

16. Águas subterrâneas e rios

Autor: Ayron Della Coleta de Oliveira. Texto supervisionado pela Prof^a. Dra. Alexandra Vieira Suhogusoff

As águas subterrâneas são de suma importância para a sociedade, armazenando-se em reservatórios denominados aquíferos, que comportam aproximadamente 97% da água doce e líqüida do planeta. Juntamente com as águas superficiais, as águas subterrâneas são essenciais para a irrigação na agricultura, atividades industriais e para a sustentabilidade de ecossistemas, ajudando a manter sistemas aquáticos como rios, lagos, mangues e florestas associadas. A distribuição dessas águas subterrâneas no Brasil está dividida em (30%) para o uso doméstico, (24%) agropecuário, (18%) para o abastecimento público urbano, (14%) para abastecimento múltiplo, (10%) indústrias e (4%) lazer, etc. (HIRATA *et al.* 2019).

As águas em subsuperfícies são fundamentais para o abastecimento público no Brasil (ANA, 2010), isso fica evidente com os dados que mostram que 90% das águas subterrâneas, que equivalem a 17,6 bilhões de m³/ano (557m³/s), são captados por poços tubulares (artesianos e semiartesianos) privados o que prejudica o controle da segurança hídrica, pois essa água retirada poderia abastecer toda a população brasileira (HIRATA *et al.* 2019).

O volume de água subterrânea no mundo é de aproximadamente 10.360.230 km³. Segundo Leal (1999), praticamente todos os países do mundo, desenvolvidos ou não, utilizam água subterrânea para suprir suas necessidades. Países como a Alemanha, Áustria, Bélgica, Dinamarca, França, Holanda, Hungria, Itália, Marrocos, Rússia e Suíça atendem de 70 a 90% da demanda para o abastecimento público (OECD, 1989 citado por REBOUÇAS *et al.*, 2002). Alguns países como Dinamarca, Malta, além de ilhas ao redor mundo, utilizam 100% da demanda para o abastecimento público.

Definições e classificações

A água subterrânea pode ser definida como toda a água que ocupa poros ou espaços vazios em rochas, sedimentos e solos. Grande parte dessa água subterrânea está armazenada em aquíferos, que segundo o autor Karmann (2000), podem ser definidos como “unidades rochosas ou de sedimentos, plenamente saturadas em água, porosas e permeáveis, que armazenam e transmitem volumes significativos de água subterrânea passível de ser explorada pela sociedade”. O caminho da água da chuva até o aquífero começa pela passagem pelo solo, e pela zona não saturada, onde os poros são preenchidos parcialmente por ar e água. A água que não é perdida pela evaporação, pelos animais ou absorvida pelas raízes das plantas, continua o caminho descendente por conta da ação da gravidade, chegando à zona saturada onde o excesso de água preenche completamente os poros, o limite entre a zona não saturada e a zona saturada é chamado de lençol freático, que pode ser chamada também de superfície freática, que está em contato direto com a pressão do ar atmosférico, através dos espaços vazios da unidade geológica acima. Segundo Cleary (2007). Os níveis de água nos poços que penetram um aquífero freático sob condições de fluxo serão iguais ao nível do lençol freático em torno desses poços. Quando esses níveis são unidos, fica definido um plano chamado de superfície potenciométrica. Esse plano não é somente o nível de potencial da água, também é o contorno físico do lençol freático.

Outra unidade que abriga a água subterrânea é o aquíclode, que são unidades que absorvem água lentamente e são incapazes de serem captadas pela pouca quantidade, já os aquífugos são unidades geológicas que não apresentam porosidade e não absorvem e não fornecem água. Os aquíardes segundo Cleary (2007) são formações de baixa permeabilidade que armazenam água, mas que não podem suprir poços de bombeamento.

Os aquíferos podem ser classificados de acordo com o tipo de porosidade, sendo eles: aquífero granular, de fraturas e de conduto. (Figura 1).

