

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DAS EMISSÕES DE CO₂ E DE CARACTERÍSTICAS LOCAIS NO PH DA ÁGUA DA CHUVA EM TERESINA-PI

Isadora F. B. Araújo;¹
Francisco Henrique P. Lopes;²
Silvana S. R. M. Menezes;

¹ isadorabarros@brightbee.com.br

² franciscolopes@brightbee.com.br

³ silvanarego@brightbee.com.br

Palavras-Chave: pH, água da chuva e emissão de gases poluentes.

Introdução

Teresina é uma cidade brasileira, capital do estado do Piauí, e seu clima é tropical, caracterizado por duas estações bem definidas. A estação chuvosa ocorre entre dezembro e junho, período que apresenta as maiores medidas de umidade e volumes de precipitação [5]. O período de maior precipitação é de extrema importância em Teresina para o melhor funcionamento da ocupação do solo, para os setores agrícola e pecuário da região e para o bom desenvolvimento e manutenção dos níveis perenes de rios, córregos, lagos e lagoas.

Devido ao aumento da temperatura média local de 2°C no século XX, duas vezes mais que a média do aquecimento global mundial, fica claro que houve um aumento na emissão de gases de efeito estufa [6]. Essas liberações foram potencializadas principalmente pelo intenso uso de automóveis particulares - que fez com que as emissões de carbono pelos combustíveis fossem superiores à média brasileira (860 kg CO₂/hab) - e pela diminuição de áreas verdes adequadas causada pela expansão urbana.

O Brasil era um país muito dependente no desenvolvimento econômico, conseqüentemente, os processos de urbanização e desenvolvimento ocorreram mais tardiamente e com falta de organização. Assim, o desenvolvimento de Teresina causou o desmatamento de muitas áreas do centro da cidade, o que criou ilhas quentes nessas áreas, e o aumento da temperatura média desses locais quando comparados com áreas mais periféricas de Teresina [7]. Esses fatores tornam evidente que também há mudanças nas emissões de dióxido de carbono da cidade. Portanto, é muito importante compreender este fenômeno e suas conseqüências existentes. Por exemplo na precipitação, devido à sua relevância no sector econômico da cidade e também na manutenção das fontes de água.

Assim, o intuito dessa pesquisa é compreender melhor a relação entre as emissões de CO₂ e o pH da água da chuva, e concluir quanto a relação entre a maior quantidade de emissões de dióxido de carbono e a acidificação do pH da precipitação e verificar se a quantidade de vegetação na área influencia a quantidade de emissão de CO₂.

Desta forma deve-se considerar que o dióxido de carbono, na atmosfera, é um gás sem cor e sem odor. É formado pela respiração humana e animal, pela fermentação e pela combustão de materiais que contêm carbono [3]. A presença desse gás na Terra impacta na retenção de calor, pois o dióxido de carbono impede que parte da energia radiante recebida pelo Sol seja devolvida ao espaço [2]. Por isso colabora com o efeito estufa e é considerado um dos gases de efeito estufa. Hoje em dia, a quantidade desse gás na atmosfera é de 422 partes por milhão (ppm) e tende a aumentar. O dióxido de carbono permanece na atmosfera durante vários anos (300 a 1000 anos), pelo que os efeitos do aumento da sua emissão terão impacto em várias gerações da vida humana [2].

O aumento da emissão de CO₂ é consequência da Revolução Industrial. No entanto, desde 1990, esta quantidade tem crescido mais rapidamente, impulsionada pela globalização e pela necessidade de fazer avançar a tecnologia e tornar os transportes ainda mais rápidos [4].

É de suma importância compreender que escala de pH mede a acidez da água calculando a concentração logarítmica de hidrogênio (H⁺) e hidróxido (OH⁻). Quanto menor for esse valor, maior será a quantidade de acidez, pois haverá mais íons hidrogênio do que íons hidróxido [10].

Quando relacionado à água da chuva, é importante estudar esses valores devido aos seus impactos quando inferiores ao pH médio da água, 7 [11]. O baixo pH provoca chuva ácida, que aumenta a acidificação dos mananciais, contribui para a morte de algumas específicas espécies do habitat e consequentemente prejudica a cadeia alimentar deste ambiente. Além disso, também provoca a liberação de muito alumínio e a diminuição de nutrientes no solo das florestas e plantações e prejudica a estrutura das plantas, o que dificulta a manutenção de tais ambientes saudáveis. Ademais, a chuva ácida e o nevoeiro por ela criado podem danificar as estruturas físicas da cidade, assim como o nevoeiro pode causar problemas de saúde na visão e na respiração [12].

