

Capítulo 5

CHUVA ÁCIDA: FORMAÇÃO, CONSEQUÊNCIAS E PREVENÇÕES

Anna Clara Nunes Su

Isabelly Protásio Santos Freire

Marcelo Delena Trancoso

Alessandra Lemos do Nascimento

RESUMO

A chuva ácida é um fenômeno causado, principalmente, pela emissão de gases poluentes compostos por enxofre e nitrogênio, na atmosfera terrestre. Esses gases são gerados sobretudo, por ações humanas, tais como queimadas, atividades industriais e queima de combustíveis fósseis e também por fenômenos da natureza, como erupções vulcânicas, por exemplo. Esses poluentes reagem com o vapor d'água presente na atmosfera e formam ácidos que retornam à superfície terrestre com a precipitação. A chuva ácida provoca, dentre outros, a acidificação de solos, rios, lagos e mares, afetando a fauna e a flora; corrosão e vários problemas à saúde humana. Para prevenir esse fenômeno, é fundamental reduzir as emissões de gases poluentes empregando tecnologias limpas, adotando fontes de energias renováveis, implementando políticas ambientais rigorosas e conscientizando a população sobre suas causas e impactos, visando a mudança de hábitos e adoção de práticas sustentáveis. Sabendo disso, desenvolvemos este trabalho, onde buscamos esclarecer nossa comunidade escolar quanto à importância da redução das emissões poluentes. Para isso, realizamos um experimento onde

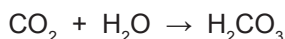
mostramos como a chuva ácida pode ser formada e baseado nessa prática, explicamos seu processo de formação, suas consequências para o meio ambiente e saúde humana, além de alguns métodos que podem ser empregados para evitar sua formação.

Palavras chave: Contaminação. Meio Ambiente. Poluição.

INTRODUÇÃO

O termo “chuva ácida” é empregado para qualquer precipitação de água, seja chuva, neblina ou neve (LANGANKE, 2024) e foi empregado pela primeira vez em 1852, pelo climatologista e químico escocês Robert Angus Smith (1817-1884), quando este apresentou um estudo explicando uma precipitação com alta acidez, que ocorreu em Manchester, Reino Unido, durante o período da Revolução Industrial (1760-1840) e relacionou a precipitação – “chuva ácida” – a contaminação atmosférica (ALMEIDA, MARRANGHELLO e DORNELES, 2020).

Geralmente, as chuvas já são levemente ácidas, mesmo em condições naturais. Isso se deve a reação química entre a água e o gás carbônico (dióxido de carbono – CO_2) presentes na atmosfera (MAGALHÃES, 2024), que forma ácido carbônico (H_2CO_3), segundo a equação:



No entanto, o aumento de CO_2 muito acima dessa quantidade naturalmente encontrada, e também de gases tóxicos compostos principalmente, por enxofre e nitrogênio, lançados na atmosfera, deixaram as chuvas com uma acidez muito acima da considerada normal.

Este aumento de gases se deve a industrialização acelerada, usinas, queimadas, crescimento urbano desordenado que provoca um grande aumento da circulação de automóveis que em sua maioria, utilizam combustíveis fósseis oriundos do carvão mineral, petróleo e gás natural, cuja combustão libera esses gases poluentes (FERREIRA, 2006, p.6).

Estes mesmos gases são lançados em grande quantidade, em atividades microbiológicas e erupções vulcânicas, que não alteram a acidez da chuva, pois são processos equilibrados que vem ocorrendo lentamente durante a evolução e em locais não específicos da Terra. Já as atividades humanas lançam enorme quantidade desses gases em locais específicos,

como áreas de concentração industrial e grandes centros, alterando a acidez da chuva (LANGANKE, 2024).

A fumaça lançada pelos automóveis e indústrias, contém óxidos – compostos binários sendo um deles o oxigênio. Dentre os óxidos formadores da chuva ácida, destacam-se o dióxido de enxofre (SO_2), trióxido de enxofre (SO_3), dióxido de nitrogênio (NO_2), monóxido de nitrogênio (NO) e dióxido de carbono (CO_2).

