

# CICLO HIDROLÓGICO

## 1. O QUE É O CICLO HIDROLÓGICO

O movimento da água entre os continentes, oceanos e a atmosfera é chamado de ciclo hidrológico.

Na atmosfera, o vapor da água em forma de nuvens pode ser transformado em chuva, neve ou granizo, dependendo das condições do clima. Essa transformação provoca o que se chama de precipitação. A precipitação ocorre sobre a superfície do planeta, tanto nos continentes como nos oceanos. Nos continentes, uma parte das precipitações é devolvida para a atmosfera, graças à evaporação, outra parte acaba desaguando nos oceanos depois de percorrer os caminhos recortados pelos rios. Os oceanos portanto recebem água de duas fontes: das precipitações e do desaguamento dos rios, e perdem pela evaporação. Na atmosfera, o excesso de vapor sobre os oceanos é transportada para os continentes, em sentido inverso ao desaguamento.

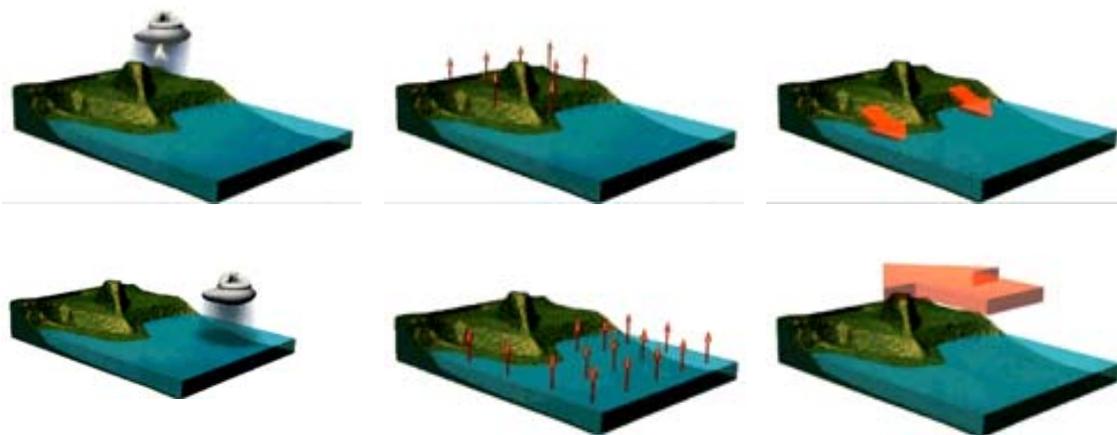


Fig. 1 – Movimentação da água

Os oceanos evaporam mais água que recebem pela precipitação, mas a água do mar não pode ser utilizada para consumo ou irrigação por ser salgada.



Fig. 2 – Armazenamento de água na Terra

A precipitação é alta na zona equatorial, especialmente sobre as florestas tropicais e no Oceano Pacífico. Nas regiões sob a influência das altas subtropicais, a precipitação é baixa; já na zona temperada, existem regiões de precipitação relativamente alta, onde predominam os sistemas frontais. Na zona polar, as precipitações são baixas.

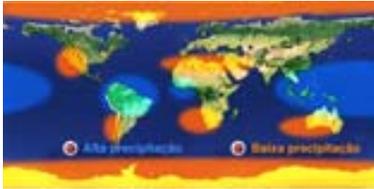


Fig. 3 – Zonas de alta e baixa pressão

A evaporação é alta nos oceanos que estão sob a influência das altas subtropicais. Nos oceanos equatoriais, onde a precipitação é abundante, a evaporação é menos intensa. Nos continentes, a evaporação máxima ocorre na zona equatorial. Lembramos que, na "contabilidade global", chove mais nos continentes que nos oceanos, e os oceanos evaporam mais que os continentes.

Nos continentes, os locais onde a precipitação é abundante possuem florestas e onde há escassez de precipitação, estão os desertos. Explorar a relação entre as características climáticas, tais como precipitação, temperatura e altitude, com os tipos de vegetação, faz parte da Biogeografia.