Material e Métodos

A primeira etapa metodológica deste projeto foi a instalação de 2 registradores de dados de temperatura e pressão (datalogger PDF) em uma região rural e uma urbana de Teresina durante o mês de abril de 2024. Nesse mesmo período, foram coletadas 5 amostras de água pluvial de cada região em recipientes de capacidade 220 mL enquanto eram registrados os dados no data logger. Após a coleta, as amostras foram levadas ao laboratório de química da escola Bright School para a análise do pH e os dados coletados nos registradores foram instalados em um computador. Todas as amostras foram utilizadas para a análise através da medida do pH no pHmetro de bancada (AKSO AK151). O procedimento foi realizado um seguido do outro e para manter a precisão dos resultados o eletrodo do aparelho foi higienizado após cada mensuração com uma toalha de papel. Em seguida, foi necessário o uso de 1 calculadora científica (CASIO fx-CG50) para calcular as emissões de CO₂ nas respectivas datas e horários por meio da fórmula criada pela empresa Vaisala [16] em 2019:

$$p(t,p) = p(25^{\circ}\text{C}, 1013\text{hPa}) \times p1013 \times 298(273 + t)$$

$$p(t,p) = 1000 \times p1013 \times 298(273 + t)$$

Exemplo: $p(28.9, 997.8) = 1000 \times 997.8 \times 1013 \times 298(273 + 28.9) = 972 \text{ ppm}$

Na última etapa do processo os dados adquiridos foram comparados e utilizados para verificar se a maior quantidade de emissões de dióxido de carbono provoca a acidificação do pH da precipitação e se a quantidade de vegetação na área influencia a quantidade de emissão de CO₂. Em seguida, foram feitas tabelas e gráficos para as comparações e análise mais clara dos resultados, levando assim aos resultados finais e a conclusão do projeto.

Resultados e Discussão

Tabela de dados brutos 1: tabela que mostra as informações coletadas na área rural

Amostra	Data	Horário	Temperatura (°C)	Pressão (hPA)
A	03/04/24	18:18	28.9 °C	997.8 hPA
B	06/04/24	19:15	27.3 °C	999.7 hPA
C	08/04/24	19:21	26.7 °C	999.3 hPA
D	09/04/24	18:53	29.6 °C	997.1hPA

E	10/04/24	17:38	27.7 °C	997.8 hPA
---	----------	-------	---------	-----------

Tabela de dados brutos 2: tabela que mostra as informações coletadas na área urbana

Amostra	Data	Horário	Temperatura (°C)	Pressão (hPA)
A	06/04/24	19:40	27.7 °C	1003.3 hPA
B	08/04/24	20:10	26.7 °C	1003.7 hPA
C	20/04/24	11:33	33.6 °C	1004.4 hPA
D	22/04/24	21:23	29.6 °C	1003.7 hPA
E	27/04/24	12:33	36.7 °C	999.8 hPA

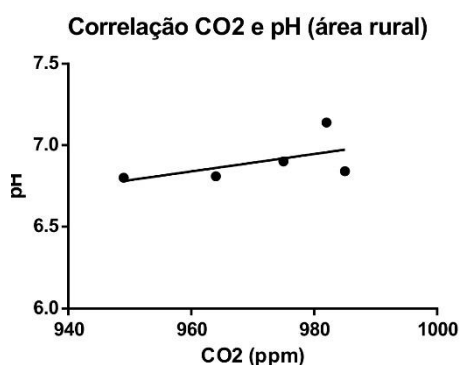
Tabela de dados analisados 1: tabela que apresenta as informações calculadas relacionadas a área rural

Amostra	Data	Valor do pH	Emissão de CO2 (ppm)
A	03/04/24	8.10	972 ppm
B	06/04/24	8.00	979 ppm
C	08/04/24	7.49	981 ppm
D	09/04/24	7.10	969 ppm
E	20/04/24	7.70	976 ppm

Tabela de dados analisados 1: tabela que apresenta as informações calculadas relacionadas a área urbana