Semelhantemente a equação química de formação do ácido carbônico vista anteriormente, esses óxidos também reagem com a água presente na atmosfera gerando o ácido sulfúrico (H_2SO_4) e o ácido nítrico (HNO_3), como mostram as equações químicas seguintes:

Formação do ácido sulfúrico: $\text{SO}_2 (\text{g}) + \frac{1}{2} \text{O}_2 (\text{g}) + \text{H}_2\text{O} (\text{l}) \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 (\text{aq})$.

Formação do ácido nítrico: $\text{NO} (\text{g}) + \text{NO}_2 (\text{g}) + \text{O}_2 (\text{g}) + \text{H}_2\text{O} (\text{l}) \rightarrow 2 \text{HNO}_3 (\text{aq})$.

Os ácidos carbônico, sulfúrico e nítrico, são alguns compostos essenciais para a formação da chuva ácida. Tais ácidos ao interagirem com a água podem gerar consequências desastrosas para o meio ambiente, infraestrutura e a saúde humana.

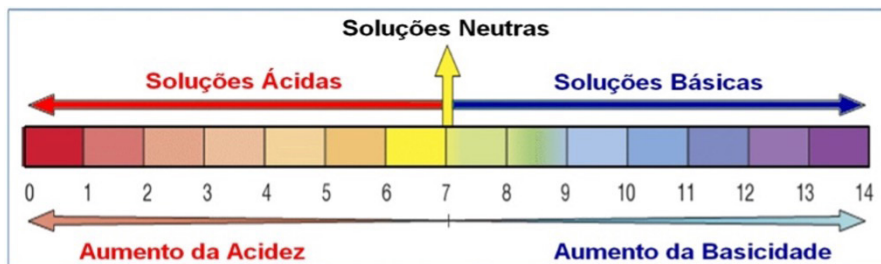
Como dito anteriormente, a chuva normal já possui um teor ácido, que não é maléfico ao meio ambiente, nem a saúde humana, pois possui um pH (potencial hidrogeniônico) em torno de 5,6, já uma chuva ácida, possui pH entre 4,5 e 2,8.

O pH é uma grandeza físico-química que indica se uma solução é ácida, alcalina (básica) ou neutra. Ele mede a concentração de íons hidrônio (H_3O^+) ou hidrogênio (H^+) existentes numa solução. Dessa forma quanto mais íons hidrônio houver na solução, mais ácida ela será e quanto mais íons hidroxila ou oxidrila ($\text{OH}^-(\text{aq})$) houver na solução mais básica (alcalina) ela será.

A determinação do pH ocorreu em 1909, pelo bioquímico dinamarquês Soren Peter Lauritz Sorensen (1868-1939) enquanto trabalhava no controle de qualidade da produção de cervejas do Laboratório Carlsberg. O “p” vem do alemão “potenz” que significa poder de concentração e o “H” é para o íon de hidrogênio (FERNANDES, 2013, p. 3).

A medida do pH é realizada por uma escala de 0 a 14 (figura 1). Assim, se a solução estiver abaixo de 7 será ácida; se estiver acima de 7 será básica (alcalina) e se for 7 será neutra.

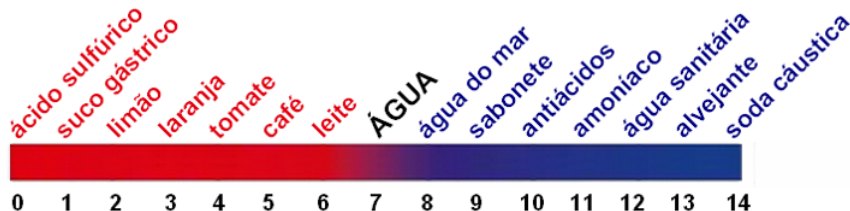
Figura 1 – Escala de pH.