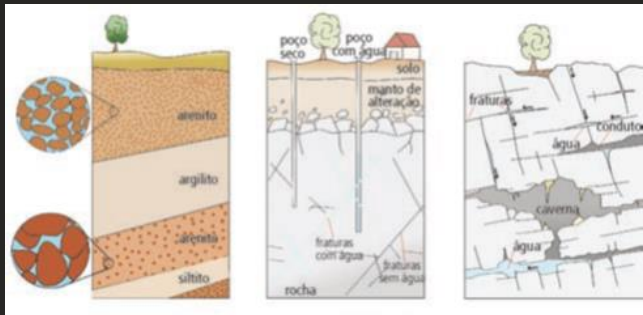


Fig. 1 - Aquífero granular, aquífero fraturado e aquífero de condutos respectivamente. Fonte: Caderno de Educação Ambiental – As águas subterrâneas do estado de São Paulo.

Há também a classificação relacionada a seu comportamento hidráulico, e nesse caso existem os aquíferos livres, suspensos, confinados e semiconfinados. Os aquíferos livres estão próximo da superfície, local esse em que a zona saturada está em contato direto com a zona não saturada, sujeitando esse tipo de aquífero a pressão atmosférica. Já os aquíferos suspensos são acumulações de água sobre os aquitardes de ocorrência restrita na zona não saturada. Os aquíferos confinados são unidades com grande permeabilidade que se encontram contidas entre duas zonas de baixa permeabilidade, ou aquitardes, a água contida nesses aquíferos sofre com a pressão confinante. Outro exemplo de aquífero é o semiconfinado que é uma situação intermediária entre o aquífero livre e o confinado (Figura 2).

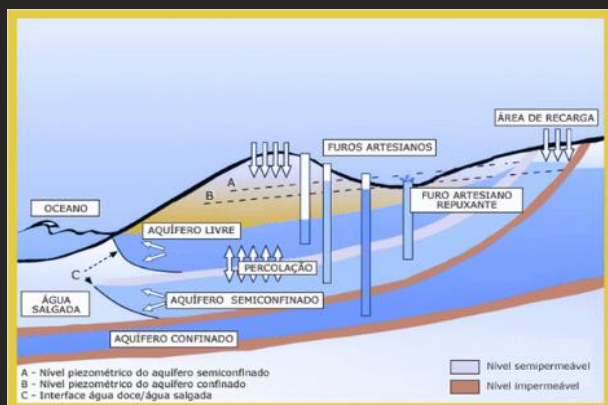


Fig. 2 – Exemplos dos tipos de aquíferos existentes, junto com as áreas de recarga. Fonte: <https://snirh.apambiente.pt/junior/agsub/imagens/aquifero.png> (2019).

Formação das águas subterrâneas

Para que as águas subterrâneas se formem ou fiquem armazenadas em aquíferos, é preciso que a água proveniente de chuvas infiltre-se nos solos e descenda por gravidade até acumular-se em formações geológicas permeáveis dispostas sobre regiões menos permeáveis. A entrada ou recarga ocorre na porção livre de aquíferos. Forma-se então uma zona saturada em água, que consiste propriamente no aquífero. Acima da zona saturada ou aquífero livre, situa-se a zona não saturada, cujos poros estão preenchidos por ar atmosférico e água. A infiltração, que se inicia na zona não saturada e progride até atingir a zona saturada, depende de vários fatores, como: a topografia, em que relevos declivosos o escoamento superficial é favorecido em detrimento do escoamento subsuperficial, ao contrário do que acontece em relevos suavemente ondulados onde a água tem mais tempo para infiltrar-se; cobertura vegetal, que pode auxiliar no armazenamento da água por meio das raízes das árvores, porém em florestas densas, um terço da água precipitada pode ser interceptada pela cobertura vegetal, e diminuir a quantidade de água que chega ao solo por conta da evaporação, além de ocorrer a evaporação de parte da água retida no solo; a distribuição temporal da precipitação também é outro fator importante, pois chuvas bem distribuídas ao longo do ano proporcionam uma maior infiltração da água no solo por conta do tempo de escoamento, enquanto que chuvas torrenciais facilitam o escoamento superficial; o tipo do uso do solo interfere na infiltração da água para os aquíferos, como é o caso da impermeabilização do solo provocada pela pavimentação em ambientes urbanos, e os desmatamentos de florestas e compactação do solo em prol da agricultura e pecuária, que causam a impermeabilização do solo; o tipo de material geológico também pode facilitar a infiltração como em solos e sedimentos arenosos. Rochas expostas e com fraturas aumentam a permeabilidade e possibilitam a infiltração, ao contrário de rochas com poucas fraturas e poros como rochas ígneas plutônicas (granitos) e rochas metamórficas (gnaiesses) que dificultam a infiltração, porém o intemperismo pode gerar