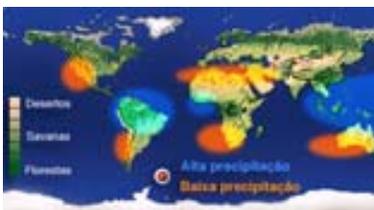


Fig. 4 – Zonas de alta e baixa precipitação com vegetação

## 2. A IMPORTÂNCIA DA ÁGUA NOS DIAS DE HOJE

Setenta por cento do corpo humano é composto de água, o que a torna vital para nossa sobrevivência. Especialistas afirmam que é muito mais difícil suportar a sede que a fome. Além de sua importância em nosso organismo, a água é fundamental em processos produtivos da agricultura e da indústria.



Fig. 5 – Locais onde a água é utilizada

Por que eu devo me preocupar, afinal, não basta abrir a torneira para ter água? Normalmente, não temos consciência da importância da água. Somente nos períodos de estiagem, quando falta água nas nossas casas, lembramos, um tanto "nervosos", que dependemos da água para as mais variadas atividades domésticas. E, com paciência, temos que esperar. Dificilmente alguém se pergunta quanto consome de água por mês; a maior parte das pessoas somente paga a conta no banco. Essa inconsciência pode ser explicada pelo fato de vivermos em regiões onde a oferta de água é bastante satisfatória. Os moradores do Sertão, no Nordeste Brasileiro, provavelmente atribuem um valor bem diferente à água.

Em todo o mundo, com exceção da Europa, a principal utilização da água está na agricultura. Ela é usada na irrigação de cultura e criação de animais. Em algumas áreas da Ásia, o consumo de água na atividade agropecuária chega a ser dez vezes maior que na produção industrial.

Durante muito tempo, pensou-se que a água, ao circular na natureza, seria capaz de eliminar todos os seus poluentes e seria um bem infinito, assim os esgotos industriais e domésticos eram despejados, sem tratamento, nos rios. Mas, atualmente, a água é concebida pelos especialistas como um recurso renovável, porém finito, já que a poluição e o uso dos recursos hídricos têm aumentado tanto, que não permitem a reposição na velocidade necessária ao consumo.



Fig. 6 – Rio Tietê em São Paulo

Alguns analistas advertem para a possibilidade de conflitos armados pela disputa de água, mas, na verdade, esses conflitos já ocorrem. Não foi por acaso que Israel ocupou e reluta em devolver as Colinas de Golã, lá estão os mananciais que abastecem uma porção importante do território daquele país.



Fig. 7 – Área de risco de conflitos próximo às Colinas de Golã

### 3. ACOMPANHANDO O MOVIMENTO DA ÁGUA - ATMOSFERA

Através da evaporação e transpiração, o vapor d'água fica disponível na superfície. Então, uma parte do vapor "sobe", indo para níveis mais altos da atmosfera. A maior parte do vapor fica concentrada nos primeiros 2 km da troposfera. Somente uma pequena parte vai para níveis ainda mais altos. A partir de 5 km de altura, praticamente não encontramos vapor.

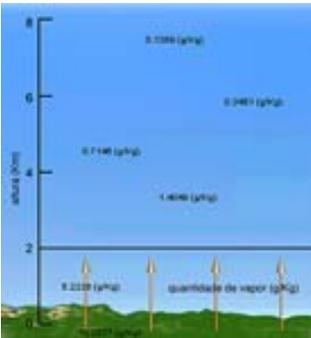


Fig. 8 – Quantidade de vapor na atmosfera

Nos continentes, a precipitação é maior que a evaporação. Portanto, os continentes são os sumidouros de vapor da atmosfera. Os oceanos evaporam mais água que recebem pela precipitação. Portanto os oceanos são a fonte de vapor para a atmosfera.



Fig. 9 – Fonte, sumidouro e transporte de vapor

As fontes de vapor são as regiões que "exportam" vapor; os sumidouros, que "importam". Podemos notar que:

- as principais fontes de vapor estão localizados nos oceanos subtropicais;
- os sumidouros de vapor estão na zona equatorial e em regiões da zona temperada;

c. o transporte de vapor ocorre das fontes para os sumidouros.