Fonte: Elaborada pelos autores, com base em O que é pH? (BATISTA 2025).

Substâncias ácidas, básicas e neutras, são muito presentes em nosso cotidiano (figura 2) sendo empregadas na higiene pessoal, alimentação, medicamentos, limpeza, dentre outros.

Figura 2 – Exemplos de substâncias e seus valores – aproximados – de pH.



Fonte: Elaborada pelos autores, com base em Problemas na medição de pH? (CAP-LAB, 2021).

Dos três ácidos que citamos anteriormente, sulfúrico, nítrico e carbônico, que podem compor a chuva ácida, os ácidos sulfúrico e nítrico possuem pH na faixa de 1,0 e são ácidos considerados fortes, pois possuem elevado *grau de ionização* – relação entre o número de moléculas ionizadas e o número total de moléculas dissolvidas – maior ou igual a 50%. Já o ácido carbônico é considerado um ácido fraco, porque possui grau de ionização baixo ($\leq 5\%$) e seu pH está na faixa 5,6, que é pouco ácido. Porém, devido a grande quantidade que é produzido também, entra na composição da chuva ácida.

Para medirmos o pH de uma solução podemos utilizar um *pHmetro* – aparelho eletrônico – ou indicadores ácido-base que são substâncias que adquirem colorações distintas quando em contato com compostos ácidos ou

básicos e podem ser artificiais e naturais.

Os indicadores artificiais mais empregados em laboratório são a fenolftaleína, alaranjado de metila, azul de bromotimol e tornassol – *papel de tornassol* – cuja mudanças de coloração na solução, constam no quadro 1. Além dos artificiais existem os indicadores naturais, tais como o repolho roxo, flores de azaleias, dentre outros que também mudam de cor em presença de ácidos e bases (BATISTA, 2024).

Quadro 1 – Indicadores artificiais e sua coloração em presença de ácidos e bases.

Indicador	Coloração na Solução		
	Ácida (pH < 7)	Neutro (pH = 7) Cor original	Básica (pH > 7)
Fenolftaleína	Incolor	Incolor	Lilás
Alaranjado de metila	Vermelho	Alaranjado	Amarelo
Azul de bromotimol	Amarelo	Verde	Azul
Tornassol	Vermelho	Amarelo	Azul

Fonte: Elaborada pelo autores, com base em Indicadores ácido-base (BATISTA, 2025).

Conhecer o pH da chuva nos permite prever suas consequências, pois quanto mais ácida ela for (menor valor de pH), mais preocupante ela será, já que será mais agressiva e poderá causar mais estragos ao meio ambiente, as atividades humanas e a saúde.

No meio ambiente, a chuva ácida promove a acidificação dos solos, devido a reação dos ácidos nela presentes, com elementos químicos do solo desprendendo metais, que contaminam as águas, removendo os nutrientes do solo (lixiviação) que são essenciais as plantas, podendo tornar o solo infértil ou menos produtivo, o que resulta em matas e florestas enfraquecidas.

A atuação dos ácidos promove o rompimento da superfície cerosa das folhas (figura 3) levando a perda de nutrientes e tornando as árvores mais suscetíveis a fungos e insetos além de deixar o crescimento das raízes mais lento. Prejudica também o transporte de nutrientes e promove o acúmulo de íons tóxicos no solo afetando as zonas de crescimentos das raízes permitindo que íons importantes para as plantas, reajam com fosfatos, formando sais e sejam arrastados pelas águas.

Figura 3 – Mostra do efeito da chuva ácida nas folhas.



Fonte: OLHAR DIRETO, 2015.

A chuva ácida tem um impacto enorme sobre a infraestrutura urbana. Ao longo do tempo ela promove o aumento da corrosão atmosférica, danificando monumentos (figura 4), estruturas elétricas e edifícios, principalmente os construídos ou revestidos com calcita (CaCO_3), principal constituinte dos calcários e mármore, que são atacados pela chuva, segundo a equação:



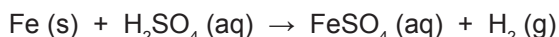
Figura 4 – Escultura atacada pela chuva ácida.