mantos de alteração nessas rochas cristalinas expostas tornando-as permeáveis.

Circulação das águas subterrâneas

A água subterrânea, uma vez armazenada nos aquíferos, não permanece estática, mas flui desde a zona de recarga até a zona de descarga através das formações geológicas. A água flui devido ao diferencial ou gradiente de potencial hidráulico formado no aquífero, potencial esse que combina os efeitos da gravidade da pressão de coluna de água em um ponto determinado do aquífero e esse fluxo ocorre de regiões de alto potencial hidráulico, como morros ou montanhas, para regiões de baixo potencial, como vales ou drenagens. A velocidade da água subterrânea dependerá da condutividade hidráulica, que é “a habilidade do aquífero de conduzir a água sob a influência de um gradiente de uma superfície potenciométrica” (CLEARY, 2007). Permeabilidade segundo Karmman (2000) é a propriedade dos materiais conduzirem água, dependendo do tamanho dos poros e da conexão entre eles. Um sedimento argiloso é muito poroso, porém é praticamente impermeável, pois o tamanho entre os poros são muito pequenos e a água fica presa por adsorção entre eles. Enquanto que sedimentos de cascalhos e areia grossa possuem alta permeabilidade, por conta dos espaços disponíveis entre os grãos. (Figura 3).

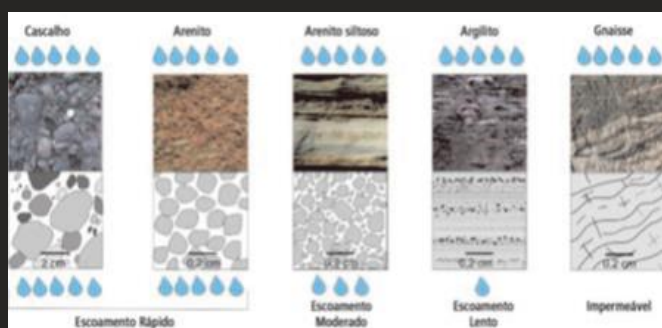


Figura 3 - Exemplos de relação entre a litologia e a permeabilidade das rochas. Fonte: Caderno de educação ambiental – As águas subterrâneas do estado de São Paulo.

Já a porosidade de um material geológico é definida por Cleary (2007) como sendo seu volume de vazios dividido pelo volume total, a porosidade total é representada pela quantidade máxima de água que um material geológico pode conter, e pode ser

de dois tipos: primária e secundária. A porosidade primária acontece nos sedimentos e rochas sedimentares, representada pelos espaços formados entre os grãos (intergranular) e também pelos planos de estratificação. Tamanho, forma, seleção granulométrica e cimentação intergranular influenciam no grau de porosidade. Por sua vez, a porosidade secundária pode ocorrer após a formação de rochas sedimentares, metamórficas e ígneas, com o surgimento de discontinuidades como fraturas mecânicas e de dissolução. Um exemplo especial ocorre em rochas carbonáticas como os calcários que sofrem dissolução e permitem a entrada da água, sendo um exemplo da porosidade cárstica.

