

O Mecanismo de Formação das Nuvens

Pode ter sido um dia de sol intenso e de calor. À noite, elas invariavelmente estão sobre as cabeças dos curitibanos. São nuvens baixas e pouco espessas, baixas o suficiente para serem bastante iluminadas pelas luzes da cidade e propiciar uma cor leitosa ao céu noturno de Curitiba. Normalmente, umas duas horas após o pôr do Sol elas chegam, sempre procedendo da Serra do Mar. Geralmente associadas com tempo bom e estável, elas apenas não aparecem quando o ar está muito seco.

A natureza dessas nuvens e de qualquer tipo de nuvem que exista é a mesma do vapor d'água que vemos no banheiro quando tomamos banho quente. São gotículas de água líquida, muito pequenas para caírem pois o peso de cada uma delas é equilibrado por um fenômeno físico chamado tensão superficial, no caso, do ar. É o mesmo efeito que mantém pó e sujeira flutuando no ar. Para essas gotículas se formarem, entra em cena o chamado Ponto de Orvalho.

A água pode estar presente na atmosfera sob forma de vapor (nuvens, compostas de gotículas) ou literalmente misturada ao ar, compondo a umidade atmosférica. A primeira forma não deixa de ser água líquida, e pode bloquear a visão através dela. A segunda é invisível. Há água entre você e a tela do seu computador. O ar retém a umidade pela evaporação dos oceanos, mares, rios, lagos. Deve-se lembrar que evaporação é diferente de vaporização. Esta última ocorre a 100°C. Na evaporação, a superfície da água cede moléculas para o ar a qualquer temperatura. É por isso que a água seca. Acontece que o ar retém a umidade até um certo limite. Há de se chegar um momento em que "a caixa fica cheia". Caso o ar esteja com sua capacidade máxima em umidade, diz-se que ele está saturado. Caso ele esteja com metade de sua capacidade, diz-se que a umidade relativa do ar é de 50%. A porcentagem da umidade relativa é a porcentagem de umidade no ar em relação à capacidade máxima. Em linguagem mais matemática, umidade relativa do ar é a razão entre a quantidade de umidade presente no ar e a quantidade máxima suportada pelo mesmo. A umidade relativa do ar saturado é 100%. O que acontecerá, então, ao ser fornecida mais umidade para o ar saturado? Ele simplesmente não a reterá. A água não evapora mais sob um ar saturado. É por esse motivo que a roupa seca mais rápido no varal em dias secos do que em dias úmidos, mesmo a temperaturas semelhantes.

Outro ponto importante é que essa capacidade do ar em reter umidade varia com a temperatura. E varia bastante. Quanto mais quente, maior a capacidade do ar em retê-la. À cada temperatura associa-se uma capacidade de retenção de umidade, e é por esse motivo que a palavra "relativa" está presente em "umidade relativa do ar". Uma umidade relativa de 50% em determinada temperatura não será 50% em outra, mesmo mantendo igual a quantidade absoluta de umidade no ar (umidade absoluta do ar).

A tabela abaixo mostra valores para a capacidade do ar em reter umidade para algumas temperaturas, para a altitude de São Paulo. Para Curitiba os valores serão muito parecidos.

Temperatura (°C)	Gramas de vapor d'água por kilograma de ar seco(g/kg ar seco)
5	6,1
10	8,4
15	11,7
20	16,0
25	22,0
30	29,9

Capacidade máxima do ar em reter umidade

Imagine então a seguinte situação: o ar a 25°C está com umidade relativa de, por exemplo, 73%. A tabela acima nos diz que a 25°C o ar retém um máximo de 22g de umidade para cada kilograma de ar, portanto 73% desse valor é 16g. Essa é a umidade absoluta do ar no exemplo. O que acontecerá se a temperatura abaixar? Há uma temperatura que aceita no máximo 16g de umidade para cada kilograma de ar. Essa temperatura é chamada Ponto de Orvalho. Existe, então, um Ponto de Orvalho para cada teor de umidade absoluta no ar. Pela tabela, podemos notar que o Ponto de Orvalho para um ar que esteja com 16g de umidade para cada kilograma de ar é 20°. Portanto, se a temperatura

abaixar além desse valor, haverá um excesso de umidade. A capacidade cada vez mais reduzida do ar em reter umidade a medida que este se resfria fará com que o excesso seja "expulso". É como se a "caixa" se encolhesse. Um esquema está mostrado na figura 1. O ar, por exemplo a 15°, não pode reter 16g de umidade por quilograma de ar (pois retém somente 11,7g). O que acontece então com esse excesso?

O excesso de umidade expulso do ar se condensa em gotículas de água, finas o suficiente para se manter em suspensão pela tensão superficial do ar. É a nuvem. Se a temperatura na superfície abaixar além do Ponto de Orvalho a neblina será formada, que nada mais é que uma nuvem formada na superfície. Como então se formam as nuvens no céu?