Fonte: MELHORAR O MEIO AMBIENTE, 2025.

A figura 4 mostra o efeito da chuva ácida durante um período de sessenta anos de exposição de uma estátua de arenito, localizada num castelo em Westphalia, Alemanha. Ela foi fotografada em 1908 – imagem a esquerda – e em 1968 – imagem a direita (SOUZA, et al 2016).

Nas estruturas metálicas, em especial as de ferro, a chuva ácida aumenta a oxidação, causando rápido aumento da ferrugem ou mesmo a destruição do ferro, como mostra a equação:



Além dos perigos causados à população, estes processos resultam também em elevados custos de restauração, manutenção e substituição de materiais.

Nos rios e lagos, a chuva ácida pode causar a morte de peixes e outras formas de vida. A acidez atrapalha a produção de enzimas permitindo que as larvas da maior parte das espécies de peixes de água doce, escapem das suas ovas. Mobiliza sedimentos do fundo dos lagos e rios e libera metais como alumínio, ferro, magnésio e outros que formam sais aumentando assim a mortandade ou dificultando a reprodução (figura 5). Sais de alumínio em solução, por exemplo, promovem a produção de muco em excesso ao redor das guelras de alguns peixes, prejudicando a respiração e causando a morte (PORTAL DE ESTUDOS EM QUÍMICA, 2019).

Figura 5 – Contaminação da água pelo aumento da acidez.



Fonte: SÓ GEOGRAFIA, 2007-2024.

Em relação a saúde humana, a chuva ácida não é diretamente nociva, mas alguns íons liberados por sua ação, caso ingeridos podem causar diarreia (principal causador: Cobre); aumento da ocorrência da doença de Alzheimer (principal causador: Alumínio), dentre outros. Além disso, partículas finas em suspensão no ar, de sais, sulfatos e nitratos, também liberados por ação dos ácidos, estão relacionadas ao aumento da mortalidade de pessoas por doenças pulmonares e até mesmo o câncer.

O Brasil possui alguns registros de casos de chuva ácida em Cubatão – SP, uma região muito industrializada que nos anos oitenta, registrou altos níveis de poluição por gases de enxofre e nitrogênio. A chuva ácida na cidade destruiu grandes áreas da Mata Atlântica e afetou a saúde dos moradores provocando um elevado número de casos de doenças respiratórias, como asma e bronquite os quais tiveram como principais vítimas crianças e idosos. Na época a cidade ficou conhecida mundialmente por “Vale da Morte” (PENSAMENTO VERDE, 2024).

Como forma de reduzir esses índices, foram realizados monitoramentos referentes à qualidade do ar, algumas medidas como: recuperação ambiental, implantação de programas de reflorestamento e a revitalização do ecossistema local também foram adotadas, a fim de melhorar as consequências sofridas com a chuva ácida.

Apesar dos enormes avanços na redução da poluição, desde os anos oitenta, Cubatão ainda hoje, enfrenta vários problemas ambientais, tais como a contaminação do solo e água, necessita também de monitoramento constante, continuidade da recuperação dos ecossistemas principalmente, manguezais e Mata Atlântica; além da necessidade de dar tratamento adequado aos resíduos contaminados (PENSAMENTO VERDE, 2024).

Além de Cubatão, a chuva ácida também atingiu Ouro Preto – MG, atacando esculturas (figura 6) como a de Antônio Francisco Lisboa (1730/1738-1814), o Aleijadinho.

