

Professor: Blanchard Passos

Disciplina: Química Ambiental

Turma: Técnico em Meio Ambiente

Assunto: Chuva Ácida, Efeito Estufa e Aquecimento Global

A **chuva ácida** é caracterizada por ter um **pH ácido (abaixo de 4,5)** e produz-se quando o Enxofre (S), proveniente da queima dos combustíveis fósseis e o Nitrogênio (N) presente no ar se combinam com o Oxigênio (O₂), formando assim o **Dióxido de Enxofre (SO₂)** e **Dióxido de Nitrogênio (NO₂)**.

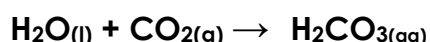
Estes compostos se espalham pela atmosfera e fundem-se com as partículas de água que estão em suspensão, formando assim o Ácido Sulfúrico (H₂SO₄), Ácido Nítrico (HNO₃) e também Ácido Clorídrico (HCl) em pequenas quantidades.

A formação de **chuvas ácidas** trata-se de um fenômeno (e um problema) moderno, originado a partir do grande desenvolvimento de **centros urbanos altamente industrializados**. Com a liberação de poluentes à atmosfera pelas diversas fontes de poluentes gasosos (indústrias, veículos e usinas energéticas), há a combinação destes poluentes com o vapor de água existente na **atmosfera**. Esta combinação entre água e poluentes (como o dióxido de enxofre e o óxido de nitrogênio) vai sendo acumulada em nuvens, ocorrendo assim sua condensação, basicamente da mesma forma como são originadas as chuvas comuns. Através da eletricidade gerada do choque entre nuvens, os elementos poluentes entram em reação química, formando compostos ácidos, que mais tarde serão precipitados.

Na natureza, a água reage com certos óxidos formando ácidos. É o caso da reação da **água** com o **dióxido de carbono**, ou gás carbônico (CO₂), formando o ácido carbônico

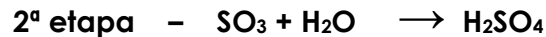
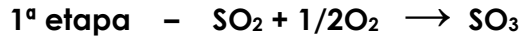
Esse ácido é útil ao ecossistema, pois participa do processo químico de formação dos **solos argilosos**. É o ácido carbônico que reage com o **feldspato**, formando a argila. É interessante lembrar ainda que o ácido carbônico é um compostos instável, desdobrando-se facilmente na natureza novamente em água e dióxido de carbono.

Enquanto que a chuva ácida possui um pH baixo, as chuvas normais possuem um pH levemente ácido (aprox. 5,6). Esta acidez é provocada pela dissociação do Dióxido de Carbono (CO₂) em Água (H₂O) formando o Ácido Carbônico (H₂CO₃).



Alguns ácidos, no entanto, **são muito agressivos** aos ecossistemas, sendo considerados poluentes altamente nocivos. São ácidos formados pela reação da **água** com óxidos liberados pelas **indústrias e veículos automotivos**, principalmente.

Um exemplo é o dióxido de enxofre (**SO₂**), que reage com o oxigênio do ar, dando **SO₃**, que em seguida com o vapor d'água da atmosfera, forma o ácido sulfúrico (**H₂SO₄**):



Esses **ácidos** caem, depois, com a **água da chuva** e, como são ácidos fortes e corrosivos, poluem severamente o ecossistema: **rios, lagoas, florestas, mares**, têm seu ambiente biológico prejudicado, pois a vida é agredida e ameaçada por esses ácidos. A população humana também sofre efeitos do que se passou a chamar **chuva ácida**.

O ambiente **físico** também é agredido pelos **ácidos trazidos pela chuva**, pois eles infiltram-se no solo e reagem com várias substâncias, libertando produtos **tóxicos**, que são absorvidos pelas plantas e ingeridos por animais.

Além da agressão à natureza em si, a chuva ácida deixa suas marcas na **arquitetura**, em todo o mundo, onde os ácidos da chuva **reagem** com a **superfície construída**, corroendo-a, infectando e, em alguns casos, até mesmo **destruindo** algumas de suas partes.