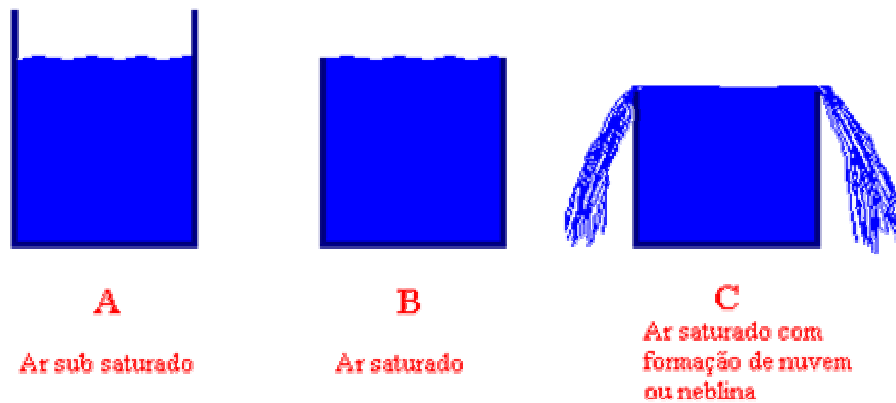


Figura 1: Esquema mostrando a capacidade do ar em reter umidade em relação a temperatura. O recipiente representa a capacidade do ar em reter umidade. A água dentro do recipiente representa a umidade do ar. Em A o ar está sub saturado, mas quando a temperatura começa a cair, a capacidade do ar em reter umidade também cai, de modo que em B, apesar do ar ainda reter a mesma quantidade absoluta de umidade, o ar se encontra saturado. É como se a "caixa" encolhesse. Em C, com a temperatura caindo mais, a capacidade do ar em reter umidade fica abaixo da quantidade de umidade realmente presente no ar, de modo que ele tem que expulsar o excesso. A temperatura de A é maior que a de B, que por sua vez é maior que a de C.

Enquanto que a neblina é formada pelo resfriamento do ar próximo à superfície cuja temperatura ultrapassa o Ponto de Orvalho, a nuvem no céu pode ser formada, por exemplo, pela elevação de massas de ar que atingem regiões mais frias da atmosfera. O Sol aquece a Terra de maneira desuniforme de modo que algumas regiões da superfície esquentam mais que outras. A superfície aquece o ar imediatamente acima dela. Aquelas regiões que aqueceram mais farão com que o ar acima delas se aqueça mais, e dessa forma haverá diferenças de temperatura nas camadas inferiores da atmosfera. A temperatura do ar (ou de qualquer gás) está diretamente relacionada com a densidade. O ar que se aquece se expande, ficando menos denso. O ar menos denso tem a tendência de subir pois tudo que é mais leve tende a ficar em cima. As correntes de ar em ascensão são chamadas de correntes convectivas. Mas esse ar em ascensão, subindo cada vez mais, encontra um ar circundante cada vez mais frio e ele se resfria também. E pode atingir o Ponto de Orvalho. Ao atingir a temperatura do Ponto de Orvalho, ele vai expulsando seu excesso de umidade enquanto sobe, deixando para trás um rastro de gotículas de água, que é a nuvem. Esse é o mecanismo de formação principalmente das nuvens cúmulus, que se caracterizam por terem a forma de torres e serem verticalmente grandes, características dos dias quentes (veja figura 2).

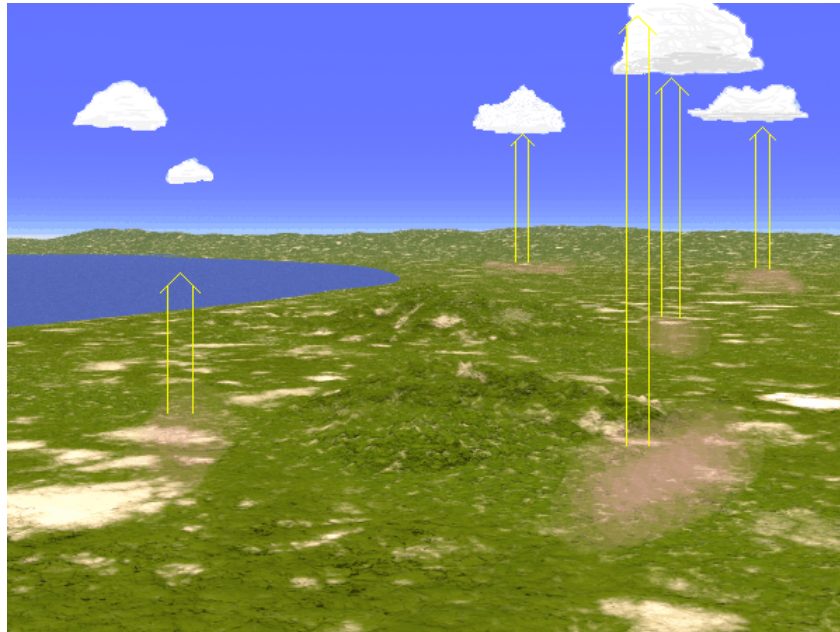


Figura 2: O Sol aquece a terra de maneira desuniforme. Algumas regiões se aquecem mais que outras, representadas pelas áreas avermelhadas na figura. O ar em contato com a superfície nessas áreas sobe, se resfria e atinge o Ponto de Orvalho. Assim se formam as nuvens.

