

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA  
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA  
TEC 204: GEOGRAFIA DAS ÁGUAS CONTINENTAIS  
PROF<sup>a</sup> ROSÂNGELA LEAL  
SANDRA MEDEIROS SANTOS  
ALUNO(A) \_\_\_\_\_

## INVESTIGAÇÕES DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

### Generalidades

Entre as investigações básicas constitui parte essencial o levantamento das condições em que se encontra a água subterrânea, não só quanto à identificação da posição do nível freático e suas variações, embora indispensável, mas também estudos que possam conduzir à identificação da causa do problema. Para isso é necessário estudar os fatores que promovem a recarga e a descarga do sistema subterrâneo e seu efeito no nível freático, através de um balanço da água subterrânea.

O primeiro passo ao iniciar as investigações é a obtenção de dados preliminares fundamentais que incluem estudos da topografia local mediante mapas topográficos com levantamento plani-altimétrico; fotografias aéreas que, além de revelarem detalhes topográficos, garantem a continuidade do estudo quando não há disponibilidade de mapas topográficos; dados hidrológicos quanto às fontes de águas superficiais que possam contribuir à recarga da água subterrânea; informações geológicas da área, quando disponíveis, permitem através de mapas e cortes transversais identificar camadas permeáveis e impermeáveis, regiões de recarga e descarga e tipos de aquíferos existentes.

### Observações do nível freático

A primeira caracterização do problema de drenagem é feita mediante observações do nível freático (ou lençol freático) efetuadas através de poços de abastecimento existentes na região, poços de observação especialmente perfurados para esse fim, instalação de piezômetros e observação de canais, cursos-d'água, lagos, etc.

### Poços de abastecimento

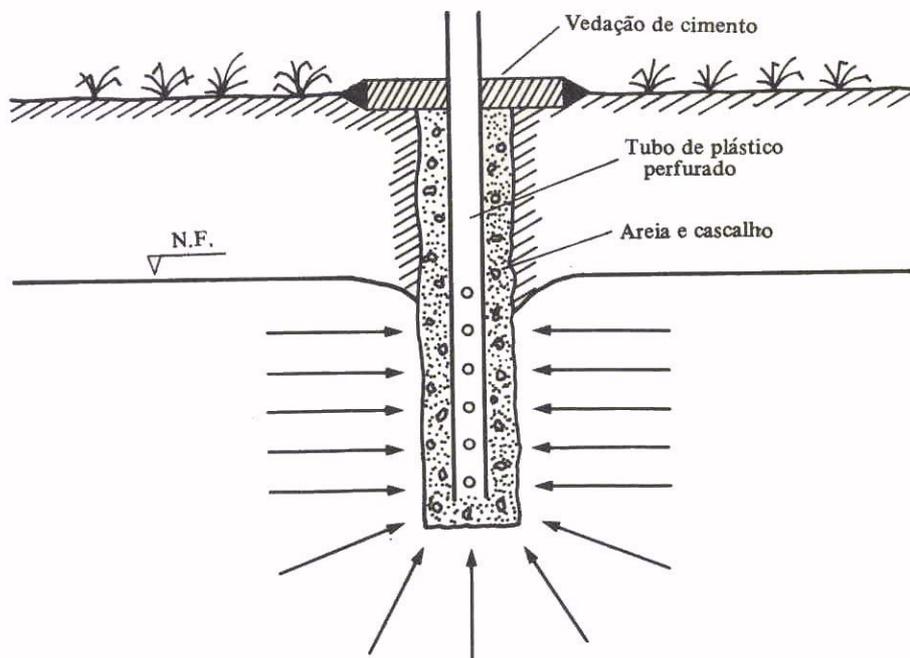
Antes de proceder a observações em poços de abastecimento, é preciso identificar suas características de construção. Basicamente podemos encontrar dois tipos:

- a) **Poços pouco profundos**, escavados a mão, de grande diâmetro e, portanto grande volume de água armazenada. Esses poços raramente penetram muito além do nível freático mais baixo. Suas paredes podem ou não ser revestidas, porém não são impermeabilizadas. Esses poços caseiros são o melhor e mais barato instrumento de observação do lençol porque as observações refletem perfeitamente a posição e oscilação reais do nível freático. O único cuidado a tomar é o tempo de resposta das variações de nível que deve ser suficientemente longo devido à geometria do poço, até atingir o equilíbrio, o que também pode ser afetado pela reduzida condutibilidade hidráulica do solo.

b) **Poços profundos perfurados mecanicamente.** Esses poços são sempre mais profundos que os anteriores e com isso é comum a penetração de vários aquíferos separados por camadas impermeáveis. Eles são revestidos com tubos metálicos e possuem um filtro em cada camada permeável que atravessam. O nível de água nesses poços certamente não representa o nível freático de nosso interesse mas apenas uma média em relação aos vários níveis encontrados e será fortemente influenciado pela pressão hidráulica se for atingido um aquífero confinado. Portanto, esses poços não se prestam a esse tipo de investigação a menos que se conheçam perfeitamente suas características de construção e o aquífero atingido seja do tipo não confinado.