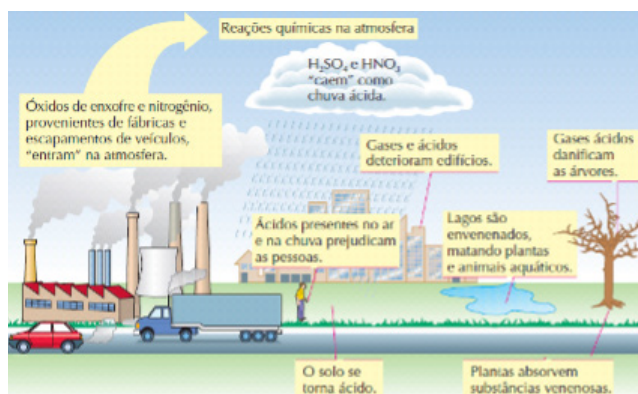
Figura 6 – Escultura do Aleijadinho, atacada pela chuva ácida.



Fonte: MATHEUS CHIABI, 2023.

Abaixo apresentamos um esquema (figura 7) que representa as emissões de gases poluentes, a formação e os efeitos da chuva ácida causados no meio ambiente.

Figura 7 – Esquema simplificado da formação da chuva ácida e alguns de seus efeitos.



Fonte: PEDRO COELHO, 2013.

Entretanto, apesar de todas as catástrofes que podem ser provocadas pela chuva ácida, existem métodos que podem auxiliar a reduzir as emissões poluentes, tais como, a utilização de fontes de energia renováveis e menos poluentes (hidrelétrica, geotérmica, eólica); utilização de filtros nas chaminés das fábricas; uso de transportes coletivos que diminui o número de

carros em circulação entre outros. Porém para que esses métodos possam ser eficazes é necessário o desenvolvimento de campanhas educacionais e políticas públicas, que façam a implementação de normas ambientais rigorosas que fiscalizem e promovam a conscientização da sociedade no intuito de divulgar os impactos da chuva ácida e a importância da mudança de hábitos.

Sabendo da importância da preservação do meio ambiente e dos perigos da chuva ácida, desenvolvemos este trabalho, no qual mostramos experimentalmente, a formação desse fenômeno e, baseado nessa prática, explicamos a nossa comunidade escolar, a problemática da chuva ácida, suas causas, perigos para o homem e o meio ambiente, e possíveis prevenções, além de destacarmos também, a aplicação das ciências em nosso cotidiano.

OBJETIVO

Explicar sobre o fenômeno da chuva ácida e seus efeitos prejudiciais. Apresentar medidas da redução de gases poluentes. Buscar conscientizar o público da nossa comunidade escolar, que assistir nossas apresentações, como eles poderão ajudar na preservação do meio ambiente. Destacar a responsabilidade ambiental que todos devemos ter, visando garantir um futuro melhor e mais saudável para as futuras gerações.

MATERIAIS E MÉTODOS

Realizamos este trabalho no Colégio Brigadeiro Newton Braga – CBNB, um Colégio Federal administrado pela Força Aérea Brasileira (FAB), localizado na cidade do Rio de Janeiro – RJ. Para o desenvolvimento dessa atividade, inicialmente tivemos aulas teóricas e práticas com os nossos professores orientadores nas quais estudamos, dentre outros, sobre materiais de laboratório, reações químicas, indicadores ácido-base, meio ambiente, chuva ácida.

Em seguida simulamos a formação da chuva ácida, empregando os seguintes materiais:

- 01 pote de vidro (500 mL), com tampa.
- 01 pedaço de fio de cobre (30 cm).
- Fósforo ou isqueiro.
- Enxofre em pó.
- Água.
- Azul de bromotimol (indicador ácido-base).

De pose desses materiais, montamos a aparelhagem para a formação da chuva ácida. Inicialmente enrolamos a ponta do fio de cobre (figura 8) onde colocaremos o enxofre.

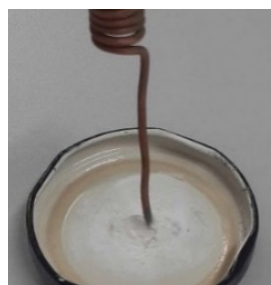
Figura 8 – Fio de cobre com a ponta enrolada.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Após furamos a tampa do frasco (figura 9a) e fixamos o fio de cobre que enrolamos (figura 9b). É importante que o espaço entre a tampa e o fio de cobre seja vedado com algum tipo de cola (figura 9c) para evitar a saída da fumaça, gerada na queima do enxofre. Nós empregamos cola de silicone branca.

