nº 25, e122515, 2025.

Submissão em: 09/03/2025. Aceito em: 22/05/2025.

ISSN: 2316-8544

 Este trabalho está licenciado com uma licença Creative Commons

Ensaios de Geografia

Essays of Geography | POSGEO-UFF

SILVA, J. G. R. **Ciclos orbitais ou ciclos de Milankovitch.** Textos de Glossário Geológico Ilustrado, 2007.

SPIRO, T. G.; STIGLIANI, W. M. **Química Ambiental.** 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

STEIG, E. J. Paleoclimate: Mid-Holocene Climate Change. **Science**, v. 286, n. 5444, p. 1485-1487, nov. 1999. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.286.5444.1485>. Acesso em: 25 abr. 2024.

STEINKE, E. T. **Climatologia Fácil.** São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

WANG, S.; GE, Q; WANG, F.; WEN, X.; HUANG, J. Abrupt Climate Changes of Holocene. **Chinese Geographical Science**, v. 23, n. 1, p. 1-12, 2013. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11769-013-0591-z>. Acesso em: 25 abr. 2024.

AO CITAR ESTE TRABALHO, UTILIZAR A SEGUINTE REFERÊNCIA:

LIMA, Fernando da Cruz. Interações entre a Atividade Solar e as Influências Antropogênicas no Clima da Terra. **Ensaios de Geografia**. Niterói, vol. 12, nº 25, e122515, 2025.

Submissão em: 09/03/2025. Aceito em: 22/05/2025.

ISSN: 2316-8544



Este trabalho está licenciado com uma licença Creative Commons