

O QUE VOCÊ SABE SOBRE...

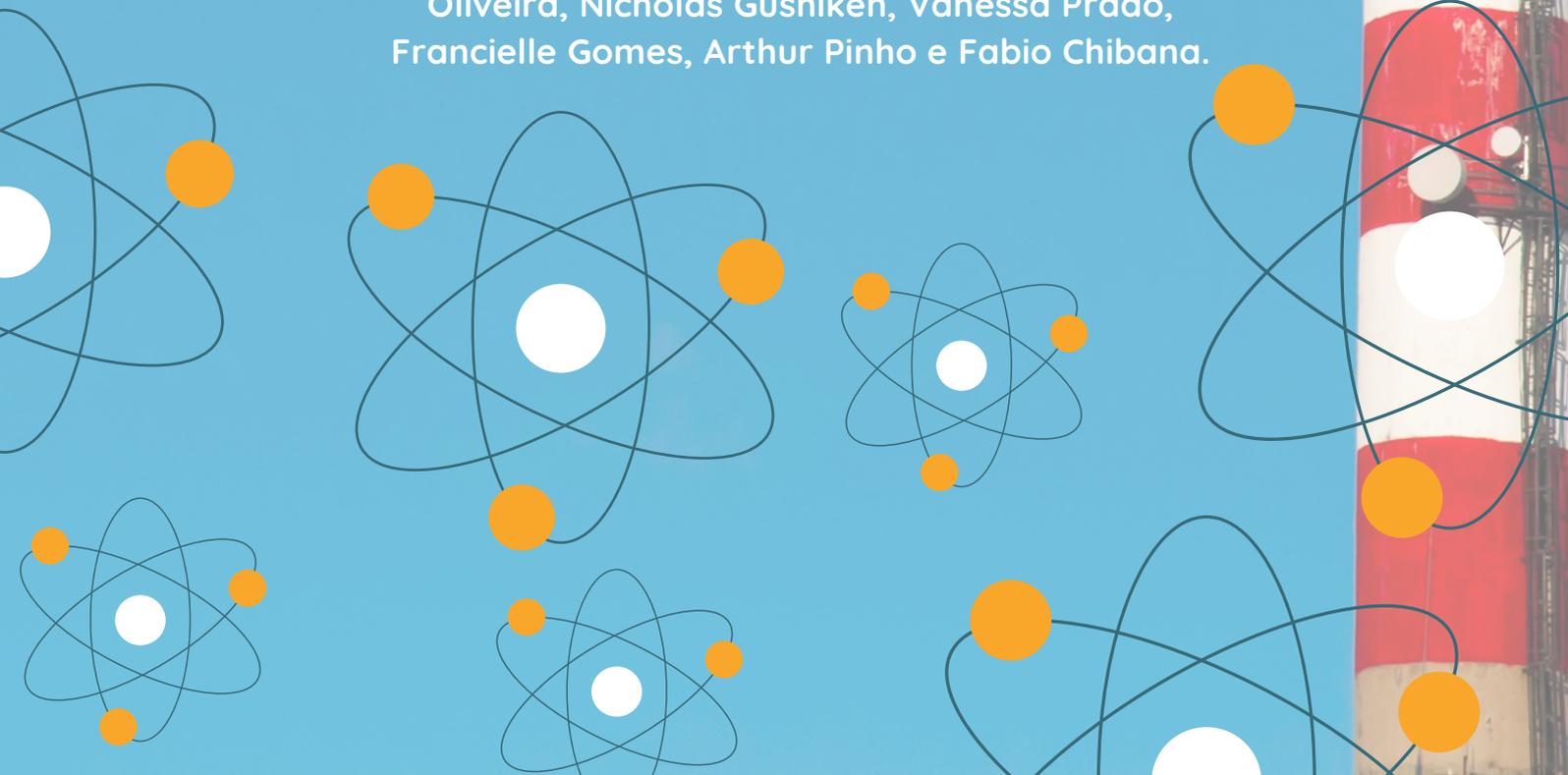
# EMISSÃO E ABSORÇÃO DE



**O aquecimento global é real?  
Qual o nosso impacto?**

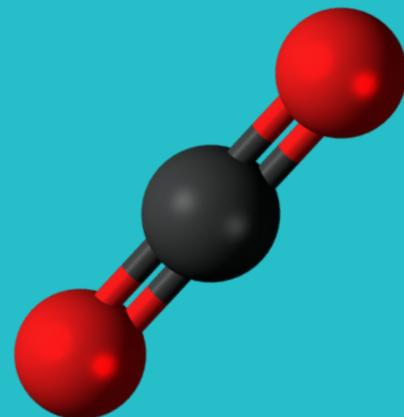
Esperamos responder suas dúvidas neste livreto.  
Acho interessante? Compartilhe essas  
informações com mais pessoas. A ciência é para  
todos.