Ação geológica das águas subterrâneas

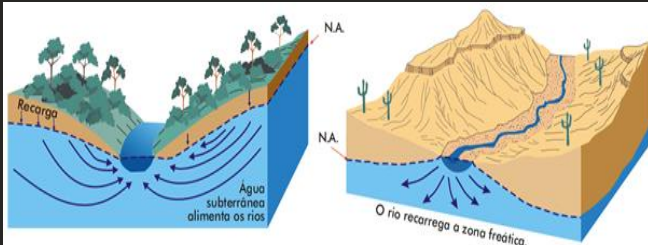
As águas subterrâneas têm uma forte ação geológica, alterando rochas e minerais e modificando a superfície terrestre. De acordo com Karmman (2000), “a água subterrânea é o principal meio das reações do intemperismo químico”. Um dos processos é a solifluxão que provoca os escorregamentos de encostas por conta da ação da gravidade combinada à presença da água subsuperficial que diminui o atrito entre as partículas. Outra ação muito comum promovida pelas águas subterrâneas é a erosão subsuperficial que leva à formação das boçorocas em vertentes de drenagens, onde o fluxo de água subterrânea acaba por solapar a estrutura interna dos solos levando à sua desagregação e colapso. Por último, a água subterrânea pode promover a formação de relevo cárstico, com a geração de feições como cavernas e espeleotemas.

Relação entre rios e aquíferos

Os rios e o nível freático estão interligados, quando o nível de água intercepta a superfície terrestre pode gerar nascentes, córregos ou rios em estações secas onde não há escoamento superficial para contribuir. Segundo Zanin *et al.* (2013), nascentes são feições hidrogeológicas que formam as cabeceiras dos rios. Existem dois modelos de rios que interagem com os níveis freáticos de aquíferos:

rios efluentes, cuja vazão aumenta a jusante, sendo abastecidos pelas águas subterrâneas e típicos em regiões de clima úmido; e rios influentes, cuja vazão diminui a jusante devido à infiltração da água do escoamento superficial para o lençol freático, sendo mais característicos em regiões de clima semiárido e árido (Figura 4).

Fig. 4 - Exemplo de rios efluentes e rios influentes. Fonte: Decifrando a Terra (2000).



A hidrogeologia é o estudo das águas subterrâneas. A hidrogeologia trata de como a água entra no solo (recarga), como flui na subsuperfície, e como a água interage com o solo e com as rochas ao redor. Os hidrogeólogos trabalham utilizando o conhecimento na área para usos práticos como: projetar e construir poços de água para abastecimento de água potável, irrigação e outras finalidades; Estudar a quantidade de água que pode ser utilizada para o abastecimento público, sem que isso afete os ecossistemas que dependem dessas águas subterrâneas; Analisar a qualidade da água para o uso indicado; Identificar a poluição das águas subterrâneas e tentar limpar essa poluição; Projetar esquemas de drenagem de construção e lidar com problemas de águas subterrâneas associadas à mineração.

Os hidrogeólogos estão envolvidos em várias questões mundiais, como o abastecimento sustentável de água, produção de alimentos e energia; Proteção Ambiental e no tocante as questões das mudanças climáticas. Eles trabalham para proprietários rurais, agrônomos, engenheiros, sociólogos, economistas, políticos, entre outras profissões.



Fig. 5 - Poço Violeta - Poço jorrante com 1.500 m de profundidade. Localizado na cidade de Cristiano Castro, sul do estado do Piauí, a 600 km da capital, Teresina. Fonte: <<https://www.fundaj.gov.br/index.php/tecnologias-de-convivencia-com-as-secas/8009-poco-violeta-tambem-chamado-violeto-no-municipio-de-cristino-castro-pi>> (2018).

Você sabia...

Boa parte dos dois maiores aquíferos do mundo está no Brasil, são eles o Átler do Chão e o Sistema Aquífero Guarani. O Sistema Aquífero Amazonas está localizado nos estados do Amazonas, Pará e Amapá, e tem cerca de 162.520 km³ de água, equivalente a 150 quatrilhões de litros que poderia abastecer toda população do mundo em 250 anos; é considerado o maior aquífero do mundo.