Quando certa quantidade de vapor é submetida a baixas temperaturas ela passa para a forma líquida, assim é que nascem as nuvens. As gotículas de água formam-se quando o vapor condensa sobre a superfície de partículas muito pequenas, chamadas de núcleos de condensação. Após um certo tempo as gotículas tornam-se grandes. Temos uma gotícula de nuvem.



Fig. 10 - Coalescência

As gotículas maiores, tendo maior velocidade de queda em relação às outras, colidem com as menores que estão em seu caminho. Em linguagem informal, as gotículas maiores "atropelam" as menores, ocorrendo o que se pode chamar de coalescência. As gotículas de nuvem, através do processo de colisão e coalescência, crescem até atingir o tamanho de gotas. Ao deixar a base da nuvem, essas gotas são chamadas de gotas de chuva e iniciam sua queda em direção à superfície.

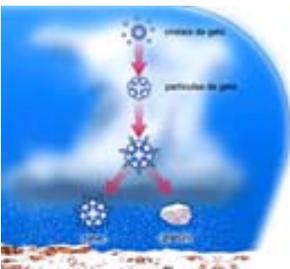


Fig. 11 – Formação da neve ou granizo

Os cristais de gelo formam-se, quando o vapor sublima diretamente na superfície de partículas muito pequenas, chamadas de núcleos de gelo. Os cristais de gelo crescem, inicialmente, por deposição do vapor à sua superfície, formando as partículas de gelo.

As partículas de gelo podem colidir com as gotículas super-resfriadas, crescendo e formando granizo de diferentes tamanhos desde 1 mm até 10 cm, ou podem crescer colidindo e se agregando umas às outras, formando os flocos de neve.

Quando o granizo e os flocos de neve se tornam suficientemente grandes, eles saem da base da nuvem e iniciam sua queda rumo à superfície. Durante a queda, ocorre a fusão da neve e do granizo. Quando a fusão não consegue derreter toda neve e todo gelo, ocorre a

precipitação sólida de neve ou granizo. Caso contrário, a neve e o granizo se transformam em gotas de chuva.

A isoterma de 0° C é uma linha na atmosfera definida pela temperatura de 0° C. Abaixo dela a temperatura aumenta e acima a temperatura diminui.

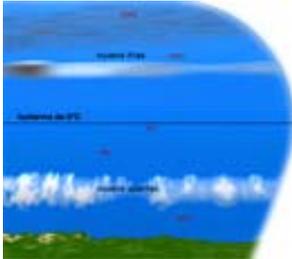


Fig. 12 – Isoterma

As nuvens quentes são aquelas encontradas abaixo da isoterma de 0° C. Nelas, encontramos vapor e gotículas de água. Já as nuvens frias são aquelas encontradas acima da isoterma de 0° C. Nas nuvens frias mistas, encontramos vapor de água super-resfriadas e cristais de gelo. Nas nuvens frias congeladas, encontramos somente vapor e cristais de gelo.

#### **4. ACOMPANHANDO O MOVIMENTO DA ÁGUA - CONTINENTES**

Depois que as gotas de chuva saem da base da nuvem elas iniciam sua queda em direção à superfície, no trajeto, e seu diâmetro vai diminuindo em virtude da evaporação.



Fig. 13 – Interceptação e gotejamento

Caindo sobre uma superfície coberta com vegetação, parte da chuva fica retida nas folhas. Esse fenômeno é chamado de interceptação. Quando as folhas não são mais capazes de armazenar água, continuando a chuva, ocorre o gotejamento.

Quando a água - proveniente das gotas de chuva ou do gotejamento - chega ao solo, ocorrem dois processos: a infiltração onde a água "entra" no solo e o escoamento superficial onde a água "corre" pela superfície do solo, fenômeno mais conhecido popularmente como "enxurrada".