No **Brasil**, como acontece em todo o mundo, a acidez da chuva está relacionada com o **desenvolvimento industrial**: cidades com maior número de fábricas, de indústrias e de veículos têm certamente, maior **concentração de ácidos**, no entanto, nem sempre caem onde são produzidos, pois o **vento** freqüentemente carrega as nuvens para outras regiões, geralmente próximas.

Três exemplos de ecossistemas brasileiros nos quais se têm detectado os efeitos da chuva ácida são o **Parque Florestal do Rio Doce, a Floresta da Tijuca e parte da Mata Atlântica**, próxima à Grande São Paulo.

Os efeitos da chuva ácida têm sido revelados nesses e em outros ecossistemas, o que seguramente não significa serem eles os **únicos atingidos**; certamente, significa que eles foram estudados. O mal causado pela chuva ácida é, no entanto, **muito maior do que o conhecido**.

Efeitos sobre os solos e as águas

Estudos **ecológicos** e **toxicológicos** revelam uma forte relação entre baixos níveis de pH e a perda de populações de peixes em lagos. Com **pH** inferior a 4,5 praticamente nenhum peixe sobrevive, enquanto níveis iguais ou superiores a 6,0 promovem populações saudáveis. Por exemplo, a presença de elevada acidez na água (**pH < 5**) inibe a produção das enzimas que permitem que as larvas da maior parte das espécies de **peixes de água doce**, incluindo a maioria da espécie de truta, escapem das suas ovas. Essa mesma **acidez** inibe o crescimento de fitoplâncton levando a restrições na cadeia trófica que afecta os animais dela dependentes. Em consequência, à medida que as águas se vão acidificando, a biodiversidade **é reduzida**, do que já resultou o desaparecimento de múltiplas espécies da áreas mais sensíveis.

Contudo, a contribuição direta e indireta (isto é, via o escoamento superficial) da precipitação ácida para a acidificação das águas de **rios** e lagos é variável, dependendo das características da bacia hidrográfica. Estudos revistos pela Environmental Protection Agency dos Estados Unidos da América demonstraram que a precipitação ácida causou diretamente a acidificação de 75% dos lagos e de cerca de 50 % dos rios e ribeiros estudados.

Outro efeito do abaixamento do **pH** é a mobilização nos **sedimentos** do fundo dos lagos e rios e nos solos de metais pesados como o alumínio, o ferro, o magnésio, o cádmio e o manganês. Em **meio aquático**, a presença de sais de alumínio em solução faz com que alguns peixes produzam muco em excesso ao redor de suas guelras, prejudicando a **respiração**.

Os **lagos** são particularmente afetados por receberem e concentrarem a acidez proveniente do escoamento através de **solos acidificados** pela precipitação e por concentrarem parte importante da carga dos íons **solubilizados**.

Nos solos, a alteração do pH altera a sua biologia e química, levando a alterações na solubilidade de diversos compostos e a alterações na **microbiologia do solo**, já que alguns **microorganismos** são incapazes de tolerar as alterações resultantes. As enzimas desses microorganismos são desnaturados, perdendo a sua funcionalidade. O íons hidrónio também levam à mobilização de toxinas e à solubilização e consequente perda de nutrientes e micronutrientes essenciais à vida vegetal e ao equilíbrio trófico dos solos

As regiões mais afetadas pela precipitação ácida incluem a maior parte da Europa, particularmente a Escandinávia, onde muitos dos lagos estão tão acidificados que já **não têm peixes** e com extensas áreas florestais fortemente danificadas, grande parte do **nordeste dos Estados Unidos da América** e do **sudeste do Canadá**. Outras regiões afetadas são **sudeste da China** e Taiwan.

Regiões potencialmente afetadas nas próximas décadas incluem o **sul da Ásia** (Indonésia, Malásia e Tailândia), a África do Sul, o subcontinente indiano e o Sri Lanka e partes da **África Ocidental** (países como o Gana, Togo e Nigéria).