O Aquífero Guarani ocorre em quatro países: Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai. Com 70% de sua área localizada em território brasileiro, a reserva desse aquífero atinge cerca de 40 trilhões de m³. Na região de Ribeirão Preto (SP), por exemplo, a citricultura é irrigada pelo aquífero, demandando cerca de 400 mil litros d'água por hora (ANA, 2019).

Bibliografia:

BONUMÁ, N. B.; CHAFFE, L.B.; ZANIN, P.R. Características hidrogeológicas de nascentes situadas em diferentes modelados de relevo. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Bento Gonçalves – RS. p. 1-8. 17-22 novembro, 2013.

CLEARY, R. W. Águas subterrâneas. Tampa, FL. *Clean Environment Brasil*, 2007.

HIRATA, R.; VILLAR, P. C.; MARCELLINI, L.; SUHOGUSOFF, A. V.; MARCELLINI, S.S. As águas subterrâneas e sua importância ambiental e

socioeconômica para o Brasil. São Paulo: Universidade de São Paulo / Instituto de Geociências, (2019).

HIRATA, R.; VILLAR, P. C.; MARCELLINI, L.; SUHOGUSOFF, A. V.; MARCELLINI, S. S. A revolução silenciosa das águas subterrâneas no Brasil: uma análise da importância do recurso e os riscos pela falta de saneamento. [S.l: s.n.], (2019).

KARMANN, I. Ciclo da Água – Água subterrânea e sua ação geológica. In: Teixeira, W. *et al.* Decifrando a Terra. Universidade de São Paulo – São Paulo, Oficina de Textos, (2000). p.113-127.

SÃO PAULO. Governo do Estado. Secretaria do Meio Ambiente. **Cadernos de Educação Ambiental: As águas subterrâneas do estado de São Paulo.** 3. ed. São Paulo, SP, 2014.

What is Hydrogeology and what do Hydrogeologists do? iah.org, 2016. Disponível em: <https://iah.org/education/general-public/what-is-hydrogeology>. Acesso em: 03 abr. 2021.

Caça Palavras: Águas Subterrâneas e Rios

As palavras deste caça palavras estão escondidas na horizontal, vertical e diagonal, com palavras ao contrário.

DICAS:

1. São os rios que não sofrem com os períodos de seca, visto que sempre recebem a água do subsolo.
2. São formações de baixa permeabilidade, que armazenam água, mas não podem suprir poços de bombeamento.
3. São reservatórios formados por rochas permeáveis, parcialmente saturados de água, cuja base é formada por uma camada impermeável (por exemplo, argila) ou semipermeável.

4. Volume de vazios dividido pelo volume total é a definição de?

5. Esse Aquífero ocorre em quatro países: Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai. Com 70% de sua área localizada em território brasileiro, a reserva desse aquífero atinge cerca de 40 trilhões de m³.

6. São aqueles que estão localizados, sobretudo nas regiões áridas. Eles sofrem com a diminuição da vazão de água sendo que elas são infiltradas pelo subsolo ou evaporadas.

7. É aquele que se encontra limitado na base, no topo, ou em ambos, por camadas cuja permeabilidade é menor do que a do aquífero em si. O fluxo preferencial da água se dá ao longo da camada aquífera.

8. Acontece nos sedimentos e rochas sedimentares, representada pelos espaços formados entre os grãos (intergranular) e também pelos planos de estratificação, isso é um exemplo de porosidade ...?

9. São feições hidrogeológicas que formam as cabeceiras dos rios.

10. É muito poroso, porém é praticamente impermeável, pois o tamanho entre os poros são muito pequenos e a água fica presa por adsorção entre eles.

11. Possuem alta permeabilidade, por conta dos espaços disponíveis entre os grãos.



Caça palavras gerado em <https://www.geniol.com.br/palavras/caca-palavras/criador/>