Fig. 14 - Enxurrada

E depois da chuva, o que acontece? Para onde vai toda a água? Nas folhas, a água interceptada evapora, voltando à atmosfera na forma de vapor. No solo uma parte da água evapora e outra parte é absorvida pelas raízes das plantas.

O rio recebe água pelo escoamento superficial e pelo escoamento de base, e perde pela evaporação. Para entender o desaguamento vejamos como um rio nasce. Na nascente, o escoamento de base gera um pequeno filete de água, à medida que a quantidade de água aumenta o curso d'água recebe diversos nomes: regato, riacho, ribeirão e rio. Finalmente, na foz, o rio deságua no mar.

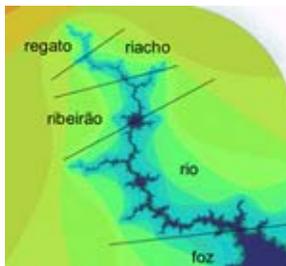


Fig. 15 – Nomes dados aos cursos d'água

Nas regiões continentais da zona polar, a superfície é coberta por uma espessa camada de gelo, conhecida como geleira. Sobre a geleira, cai precipitação na forma de neve. A neve acumulada se movimenta para os locais mais baixos, ou seja, para o oceano, como um "rio de gelo".



Fig. 16 – Geleira e banquisa

Na Antártica os rios de gelo vão parar nas banquisas. As banquisas são placas de gelo formadas sobre os oceanos, devido ao congelamento da água do mar. Nelas, ocorrem dois

processos: o congelamento da água do mar e o derretimento de gelo, o que faz as banquisas aumentarem ou diminuírem a sua extensão. Também ocorrem os desprendimentos das bordas das banquisas, formando os icebergs.

## 5. ACOMPANHANDO O MOVIMENTO DA ÁGUA - OCEANOS

Os oceanos ganham água através do desaguamento dos rios, das chuvas e do derretimento das banquisas e dos icebergs. Já a perda de água dos oceanos acontece por evaporação e pelo congelamento da água do mar nas banquisas.



Fig. 17 – Onda no mar

## 6. COMO A ÁGUA ESTÁ ARMAZENADA NO SOLO

Primeiramente por solo, entendemos a camada abaixo da superfície e acima das rochas. Agora, para entender como a água está armazenada, vamos considerar o solo como uma coleção de partículas de diferentes tamanhos, os grãos. A água fica armazenada nos espaços vazios entre os grãos. Esses espaços vazios são chamados de poros, onde se encontram bolhas de ar e água.

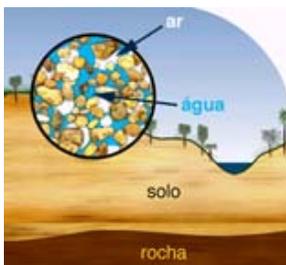


Fig. 18 – Solo, grãos e poros com bolhas de ar e água

A zona de aeração é aquela que fica logo abaixo da superfície, já a zona saturada é onde se encontra o lençol freático, os aquitardes são camadas de rochas quase impermeáveis que separam as zonas saturadas e o aquífero confinado é outro tipo de zona saturada.

Se abrirmos um poço logo cuja profundidade alcance o lençol freático, a água só, poderá ser aproveitada com o uso de bombas. Lá como vimos, os poros estão preenchidos de bolhas de água e ar. Nos aquíferos confinados, a água está sob pressão. Ou seja, se abrirmos um poço o nível d'água fica acima do nível d'água do lençol freático. Eventualmente, a água jorra do poço; nesse caso, o poço é chamado de artesianos.

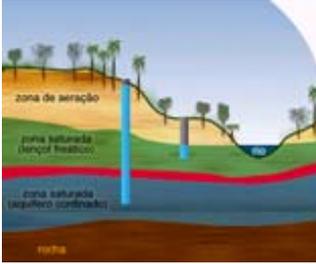


Fig. 19 – Divisões do solo

A água da zona de aeração é absorvida pela vegetação, através das raízes. Quando o solo fica muito seco, ou seja, a quantidade de água nos poros diminui bastante, as raízes não são capazes de retirar a água do solo, podendo morrer por falta de água. Por outro lado, se o solo estiver muito úmido, ou seja, os poros preenchidos com uma quantidade muito baixa de ar, as plantas podem também morrer por falta de oxigênio. Ou seja, é necessário que haja um equilíbrio entre a quantidade de água e de ar, nos poros do solo, para as plantas viverem de forma adequada.