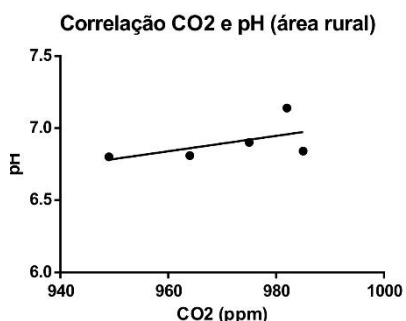
Amostra	Data	Valor do pH	Emissão de CO2 (ppm)
A	06/04/24	7.14	982 ppm
B	08/04/24	6.84	985 ppm
C	20/04/24	6.81	964 ppm
D	22/04/24	6.90	975 ppm
E	27/04/24	6.80	949 ppm

Gráfico de dados analisados 1: gráfico que apresenta a relação entre o pH da água pluvial rural em comparação com a emissão de CO2 local



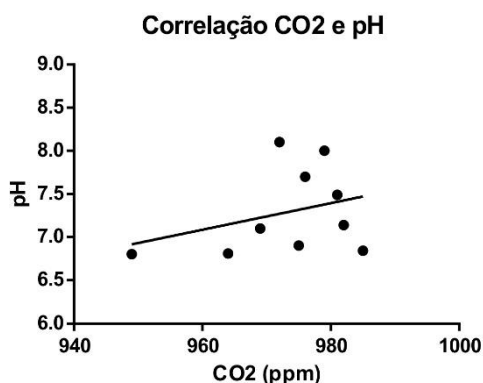
Correlação CO₂ e pH

Gráfico de dados analisados 2: gráfico que apresenta a relação entre o pH da água pluvial urbana em comparação com a emissão de CO₂ local



Correlação CO₂ e pH

Gráfico de dados analisados 1: gráfico que apresenta a relação entre o pH da água pluvial rural e urbana em comparação com a emissão de CO₂ local



Analisando as tabelas e os gráficos percebe-se que as emissões de dióxido de carbono não apresentam um padrão quanto a sua influência no pH da água da chuva, visto que em ambas as regiões os dados variam bastante de acordo com os dias. Os resultados tornam possível de compreender que o CO₂ não é um fator que influencia mais que outros - tráfego nas ruas, arborização do local e emissão de outros gases poluentes (dióxido de enxofre e óxidos de nitrogênio) - quanto ao pH da água pluvial em diferentes regiões, por mais que o aumento gradativo de suas emissões com o passar dos anos cause prejuízos nas cidades e no meio ambiente local.

O artigo científico, Changes in Rainwater pH associated with Increasing Atmospheric Carbon Dioxide after the Industrial Revolution, de Robert A. J. Bogan, Shigeru Ohde, Takeshi Arakaki, Ikuko Mori & Cameron W. McLeod, apresenta que há uma influência do CO₂ no pH da água da chuva devido as intensas atividades humanas relacionadas à indústria e transportes com o passar dos anos, ou seja a hipótese criada apresenta uma maior veracidade quando

comparado o aumento das emissões de CO₂ historicamente, pois quando analisada em diferentes regiões o aumento das emissões é visto mais discretamente e com pode ser relativo, devido à outros fatores que influenciam nesse valor. Assim, confirma-se que as emissões de CO₂ são fundamentais para um pH mais alcalino da água da chuva.

Através dos dados coletados, também é possível perceber que as emissões de dióxido de carbono não são sempre maiores em áreas urbanas, pois a depender da pressão atmosférica e da temperatura esse valor variará, por mais que haja uma vegetação menor e maior tráfego nas áreas urbanas. Esse resultado pode ser considerado válido pois conforme a teoria dos gases $p.V = n.R.t$ a concentração de um gás na atmosfera é diretamente proporcional à pressão atmosférica e inversamente proporcional a temperatura. Os resultados também apontam que em dias mais frios, o pH da água da chuva é mais ácido e as emissões de dióxido de carbono são maiores. Apontamentos que são reafirmados no artigo científico mencionado anteriormente. Também é possível ter essa a conclusão quanto às emissões de CO₂ por meio da interpretação da fórmula utilizada.