Feito pelos alunos: Jurandi Campelo, Thamires  
Oliveira, Nicholas Gushiken, Vanessa Prado,  
Francielle Gomes, Arthur Pinho e Fabio Chibana.

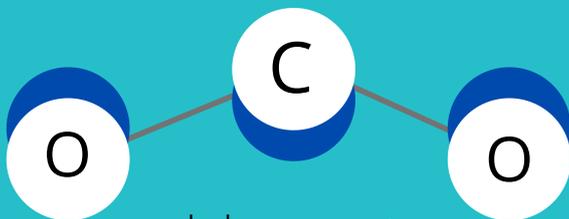


# A MOLÉCULA DE CO<sub>2</sub>

O CO<sub>2</sub> é uma molécula linear, em que o carbono realiza duas ligações com cada oxigênio (Figura 1). Ele foi descoberto em 1640 por um químico chamado Jan Baptiste van Helmont, quando, ao atear fogo em carvão, notou que a massa inicial do carvão era maior do que a massa final de fuligem formada. Dessa forma, percebeu que algo estava sendo formado que ele não conseguia enxergar. Deu o nome disso de gás e, posteriormente, ela mudou de nome para gás carbônico.



estiramento assimétrico



dobramento



estiramento simétrico

O CO<sub>2</sub> pode vibrar de diversas formas (Figura 2), e essas vibrações ocorrem quando a molécula recebe algum tipo de energia. Uma possível forma de energia que a molécula pode receber é a luminosa, e isso acontece muito com o gás carbônico na atmosfera ao receber luz solar. Algumas partes da luz proveniente do sol têm a capacidade de interagir com o CO<sub>2</sub>, fazendo-o vibrar. Com isso, ele bate nas moléculas presentes no ar ao seu redor, transferindo energia para elas e aumentando a temperatura localmente.

# EFEITO ESTUFA X AQUECIMENTO GLOBAL

**ENTÃO VAMOS LÁ  
DESMISTIFICÁ-LOS!**

Bem, o efeito estufa é um processo natural onde ocorre retenção de calor (daí o nome "estufa") por parte da atmosfera terrestre. Podemos imaginar os gases do efeito estufa como um "cobertor" que impede que a terra perca parte da energia proveniente do sol. Portanto, o efeito estufa tem um papel muito importante na manutenção da vida terrestre.



Os gases do Efeito Estufa, principalmente o CO<sub>2</sub>, permitem que a luz do Sol passe por eles.

## EFEITO ESTUFA

Parte da energia solar é refletida pelas nuvens e pela superfície terrestre

Esses mesmos gases, porém, retêm grande parte do calor gerado pela luz do Sol. Este calor é refletido de volta para a superfície pelas moléculas dos gases do Efeito Estufa, gerando mais calor.

### GASES DO EFEITO ESTUFA

**O CONCEITO É SIMPLES, MAS SABE O QUE NÃO É?  
AS SUAS CONSEQUÊNCIAS:**

- Degelo das calotas polares, causando elevação do nível médio dos oceanos e, conseqüentemente, o possível desaparecimento de áreas costeiras;
- Mudanças severas no regime de chuvas de algumas regiões, podendo causar desde desertificação até enchentes;
- Desequilíbrios ecológicos das mais diversas formas;
- Perda de produtividade de algumas regiões, sobretudo as agrícolas.

*Efeito estufa e aquecimento global são dois conceitos que costumam ser mal interpretados.*

**SE SÃO OS GASES DO EFEITO ESTUFA OS RESPONSÁVEIS PELA ABSORÇÃO DO CALOR, UM AUMENTO DELES PODE CAUSAR UM AUMENTO DA TEMPERATURA, CERTO?**

Exatamente, é daí que vem o conceito de aquecimento global! Acontece que nos últimos anos a emissão de gases causadores do efeito estufa (principalmente dióxido de carbono e metano) vem alavancando intensamente este efeito e, conseqüentemente, elevando a temperatura média do planeta. Portanto, o aquecimento global é simplesmente o processo de aumento da temperatura média do nosso planeta.