A **natureza** transfronteiriça desta poluição atmosférica leva a uma situação onde a poluição atmosférica cuja origem física está total ou parcialmente compreendida numa zona submetida à jurisdição nacional de um **Estado** produza os seus efeitos nocivos numa zona submetida à jurisdição de um outro Estado (quem produz não é afetado), mas a uma distância tal que não é possível distinguir as contribuições de fontes emissoras individuais ou de grupos de fontes. Esses **efeitos** transfronteiriços levaram à assinatura de diversos acordos e tratados internacionais tendo como objecto o controlo da poluição do ar e em particular as emissões que levam à acidificação da precipitação. Entre esses instrumentos tem particular importância a Convenção sobre a Poluição Atmosférica Transfronteiriça a Longa

Distância, da qual **Portugal** é signatário. Aquela Convenção tem **Protocolos** adicionais sobre o controlo das **emissões** atmosféricas de **óxidos de enxofre** e de nitrogênio e sobre a acidificação e a eutrofização das massas de água interiores.

O Efeito Estufa e o Aquecimento Global

O **aquecimento global** é o aumento da temperatura terrestre (não só numa zona específica, mas em todo o planeta) e tem preocupado a comunidade científica cada vez mais. Acredita-se que seja devido ao uso de combustíveis fósseis e outros processos em nível industrial, que levam à acumulação na atmosfera de gases propícios ao Efeito Estufa, tais como o Dióxido de Carbono (CO₂), Metano (CH₄), Óxido nitroso (N₂O), CFC's.

Há muitas décadas que se sabe da capacidade que o Dióxido de Carbono tem para reter a radiação infravermelha do Sol na atmosfera, estabilizando assim a temperatura terrestre por meio do Efeito Estufa, mas, ao que parece, isto em nada preocupou a humanidade que continuou a produzir enormes quantidades deste e de outros gases de Efeito Estufa.

A grande preocupação é se os elevados índices de Dióxido de Carbono que se têm medido desde o século passado, e tendem a aumentar, podem vir a provocar um aumento na temperatura terrestre suficiente para trazer graves consequências à escala global, pondo em risco a sobrevivência dos seus habitantes.

Na realidade, desde 1850 temos assistido a um aumento gradual da temperatura global, algo que pode também ser causado pela flutuação natural desta grandeza. Tais flutuações têm ocorrido naturalmente durante várias dezenas de milhões de anos ou, por vezes, mais bruscamente, em décadas. Estes fenômenos naturais bastante complexos e imprevisíveis podem ser a explicação para as alterações climáticas que a Terra tem sofrido, mas também é possível e mais provável que estas mudanças estejam sendo provocadas pelo aumento do Efeito Estufa, devido basicamente à atividade humana.

As causas do aumento das emissões dos gases estufa

A fossilização de restos orgânicos (vegetais e animais) ocorreu ao longo da história da Terra, mas a grande quantidade preservada por fossilização ocorreu a partir do início do período Carbonífero, entre 350 e 290 milhões de anos antes do presente, em uma forma mais ou menos pura de carbono, isenta de agentes oxidantes. Este material está preservado sob a forma de carvão mineral. A partir de cerca de 200 milhões de anos começou a preservar-se o petróleo e o gás natural; estes materiais são compostos de carbono e hidrogênio. Resumindo, o carbono e o hidrogênio, combustíveis, são isolados do meio oxidante, preservando a sua potencialidade de queimar em contato com o oxigênio, produzindo vários gases do efeito estufa, sendo o dióxido de carbono e o metano os mais importantes. O metano é um gás com potencial de efeito estufa cerca de 20 vezes mais potente que o gás

carbônico (dióxido de carbono). O metano é um gás, na maior parte primordial, emitido principalmente pelos vulcões de lama, pela digestão dos animais e decomposição do lixo. O metano é oxidado em regiões de vulcões de lava, tornando-se gás carbônico.

Tanto o carvão mineral quanto o petróleo e o gás natural são chamados, no jargão dos engenheiros e ambientalistas, de *fontes não renováveis* de energia. A energia produzida por geradores eólicos, células solares, biomassa, hidroelétricas, etc, são consideradas *fontes renováveis*.