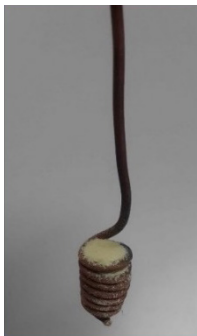
Figura 9a – Tampa do frasco.	Figura 9b – Tampa com fio de cobre fixado.	Figura 9c - Tampa com fio de cobre fixado e colado.
------------------------------	--	---



Fonte: Elaborada pelos autores.

Na sequência colocamos enxofre em pó no fio de cobre (figura 10).

Figura 10 – Fio de cobre com enxofre.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Em seguida colocamos 200 mL de água no recipiente de vidro e adicionamos 15 gotas de azul de bromotimol. A água adquiriu coloração azul (figura 11a). Com um isqueiro realizamos a queima do enxofre e assim que a fumaça começou a ser produzida, colocamos a tampa no recipiente de vidro e fechamos (figura 11b).

Figura 11a – Recipiente com água e azul de bromotimol.



Figura 11b – Formação dos gases oriundos da queima do enxofre.



Fonte: Elaborada pelos autores.

A fumaça gerada na queima do enxofre entrou em contato com a água, com azul de bromotimol, formando ácido sulfúrico. O indicador mudou sua coloração, de azul para amarelo (figura 12), devido a presença desse ácido.

Figura 12 – Reação de produção do ácido e mudança de coloração (azul para amarelo).



Fonte: Elaborada pelos autores.

Após a realização do experimento, montamos uma aula que apresentamos em nossa comunidade escolar. Nesse caso os alunos vão ao laboratório de química, onde explicamos sobre a chuva ácida, mostramos o experimento, apresentamos suas etapas e discutimos o que pesquisamos e estudamos, sobre esse problema ambiental.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

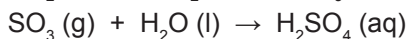
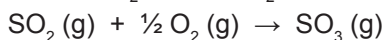
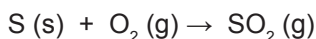
Com o experimento reproduzimos em pequena escala, um processo que ocorre na atmosfera terrestre e que nos possibilita de forma simples, explicar a formação da chuva ácida e seus impactos ambientais.

O azul de bromotimol que empregamos, é um indicador ácido-base orgânico sintético de fórmula química $C_{27}H_{28}Br_2O_5S$. Em condições ambientes é um sólido cristalino branco, amarelado ou creme, comercializado na forma de pó, parcialmente solúvel em água e solúvel em alguns solventes orgânicos. Sua solução é preparada – resumidamente – pela adição de hidróxido de sódio (NaOH – soda cáustica), até que atinja a cor verde, seguida da adição de água destilada. Ele é muito empregado na medição do pH de aquários, tanques de peixes, observação da fotossíntese, dentre outros (DOMINGOS e GARRET, 2024).

Em meio neutro (pH = 7,0) ou muito próximo a este, o azul de bromotimol possui cor verde, mas se adicionado a uma solução ácida, passa a

amarelo e em presença de solução básica, passa a cor azul. Esse fenômeno ocorre devido à mudança no equilíbrio químico do indicador em resposta à acidez do meio, permitindo a comprovação visual da formação do ácido.

No experimento que realizamos, observamos a mudança de cor da água com indicador de azul para amarelo, devido a formação do ácido. Essa formação ocorreu, pois, quando queimamos o enxofre (S), ele reagiu com o oxigênio (O₂) presente no ar atmosférico, formando dióxido de enxofre (SO₂) e posteriormente trióxido de enxofre (SO₃). Este gás presente na fumaça branca gerada reagiu com a água formando ácido sulfúrico, segundo as equações:



A realização desse experimento possibilita uma grande discussão que incluem aspectos científicos, econômicos, sociais, meio ambiente e saúde, que podem gerar um resultado muito positivo que irá beneficiar nossa comunidade escolar.