**ESSAS E OUTRAS CONSEQUÊNCIAS DEIXAM CLARO A NECESSIDADE DE CONTROLAR O AGRAVAMENTO DO EFEITO ESTUFA.**

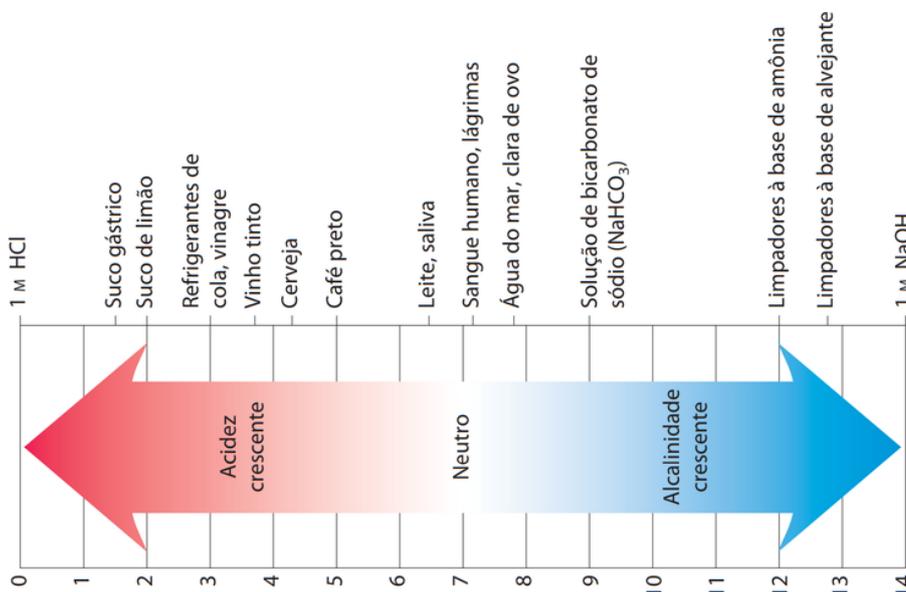
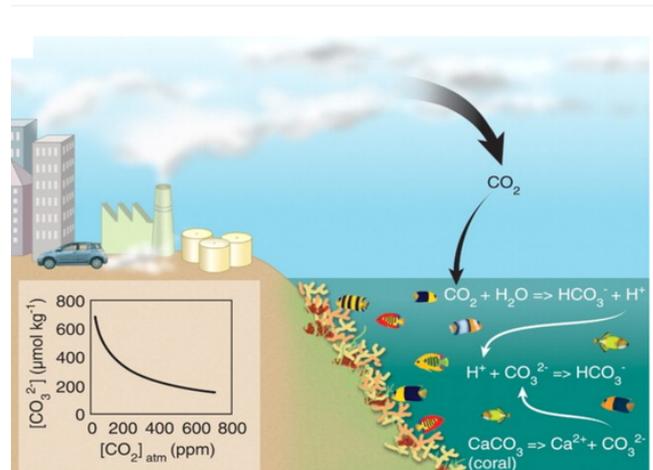
**DE FATO, ADOTAR MEDIDAS CONTRA O AQUECIMENTO GLOBAL ACABAM POR GERAR CUSTOS, MAS O CUSTO DE NÃO COMBATÊ-LO É MUITO MAIOR!**

# ACIDIFICAÇÃO DOS OCEANOS

Sabe-se que os níveis de CO<sub>2</sub> na atmosfera vêm aumentando relativamente nas últimas décadas devido à altas taxas de emissão dessa substância pelas atividades antropogênicas, contudo seus impactos não se limitam apenas a biosfera terrestre: parte desse excesso de CO<sub>2</sub> presente no ar é absorvido pelos oceanos. Sua alta concentração altera o pH da água do mar, tornando-a mais ácida e, conseqüentemente prejudicial a biodiversidade marinha.

## COMO OCORRE A ACIDIFICAÇÃO

A dissolução do CO<sub>2</sub> na água do mar, quando em quantidades normais, é aproveitada para a formação de carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>), utilizado para a calcificação de diversos seres marinhos. Porém, ao aumentar a concentração de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) em água, ocorre uma reação química que produz um ácido, chamado ácido carbônico (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). Este ácido, sendo muito instável, libera íons de hidrogênio (H<sup>+</sup>), responsáveis pela elevação da acidez e pela deficiência de íons de carbonato no meio.