Em dias muito quentes e úmidos, em que o Sol aquece intensamente a superfície criando grandes variações de temperatura e o ar sobe rapidamente carregado de umidade, grandes nuvens são formadas. Elas têm um desenvolvimento vertical muito grande e são associadas à tempestades. São as cúmulu-nimbus.

Mas e as nuvens que aparecem frequentemente sobre Curitiba? Elas, na verdade, têm outro mecanismo de formação. Não são formadas por ar ascendente depois de aquecido na superfície, mas sim, por ar forçado para cima por montanhas. Neste caso o que entra em cena é a Serra do Mar e o Oceano Atlântico. O mar carrega o ar sobre ele de umidade fazendo assim o Ponto de Orvalho subir. Os ventos empurram esse ar em direção à serra e também a Curitiba. Ao atravessar a serra ele é forçado para cima ao subir as encostas e finalmente se resfria o suficiente, ao atingir altitudes maiores, semelhantes à altitude de Curitiba, para que sua temperatura caia abaixo do Ponto de Orvalho. O excesso de umidade é então expulso formando as tais nuvens. São nuvens baixas pois o ar sobe somente até o topo das montanhas da Serra do Mar. As nuvens formadas vêm assim com o vento até a cidade.

Suponha que a temperatura em Curitiba seja de 15°C e no litoral, 20°C . O ar no litoral carrega, por exemplo, 13,4g de umidade por kilograma de ar. A 20° o ar aceita 16g de umidade por kilograma de ar, portanto a umidade relativa é 84% (13,4g comparado com 16g). Pela tabela acima, o Ponto de Orvalho para a quantidade de 13,4g é 17°C (deve-se fazer uma interpolação - a temperatura situa-se entre 15 e 20°). Esse ar a 20°C subirá a Serra do Mar e durante essa subida se resfriará. Em um determinado momento atingirá 17°C e nesse momento começará a expulsar umidade formando a nuvem enquanto continua a subir e a se resfriar até 15°C ou pouco menos. A figura 2 mostra um esquema.

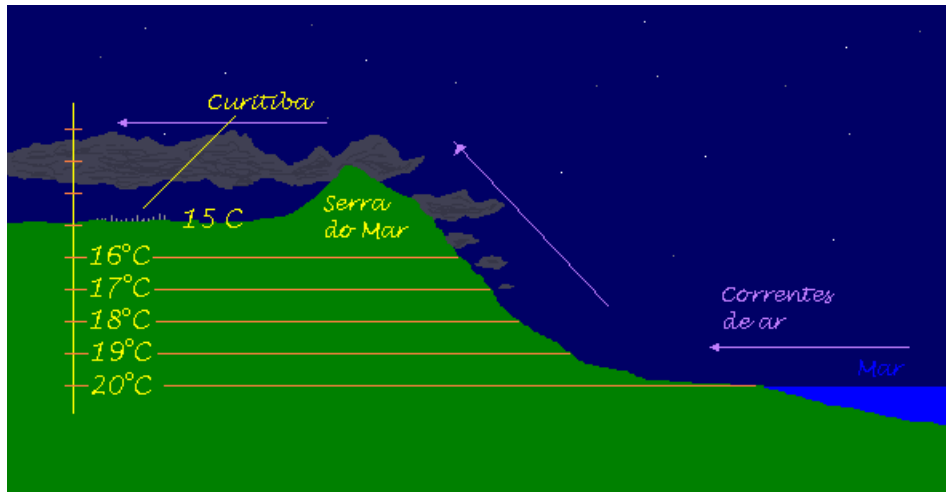


Figura 3: Esquema mostrando o mecanismo de formação das nuvens que frequentemente estão presentes nas noites de Curitiba. O mar carrega o ar de umidade, que com o vento é forçado a ir em direção à Serra do Mar. Sendo empurrado para cima, esse ar atinge o Ponto de Orvalho e as nuvens são formadas. Elas acabam por chegar em Curitiba.

É dessa maneira que as nuvens características da cidade se formam. O grande desnível entre o mar e a cidade e a direção favorável dos ventos contribuem para a formação de tais nuvens.