Conclusões

Tendo em vista as hipóteses levantadas nessa pesquisa e os resultados do experimento, percebe-se que não há compatibilidade total entre ambos, visto que há outras variáveis independentes no ambiente que apresentam grande influência sobre a variável dependente (pH da água pluvial). Porém, esse estudo permite uma vasta compreensão sobre a climatologia de Teresina no período chuvoso tanto pela análise da temperatura, quanto pela análise do pH da água da chuva. Além disso, a pesquisa chama atenção para fatores antropológicos que afetam as condições pluviométricas de Teresina e que com o passar do tempo vêm aumentando e tendo influências negativas, como as emissões de CO₂ estudadas, o desmatamento para a construção urbana, a emissão de outros gases poluentes e o aumento constante no tráfego de veículos.

Assim, conclui-se que o aumento da emissão de dióxido de carbono é percebido como muito influente na acidificação da água da chuva ao longo dos anos, ao invés de em diferentes regiões das cidades. Esse apontamento, torna evidente a necessidade de medidas sustentáveis para o processo de urbanização da cidade de Teresina e das demais cidades do Brasil, visto que esse processo é extremamente desgastante para o meio ambiente, e conseqüentemente traz inúmeros prejuízos para os seres humanos. De mesmo modo, os resultados adquiridos evidenciam que a temperatura local tem grande influência tanto na emissão de CO₂ local quanto na acidificação do pH. Esse apontamento, torna perceptível que as medidas para o controle das mudanças climáticas são essenciais, tendo em vista que elas provocam instabilidade na temperatura e como consequência prejuízos no pH da água da chuva e nas emissões de dióxido de carbono.

Referências

1. <https://www.britannica.com/science/carbon-dioxide> Acesso em 01/29/2024
2. <https://climate.nasa.gov/news/2915/the-atmosphere-getting-a-handle-on-carbon-dioxide/> Acesso em 01/29/2024
3. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/carbon%20dioxide>
4. Hannah Ritchie, Pablo Rosado and Max Roser (2020) - "Emissions by sector: where do greenhouse gases come from?" Published online at OurWorldInData.org. Retrieved from: 'https://ourworldindata.org/emissions-by-sector' [Online Resource] Acesso em 01/29/2024
5. <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/piaui/teresina-3935/>Acesso em 02/10/2024
6. <https://g1.globo.com/pi/piaui/noticia/2023/03/20/evento-discute-mudancas-climaticas-em-teresina-capital-enfrenta-cenario-de-aquecimento.ghtml> Acesso em 02/10/24

7. ESPAÇO URBANO E A SAÚDE AMBIENTAL: REFLEXÕES SOBRE A CAPITAL PIAUIENSE. Geografia: Publicações Avulsas. Universidade Federal do Piauí, Teresina, v.2, n. 1, p. 189-210, jan./jun. 2020. Acesso em 02/10/2024
8. Climatologia da pluviometria do município de Teresina, Piauí, Brasil. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável V.11, Nº 4, p. 135-141, 2016 Pombal, PB, Grupo Verde de Agroecologia e Abelhas <http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS> Acesso em 02/10/2024
9. <https://www.montclair.edu/water-science/environmental-services/acidity/#:~:text=pH%20is%20an%20important%20parameter,sediment%20into%20the%20water%20column>. Acesso em 02/20/2024
10. <https://www.reagent.co.uk/blog/what-is-ph-scale/> Acesso em 3 02/20/2024
11. https://www3.epa.gov/acidrain/education/site_students/phscale.html Acesso em 02/20/2024
12. <https://www.nationalgeographic.com/environment/article/acid-rain> Acesso em 02/20/2024
13. <https://www.univates.br/tecnicos/media/artigos/Alini.pdf> Acesso em 05/16/2024
14. https://www3.epa.gov/acidrain/education/site_students/phscale.html#:~:text=Normal%2C%20clean%20rain%20has%20a,rain%20becomes%20much%20more%20acidic. Acesso em 02/21/2024
15. Bogan, R.A.J., Ohde, S., Arakaki, T. et al. Changes in Rainwater pH associated with Increasing Atmospheric Carbon Dioxide after the Industrial Revolution. *Water Air Soil Pollut* **196**, 263–271 (2009). <https://doi.org/10.1007/s11270-008-9774-0> Acesso em 02/21/2024
16. <https://www.vaisala.com/sites/default/files/documents/CEN-TIA-Parameter-How-to-measure-CO2-Application-note-B211228PT-A.pdf> Acesso em 05/22/24