**ESCALA DE PH**  
Para medir o nível de acidez, usa-se a escala de pH: a escala varia de 0 (altamente ácido) a 14 (altamente alcalino), sendo 7 considerada a parcela neutra.

# ACIDIFICAÇÃO DOS OCEANOS

## DANOS AMBIENTAIS



O processo de acidificação dos oceanos torna a água “corrosiva” para organismos que possuem estruturas calcárias e produzem conchas, aspecto que inibe o desenvolvimento de ecossistemas coralinos e de diversos organismos. Com a degradação dos recifes coralinos, a biodiversidade marinha fica completamente comprometida, uma vez que os corais são responsáveis por sustentar o desenvolvimento de muitas espécies, garantindo meio para alimentação e reprodução. Logo, a vida para certos organismos se torna praticamente impossível.

### OUTRAS CONSEQUÊNCIAS...



A degradação dos recifes coralinos afeta o turismo e a produção pesqueira, uma vez que os corais são berço de inúmeras espécies de grande interesse comercial.

Desse modo, é nítido como a absorção em massa de CO<sub>2</sub> é extremamente prejudicial para os ecossistemas marinhos, podendo causar grande desequilíbrio ecológico e até extinção de espécies. E, não menos importante, desencadeia consequências sociais e econômicas.



Imagem: Canva.

# EMISSÃO DE CO<sub>2</sub> E SAÚDE

É fato que a emissão em massa de dióxido de carbono influencia a ocorrência de eventos como a alteração climática, causada pelo aumento gradual da temperatura terrestre. Nesse sentido, é importante alertar sobre os efeitos destes eventos na saúde da população.

## DOENÇAS RESPIRATÓRIAS

A alta concentração de gases estufa na atmosfera, como o CO<sub>2</sub>, produz um fenômeno chamado inversão térmica. Este fenômeno intensifica a concentração da poluição, principalmente em centros urbanos, expandindo o contato entre pessoas e poluentes.



Imagem: Canva.

A consequência disso é o crescimento dos casos de doenças no trato respiratório, como asma, alergias, infecções bronco-pulmonares e infecções das vias aéreas superiores (sinusite), principalmente nos grupos mais suscetíveis, que incluem as crianças menores de 5 anos e indivíduos maiores de 65 anos de idade.

## DOENÇAS INFECCIOSAS

Além de doenças respiratórias, a alteração climática, causada pelo efeito estufa, intensifica a propagação de doenças infecciosas, uma vez que estas são sensíveis a mudanças de temperatura e exposições a condições extremas. O desequilíbrio climático altera os ecossistemas e desencadeia a proliferação de vetores, como mosquitos, fato que possibilita a ocorrência frequente de pandemias em áreas tropicais e subtropicais, como o Brasil.



Imagem: Canva.

Essas doenças são principalmente arboviroses, como dengue, encefalites e febre amarela. O desenvolvimento dos vetores dessas enfermidades, sendo um deles o *Aedes aegypti*, é mais eficaz em temperaturas elevadas.

# POR QUE EMITIMOS TANTO?

A FUMAÇA NÃO É UM PROBLEMA ATUAL, HÁ EVIDÊNCIAS DE QUE O HOMEM DAS CAVERNAS JÁ LIDAVA COM ESTE PROBLEMA QUANDO PRODUZIA O FOGO. COM O PASSAR DOS SÉCULOS, ESTE PROBLEMA SE AGRAVOU, E ASSIM CHEGAMOS NA METADE DO SÉCULO XVIII NA INGLATERRA, BERÇO DA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL, ONDE A POLUIÇÃO DO AR ALCANÇOU ÍNDICES PREOCUPANTES. NESTE PERÍODO FICOU CONHECIDO O TERMO “SMOG” (NEVOEIRO DE FUMAÇA) PARA DESCREVER O QUADRO DO AR ATMOSFÉRICO POLUÍDO DOS GRANDES CENTROS URBANOS, COMPOSTO POR ÁGUA, DIÓXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>) E OUTROS RESÍDUOS DAS REAÇÕES DE COMBUSTÕES ADVINDO DAS GRANDES INDÚSTRIAS QUE SURGIRAM, SEM FISCALIZAÇÕES AMBIENTAIS, E DOS MAIS NOVOS VEÍCULOS. MAS E ATUALMENTE, QUAIS SÃO AS FONTES DESTES GÁS?