Os alunos que assistiram nossas aulas, se mostraram bastante motivados, principalmente, quando realizamos o experimento, o que já esperávamos em virtude da química ser uma ciência basicamente experimental, logo a realização de práticas além de facilitar o entendimento e o aprendizado, pode até mesmo motivar ao estudar desta ciência.

Assim, motivados pela visualização do experimento, a interação com as turmas se torna mais fácil e por consequência, facilita nossa apresentação possibilitando atrair ainda mais, a atenção dos estudantes para a conscientização dos problemas da chuva ácida, buscando fazê-los refletir sobre a responsabilidade de cada um com nosso planeta.

Além disso, a parte experimental, permite que os alunos compreendam a importância do estudo das ciências e sua presença constante na vida cotidiana de todos nós.

CONCLUSÕES

A chuva ácida pode causar inúmeros danos ao meio ambiente, a saúde humana, além de provocar um custo econômico muito significativo devido aos danos que causa a prédios, casas, monumentos, dentre outros.

Todos sabemos da importância do solo para a vida no planeta, pois

é dele que retiramos a maior parte dos alimentos que consumimos e onde encontramos os lençõs freáticos que são grande parte do reservatório de água potável que utilizamos. A chuva ácida pode acidificar o solo, fazer com que diversos metais nele presentes se tornem prejudiciais para a saúde, tornando-o impróprio para o plantio além de contaminar os lençõs freáticos.

Dessa forma, acreditamos que a educação ambiental que pode desenvolver uma conscientização sobre as consequências desse fenômeno é de fundamental importância, uma vez que sabendo dos efeitos nocivos que a chuva ácida pode provocar e conhecendo os motivos que levam a sua formação, as pessoas podem adotar práticas sustentáveis que venham ajudar a reduzir as emissões de gases, o que poderá garantir um futuro mais saudável para a humanidade.

Acreditamos que o desenvolvimento desse trabalho pode colaborar nesse sentido, já que mostramos experimentalmente como a chuva ácida é formada, explicamos suas consequências para a humanidade e também, apresentamos métodos que podem ajudar a reduzir sua formação.

Além disso, acreditamos também, que nosso trabalho pode colaborar para aproximar os alunos das ciências e até mesmo motivá-los ao estudo da química, já que através do experimento que apresentamos destacamos conteúdos que são apresentados em sala de aula, o que possibilita aos estudantes vivenciar na prática o que foi apresentado na teoria, facilitando o aprendizado.

Participar deste trabalho nos permite a oportunidade de aumentar nossos conhecimentos científicos, aprendermos sobre a importância da conservação do meio ambiente e também, adquirirmos conhecimentos experimentais que nos ajudarão em nossos estudos futuros.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, G. R.; MARRANGHELLO, G. F.; DORNELES, P. F. T. **Mudanças Climáticas: Chuva Ácida**. Planetário da Universidade Federal do Pampa, 2020. Disponível em: <<https://sites.unipampa.edu.br/planetario/files/2020/11/texto-do-video-mudancas-climatica-chuva-acida.pdf>>. Acesso em: 17 mai. 2024.

BATISTA, Carolina. **Indicadores Ácido-Base**. Toda Matéria, [s.d.]. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/indicadores-acido-base/>>. Acesso em: 16 mai. 2024.

BATISTA, Carolina. **O que é pH?**. Toda Matéria, [s.d.]. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/o-que-e-ph/>>. Acesso em: 16 mai. 2024.

Cap-Lab. **Problemas na medição de pH?**. 2021. Disponível em: <<https://cap-lab.com.br/equipamentos/dicas-medicao-ph/>>. Acesso em: 10 jun. 2024.