## 7. ENCHENTES

Nas grandes cidades existe uma constante pressão para a expansão urbana. A expansão urbana implica na substituição da vegetação nativa por casas, edifícios, indústrias e ruas. A superfície do solo é coberta com materiais impermeáveis, tais como o asfalto e o concreto. Neste ponto, pode-se fazer a pergunta: qual é a consequência da expansão urbana no ciclo hidrológico ?

Vamos supor que, devido à expansão urbana, a região foi transformada em um grande conjunto residencial. Ou seja, a vegetação foi substituída por casas e ruas. Isso deixa a região "impermeável" à água. Portanto, durante uma chuva, como a infiltração é muito pequena, praticamente toda a água escoará rapidamente pela superfície, chegando ao rio e aumentando bastante o seu nível. Esse aumento excessivo pode levar a uma enchente. Se não houvesse a expansão urbana, parte da água infiltraria, o que faria uma menor quantidade escoar pela superfície; portanto, o aumento do nível do rio seria bem menor. Logo, a expansão urbana pode aumentar a frequência de enchentes.



Fig. 20 - Enchente

## 2.8 FLORESTAS: DESMATAMENTO E PRESERVAÇÃO

Nas últimas décadas, a destruição de florestas tropicais tem levado a números alarmantes. Estimativas indicam que a América Latina perdeu mais de 37% da floresta nativa, a África, mais de 50%. Na Amazônia, sabe-se que mais de 10% da floresta nativa já foram destruídos. O desmatamento pode modificar o ciclo hidrológico, tanto na superfície quanto na atmosfera.



Fig. 21 - Queimada

Quando florestas tropicais são substituídas por pastagens, ocorre a compactação da camada do solo mais próxima à superfície. O rebanho, ao caminhar sobre o pasto, deixa a superfície do solo mais "dura", menos permeável à água. Isso diminui a infiltração e aumenta o escoamento superficial, o que favorece a ocorrência de enchentes durante chuvas intensas.

Será que as mudanças no ciclo hidrológico se restringem somente à área desmatada? Admitindo um cenário hipotético de completo desmatamento da Amazônia, alguns estudos recentes sugerem que as mudanças ocorreriam não somente na Amazônia, mas também em toda América do Sul e na África Equatorial. No entanto, esse tipo de prognóstico é ainda muito incerto, apesar dos grandes avanços científicos e computacionais realizados. Para uma compreensão real dos efeitos do desmatamento de florestas tropicais exige um estudo integrado e multidisciplinar.

## 9. ÁGUA SUBTERRÂNEA: EXPLORAÇÃO E POLUIÇÃO

A água subterrânea é explorada através da abertura de poços. A água subterrânea é, no Brasil, assim como no mundo inteiro, uma fonte imprescindível de abastecimento de água. Mesmo em locais onde existe grande oferta de água nos rios, como nas regiões Sul e Sudeste do país, a importância da água subterrânea emerge em períodos de estiagem, quando a água dos rios não consegue suprir a demanda.

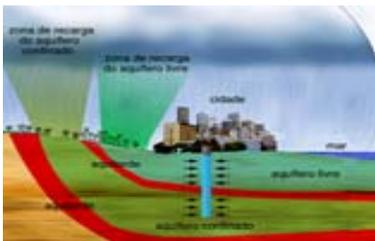


Fig. 22 – Zonas de recarga dos aquíferos

A fonte de recarga natural para a maioria dos aquíferos é a precipitação. A precipitação que recarrega o aquífero infiltra-se em regiões denominadas áreas de recarga. Nos últimos anos,

a identificação e a proteção das áreas de recarga têm recebido muita atenção, devido ao intenso interesse em prevenir os aquíferos da poluição da água subterrânea.