## PRINCIPAIS FONTES



Segundo o Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), as principais fontes de CO<sub>2</sub> do Brasil, sétimo maior emissor do mundo, são:

- Mudanças do uso de terras e florestas;
- Agropecuária e energia, respectivamente.

Na Amazônia, a taxa de desmatamento, principal causa do acúmulo deste gás, estava em torno de 17 mil km<sup>2</sup> na década de 90, o que equivale a uma emissão média de 200 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>. Infelizmente os últimos dados não trazem boas notícias, entre agosto de 2019 e julho de 2020 foram desmatados mais que 9,2 mil km<sup>2</sup> da floresta, um aumento de 50% em relação a mesma faixa de tempo do ano anterior.

Os responsáveis por este triste quadro se encontram em segundo lugar na emissão do CO<sub>2</sub>, o agronegócio. Apenas 2% das propriedades rurais causam cerca de 62% do desmatamento potencialmente ilegal somados na Amazônia e no Cerrado. Todos esses dados são preocupantes, e nos fazem pensar que nada pode ser feito a respeito, porém há muitas coisas que podem ser feitas!



Imagem: Canva.

# PEGADA DE CARBONO



CRIADO NA DÉCADA DE 90, PELOS PESQUISADORES WILLIAM REES E MATHIS WACKERNAGEL, ESTE ÍNDICE MEDE O IMPACTO CAUSADO PELAS MAIS DIVERSAS ATIVIDADES DO HOMEM.

## VOCÊ SABIA?

Para produzir um carro, são liberados em média 17 toneladas de CO<sub>2</sub>

**CADA BRASILEIRO** PRODUZ EM MÉDIA 7,85 TONELADAS DE CO<sub>2</sub> POR ANO



País	Per capita (tCO <sub>2</sub> e habitante / ano)
Brasil	7.85
EUA	27.31
China	8.24
Coréia do Sul	12.52
Canadá	21.73
Argentina	9.28
México	6.91
Suíça	6.78
África do Sul	8.61
Moçambique	14.70
Arábia Saudita	17.18
Rússia	18.14
Cuba	4.42

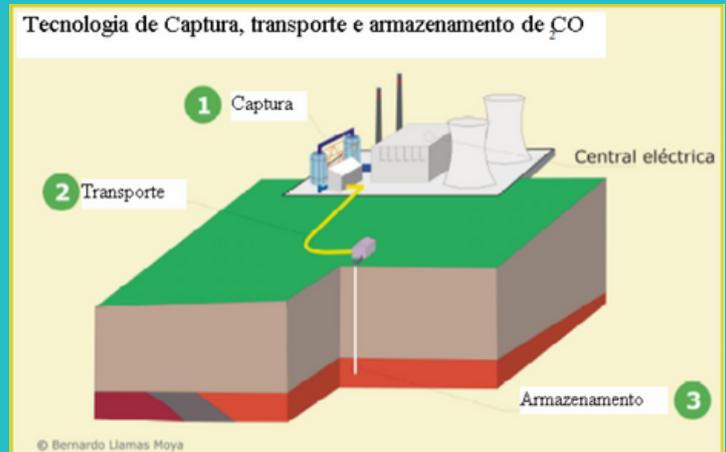
# DIMINUINDO A EMISSÃO DE CO<sub>2</sub>



## CAPTURA DE CARBONO



A captura de carbono atualmente é feita nos locais onde há grande emissão localizada de CO<sub>2</sub> (usinas elétricas e fábricas). A captura hoje é realizada com solventes, líquidos e sólidos. Há outras tecnologias em desenvolvimento, como membranas permeáveis, que poderão ser utilizadas no futuro.



Etapas da captura de carbono. Fonte: BARBOSA, M. N.