DOMINGOS, H. C. T.; GARRET, Rafael. **Azul de bromotimol, C₂₇H₂₈BrO₅S**. 2024. Química Nova Interativa. Sociedade Brasileira de Química. Disponível em: <https://qnint.sbq.org.br/qni/popup_visualizarMolecula.php?id=--bixYN-7ZKIYqzAcYM9D_Re5ezAnm0TMO-SHhA0WKCxN23Vb9CWIqXbzRFyII99YKoYBvxqMzPrqb-c-8k3FFYg>. Acesso em: 16 mai. 2024.

FERNANDES, Alexandre. **A Medida de pH e Condutividade**. SANEPAR, Agosto 2013. Disponível em: <https://www.gehaka.com.br/downloads/apresentacao_sanepar.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2024.

FERREIRA, M. S. **Formulação de Combustíveis Alternativos em Sistemas Microemulsionados Empregando Óleos Vegetais e Derivados**. São Luís : UFMA, 2006, 111 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Química, UFMA, São Luís - MA, 2006. Disponível em: <<http://livros01.livrosgratis.com.br/cp065636.pdf>>. Acesso em: 9 jun. 2024.

LANGANKE, Roberto. **Conservação para Ensino Médio**. Chuva Ácida. 2024. Disponível em: <https://ecologia.ib.usp.br/lepac/conservacao/ensino/des_chuva.htm>. Acesso em: 9 jun. 2024.

MAGALHÃES, Lana. **Chuva Ácida**. Toda Matéria, [s.d.]. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/chuva-acida/>>. Acesso em: 16 mai. 2024.

MATHEUS CHIABI. **Saiba porque a chuva ácida é uma verdadeira ameaça**. 2023. Disponível em: <<https://blog.cicloorganico.com.br/sustentabilidade>>.

de/saiba-porque-a-chuva-acida-e-uma-verdadeira-ameaca/>. Acesso em: 09 jun. 2024.

MELHORAR O MEIO AMBIENTE. **Chuvas Ácidas**. 2025. Disponível em: <<https://melhoraroambiente.webnode.com.pt/problemas-ambientais/chuvas-acidas/>>. Acesso em: 10 jun. 2024.

OLHAR DIRETO. **Cetesb confirma que chuva ácida atingiu Cubatão após vazamento**. 2015. Disponível em: <<https://www.olhardireto.com.br/noticias/exibir.asp?id=388809¬icia=cetesb-confirma-que-chuva-acida-atingiu-cubatao-apos-vazamento>>. Acesso em: 14 jun. 2024.

PEDRO COELHO. **Chuva Ácida**: Causas, Consequências e Medidas de Prevenção. 2013. Disponível em: <<https://www.engquimicasantosp.com.br/2013/11/chuva-acida.html>>. Acesso em: 16 mai. 2024.

PENSAMENTO VERDE. **A história da poluição em Cubatão e como a cidade deixou de ser o “Vale da Morte”**. 2024. Disponível em: <<https://www.pensamentoverde.com.br/sustentabilidade/historia-poluicao-cubatao-cidade-deixou-vale-morte/>>. Acesso em: 10 jun. 2024.

PORTAL DE ESTUDOS EM QUÍMICA. **Chuva Ácida**. 2019. Disponível em: <https://www.profpcc.com.br/chuva_acida.htm>. Acesso em: 20 mai. 2024.

R. B. SOUZA; M. S. REBOITA; A. P. WERLE; E. B. C. COSTA. **Influência das Variáveis Atmosféricas na Degradação dos Materiais da Construção Civil**. REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil Vol 13 - nº 1 (2016). Disponível em: <<https://repositorio-api.fei.edu.br/server/api/core/bitstreams/2c507979-702a-4f79-b0e3-55356f89d4b8/content>>. Acesso em: 14 jun. 2024.

SÓ GEOGRAFIA. **Chuva ácida**. Virtuoso Tecnologia da Informação, 2007-2024. Disponível em: <<http://www.sogeografia.com.br/Conteudos/Geografia-Fisica/Brasil/problemas 5.php>>. Acesso em: 10 jun. 2024.