A Revolução Industrial, iniciada na Europa no século XVIII, provocou a exumação do carvão enterrado há milhões de anos, em proporções gigantescas, com o objetivo de girar as máquinas a vapor recém inventadas. A produção de carvão mineral ainda é muito grande. Para se ter uma ideia do volume de carvão que necessita ser minerado no mundo, basta dizer que 52% de toda a energia elétrica consumida nos Estados Unidos são provenientes da queima de carvão mineral. Proporções semelhantes ou ainda maiores são utilizadas na China, Rússia e Alemanha. Considerando o consumo atual e futuro, calcula-se que ainda exista carvão para mais 400 anos.

Com o advento da produção em escala industrial dos automóveis, no início do século XX, iniciou-se a produção e o consumo em massa do petróleo e, de utilização mais recente, o gás natural na produção da energia elétrica, aquecimento doméstico e industrial e no uso de automóveis.

O processo da queima de combustíveis fósseis criou condições para a melhoria da qualidade de vida da humanidade, porém produz como resíduo o dióxido de carbono e outras substância químicas, também muito poluidoras.

Os gases produzidos pela queima de combustíveis fósseis seguem vários caminhos: parte é absorvida pelos oceanos e entra na composição dos carbonatos que constituem as carapaças de muitos organismos marinhos ou é simplesmente dissolvida na água oceânica e finalmente depositada no assoalho oceânico como carbonatos. À medida que estes animais vão morrendo, depositam-se no fundo do mar, retirando o carbono, por longo tempo, do ciclo geoquímico. Outra parte é absorvida pelas plantas que fazem a fotossíntese, tanto marinhas (algas e bactérias) como pelas florestas, ao qual transformam o carbono coletado da atmosfera em material lenhoso, reiniciando o ciclo de concentração e fossilização dos compostos carbonosos, se as condições ambientais locais assim o permitirem. O que interessa aqui, no entanto, é que uma parte importante do dióxido de carbono concentra-se na atmosfera.

A maior parte do aumento do dióxido de carbono ocorreu nos últimos 100 anos, com crescimento mais acentuado a partir de 1950. As melhores previsões para os próximos 100 anos (isto é, para o ano de 2100) estão sendo realizadas pelos pesquisadores do IPCC -*Intergovernmental Panel on Climate Change*, patrocinado pela ONU.

No melhor dos cenários, a emissão anual de CO₂ no ano de 2100 será de cinco teratoneladas (10¹² toneladas) de carbono, com uma concentração de 500 ppmpv (partes por milhão por volume) de CO₂, um aumento de temperatura de cerca de 1,5 °C e um aumento do nível médio dos mares de 0,1 m.

Nos piores cenários (os negócios mantidos como são nos dias de hoje), a emissão anual de CO₂ em 2100 será de 30 Gton, a concentração de CO₂ atingirá 900 ppmpv, a temperatura média da terra estará entre 4,5 °C e 6,0 °C mais elevada e o nível médio dos mares terá subido 90 centímetros.

A temperatura aumentou em média 0,7 °C nos últimos 140 anos, e pode aumentar mais 5 °C até o ano 2100. A emissão exagerada de gases causadores do efeito estufa está provocando mudanças climáticas. A dificuldade é separar o joio do trigo. Existem ciclos naturais de mudanças de temperatura na Terra e é difícil entender quanto desse aumento foi natural e quanto foi consequência de ações humanas. Com o objetivo de diminuir as emissões de gases de efeito estufa, o Protocolo de Quioto, assinado por 84 países, determina uma redução de, em média, 5,2%. O debate em torno do protocolo evidenciou as diferenças políticas entre Europa e Estados Unidos, que mesmo sendo o maior poluidor do planeta não entrou no acordo. Os europeus vêm sofrendo há décadas com as consequências da poluição, como as chuvas ácidas, e com episódios climáticos atípicos, como grandes enchentes. Os países da Europa vêm desenvolvendo alternativas não-poluentes como energia eólica, que já configuram parte importante da matriz energética de alguns deles.

Fazer ou não fazer algo, só depende de nossa vontade e perseverança.

(Albert Einstein).