A extração do CO<sub>2</sub> é feita hoje em maior parte após o uso das matérias primas (carvão, gás natural, minérios, etc), removendo cerca de 70% do CO<sub>2</sub> liberado. Há também outras técnicas, como a remoção do carbono antes da combustão, que gera hidrogênio para uso em turbinas e células de combustível

A remoção do carbono diretamente da atmosfera é mais difícil, devido à concentração muito mais baixa do que nas chaminés de usinas e fábricas. A técnica mais simples é fazer com que plantas absorvam o carbono atmosférico

## ARMAZENAMENTO E UTILIZAÇÃO DO CARBONO



Até recentemente, o carbono capturado era simplesmente liberado na atmosfera, por falta de políticas que incentivassem o armazenamento, e baixo valor comercial. Hoje, parte do carbono absorvido é armazenado na forma de compostos inorgânicos, como CaCO<sub>3</sub>, ou simplesmente injetado no solo, como por exemplo em locais onde houve extração de petróleo e gás natural.

Uma das alternativas biológicas é o cultivo de algas e microalgas, que apresentam maior eficiência na absorção de CO<sub>2</sub> em relação às plantas. Parte do CO<sub>2</sub> absorvido pelas algas é armazenado no fundo dos oceanos, na forma de carbonatos

Há também técnicas sendo desenvolvidas para a utilização do CO<sub>2</sub> em processos como a extração de petróleo, que acaba armazenando parte do carbono no solo; a captura e armazenamento do carbono atmosférico em concreto; e até a transformação em combustível e iluminação com a ajuda de algas e bactérias



Imagem: Tom Little Photography LLC

## SOLUÇÃO?

A captura, armazenamento e utilização do carbono, enquanto certamente uma grande ajuda no combate ao aquecimento global, não é uma solução completa. Ao menos não com a tecnologia conhecida hoje. A absorção do carbono não é perfeita, mas é essencial se quisermos continuar a usar combustíveis fósseis, que junto com o uso de energias limpas trazem benefícios não só ecológicos, como também econômicos



Imagem: Seon-Yeong Kwak

# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



1. Doney, S. C., Fabry, V. J., Feely, R. A., & Kleypas, J. A. (2009). Ocean acidification: the other CO<sub>2</sub> problem. *Annual review of marine science*, 1, 169–192. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev.marine.010908.163834>  
Acesso em: 15 out. 2020
2. Hatje, Vanessa, Costa, Mônica Ferreira da, & Cunha, Letícia Cotrim da. (2013). *Oceanography and Chemistry: bridging knowledge in favor of the oceans and society*. *Química Nova*, 36(10), 1497–1508. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422013001000004>. Acesso em: 15 out. 2020
3. BARCELLOS, Christovam et al. Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil. *Epidemiol. Serv. Saúde*, Brasília, v. 18, n. 3, p. 285–304, set. 2009. Disponível em <[http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1679-49742009000300011&lng=pt&nrm=iso](http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-49742009000300011&lng=pt&nrm=iso)>.  
Acesso em 15 out. 2020
4. GALATI, E. A. B.; CAMARA, T. N. de L.; NATAL, D.; CHIARAVALLOTI-NETO, F. Mudanças climáticas e saúde urbana. *Revista USP*, [S. l.], n. 107, p. 79–90, 2015. DOI: 10.11606/issn.2316-9036.v0i107p79-90. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/115116>. Acesso em: 15 out. 2020
5. Fomichev, V.I and G.M Shved, 1988: Net radiative heating in the middle atmosphere. *Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics*, Col. 50, No. 8, 671–688.
6. Fourier J (1824). "Remarques Générales Sur Les Températures Du Globe Terrestre Et Des Espaces Planétaires". *Annales de chimie et de physique* [S.l.: s.n.] 27: 136–67.
7. BARBOSA, M. N. Síntese, caracterização e aplicação de MCM-41 funcionalizado com diisopropilamina no processo de adsorção do dióxido de carbono. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2009. Figura 3.2 p. 24.

# **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**



- 8. López-Puertas, M. and M.A. López-Valverde, 1990: Studies of solar heating by CO<sub>2</sub> in the upper atmosphere using a non-LTE model and satellite data. Journal of the Atmospheric Sciences. Vol. 47, No. 7, 809-822.**
  
- 9. Cox, P.M., Betts, R.A., Collins, M., Harris, P.P., Huntingford, C., Jones, C.D. Amazonian forest dieback under climate-carbon cycle projections for the 21st century. Theor. and Appl. Clim., 78, 137-156, 2004**
  
- 10. Gibbons, J.D. Nonparametric Methods for Quantitative Analysis. Holt, Rhinehart, and Winston. 1976**  
**Houghton, R. A. et al. Annual fluxes of carbon from deforestation and regrowth in the Brazilian Amazon. Nature 403, 301-304, 2000**
  
- 11. DE SOUZA, A.M., 2004, Estudo de emissões de vapores orgânicos no carregamento de gasolina em caminhões-tanque. Tese M.Sc., Departamento de Engenharia Ambiental, UFBA, Salvador, BA, Brasil.**
  
- 12. EEA, 2002, Environmental Signals 2002 – Benchmarking the Millennium, Environmental Assessment Report nº9, European Environmental Agency, Copenhagen, Denmark, p.149.**
  
- 13. ERICSSON, E., 2000, "Variability in urban driving patterns", Transportation Research Part D 5, pp. 337-354**
  
- 14. MANAHAN, S.E., 2000, Environmental Chemistry. 7 ed. New York, CRC Press LLC.**
  
- 15. CALCULADORA DE PEGADA DE CARBONO. Iniciativa Verde. Disponível em: <<http://www.iniciativaverde.org.br/calculadora/index.php>>. Acesso em: 15 out 2020.**
  
- 16. AELLOS, Lucas. O que é pegada de carbono? Revista Super Interessante, 2018. Disponível em:< <https://super.abril.com.br/mundo-estranho/o-que-e-pegada-de-carbono/>>. Acesso em: 16 out. 2020.**

# **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- 17. ALVES, A.; VASCONCELOS, W. DESENVOLVIMENTO DE MONOLITOS BASEADOS EM SÍLICA PARA CAPTURA DE CO<sub>2</sub>. Mestrado—[s.l.] Universidade Federal de Minas Gerais, 2018.**
- 18. BORGES, L. et al. Potencial de absorção de carbono por espécies de microalgas usadas na aqüicultura: primeiros passos para o desenvolvimento de um “mecanismo de desenvolvimento limpo”. Atlântica (Rio Grande), v. 29, n. 1, 2007.**
- 19. CHATURVEDI, K.; SHARMA, T. Enhanced carbon capture and storage in depleted sandstone reservoirs using silica nanofluids. Materials Today: Proceedings, 2020.**
- 20. DRECHSLER, C.; AGAR, D. Intensified integrated direct air capture - power-to-gas process based on H<sub>2</sub>O and CO<sub>2</sub> from ambient air. Applied Energy, v. 273, 2020.**
- 21. LIU, M.; GADIKOTA, G. Single-step, low temperature and integrated CO<sub>2</sub> capture and conversion using sodium glycinate to produce calcium carbonate. Fuel, v. 275, 2020.**
- 22. LIU, R. et al. Technology and method for applying biochar in building materials to evidently improve the carbon capture ability. Journal of Cleaner Production, v. 273, 2020.**
- 23. LOZANO, E.; PEDERSEN, T.; ROSENDAHL, L. Integration of hydrothermal liquefaction and carbon capture and storage for the production of advanced liquid biofuels with negative CO<sub>2</sub> emissions. Applied Energy, v. 279, 2020.**
- 24. MOHSIN, I. et al. Economic and Environmental Assessment of Integrated Carbon Capture and Utilization. Cell Reports Physical Science, v. 1, 2020.**
- 25. NAIR, J.; SHIKA, S.; SREEDHARAN, V. Biochar Amended Concrete for Carbon Sequestration. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, v. 936, 2020.**
- 26. TAOJO, J. Algae Lamps: CO<sub>2</sub> Absorbing Sustainable Lamps. Disponível em: <<http://efser.eu/responsible-innovation/environnemental-protection/algaelamps-co2-absorbing-sustainable-lamps/>>. Acesso em: 15 out. 2020.**
- 27. WANG, J. et al. Feasibility of solar-assisted CO<sub>2</sub> capture power plant with flexible operation: A case study in China. Applied Thermal Engineering, v. 182, 2020.**

# ***REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS***

- 28. IPCC, 2005: IPCC Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage. Prepared by Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Metz, B., O. Davidson, H. C. de Coninck, M. Loos, and L. A. Meyer (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 442 pp.**
- 29. William D. Jones. Carbon Capture and Conversion. Journal of the American Chemical Society, v. 142, n. 11, p. 4955-4957, 18 mar. 2020**
- 30. Chalmers, H. Fundamentals point to carbon capture. Nature Climate Change. v. 9, n. 5, p. 348, 1 mai. 2019**