### **Poços de observação**

São perfurações de pequeno diâmetro, da ordem de 2 a 4 polegadas, feitas especialmente para esse tipo de estudo. Suas paredes em geral não são revestidas ou impermeabilizadas. São facilmente perfuradas a mão com um trado especial e se aprofundam um pouco além do nível freático (da ordem de um metro ou menos). Entretanto, devido à sua simplicidade podem sofrer obstruções e outros efeitos destrutivos que os inutilizam especialmente se o solo for instável. Assim convém tomar certos cuidados a fim de preservar a sua funcionalidade por um tempo prolongado. A **Figura 1** mostra o esquema de um poço de observação com certos cuidados recomendáveis.



**Figura 01 - Esquema de um poço e observação**

Convém notar ainda que vários poços serão necessários em toda a área em estudo e portanto recomenda-se que sejam instalados em locais de fácil acesso em qualquer tempo e sua posição deve ser

imediatamente identificada a fim de não prejudicar a coleta sistemática de dados.

### **Piezômetros**

São tubos, usualmente de 1 a 2 polegadas, abertos apenas nas extremidades, introduzidos no solo até a profundidade na qual se deseja medir a carga ou pressão hidráulica.

O nível de água se eleva no tubo até corresponder à carga hidráulica existente na sua extremidade inferior. Quando o aquífero explorado é não confinado (freático) e homogêneo, as componentes verticais do fluxo de água subterrânea são geralmente inexistentes ou de grandeza muito pequena de modo que podem ser desprezadas. Assim a qualquer profundidade desse aquífero a carga ou pressão hidráulica corresponde à altura freática ou altura do lençol e portanto, para medir a sua posição, é indiferente quanto o piezômetro penetra no aquífero como mostra a **Figura 2**.

Quando o perfil não é homogêneo mas contém camadas permeáveis e semipermeáveis, é preciso tomar cuidado na interpretação da leitura do piezômetro. Na verdade, não se dá preferência ao uso de piezômetros para medida pura e simples do nível freático, sendo preferível o uso de poços de observação. Os piezômetros são úteis e insubstituíveis justamente para detectar a presença de componentes verticais do fluxo subterrâneo, especialmente fluxos ascendentes originados por pressão artesianas, que promovem a elevação e sustentação do lençol freático. Esse tipo de problema é dos mais sérios e de mais difícil solução devido à dificuldade em controlar a pressão artesianas. Na verdade só é possível mediante a perfuração de poços de alívio que penetrem o aquífero artesianos, o que torna quase sempre a solução antieconômica.

Se o aquífero é semiconfinado, isto é, a camada permeável é superposta por uma camada semipermeável, o nível de água em piezômetros situados nessas camadas será diferente como mostra a **Figura 2**. O fluxo nesse aquífero também é predominantemente horizontal. Os dois piezômetros que atingem a camada permeável, novamente indicam o mesmo nível embora estejam a profundidades diferentes, porém não convém que suas extremidades se aproximem muito das camadas confinantes (superior e inferior) onde pode haver vazamentos sob pressão. Por sua vez, os piezômetros que se situam dentro da camada superior semipermeável apresentam um nível que depende da sua penetração na camada porque nela o fluxo é predominantemente vertical. Em função da profundidade do piezômetro, o nível de água é afetado pela perda de carga. Convém notar que, se a carga hidráulica no aquífero semiconfinado é maior ou menor que a carga hidráulica do lençol freático na camada semipermeável, isso indica um fluxo ascendente ou descendente através daquela camada entrando no aquífero ou saindo do mesmo.

Se o aquífero é confinado entre duas camadas impermeáveis (aquífero artesianos), a água está sob pressão hidráulica elevada. Qualquer fissura existente na camada superior promoverá um vazamento originando um fluxo vertical ascendente de efeito significativo, dependendo das condições. Esse fluxo poderá provocar a elevação e sustentação do nível freático de um aquífero não confinado existente nas camadas mais elevadas. Um sistema de drenagem convencional pode ser ineficiente no controle desse lençol a menos que se perfurem poços de alívio, o que pode ser difícil e anti-econômico. Essa pressão artesianas só pode ser detectada mediante uma bateria de piezômetros dispostos próximos entre si e a diferentes profundidades como mostra a **Figura 2**. Nesse caso o piezômetro mais profundo que atinge o aquífero ou a camada confinante

superior indicará uma carga hidráulica maior que as demais.

Em vista dessas considerações, a menos que sejam tomados cuidados especiais na interpretação das respostas, o uso de piezômetros para indicar a posição do nível freático é desaconselhável. No caso de pressão artésiana, entretanto, só eles podem dar uma infoflição segura de sua existência.

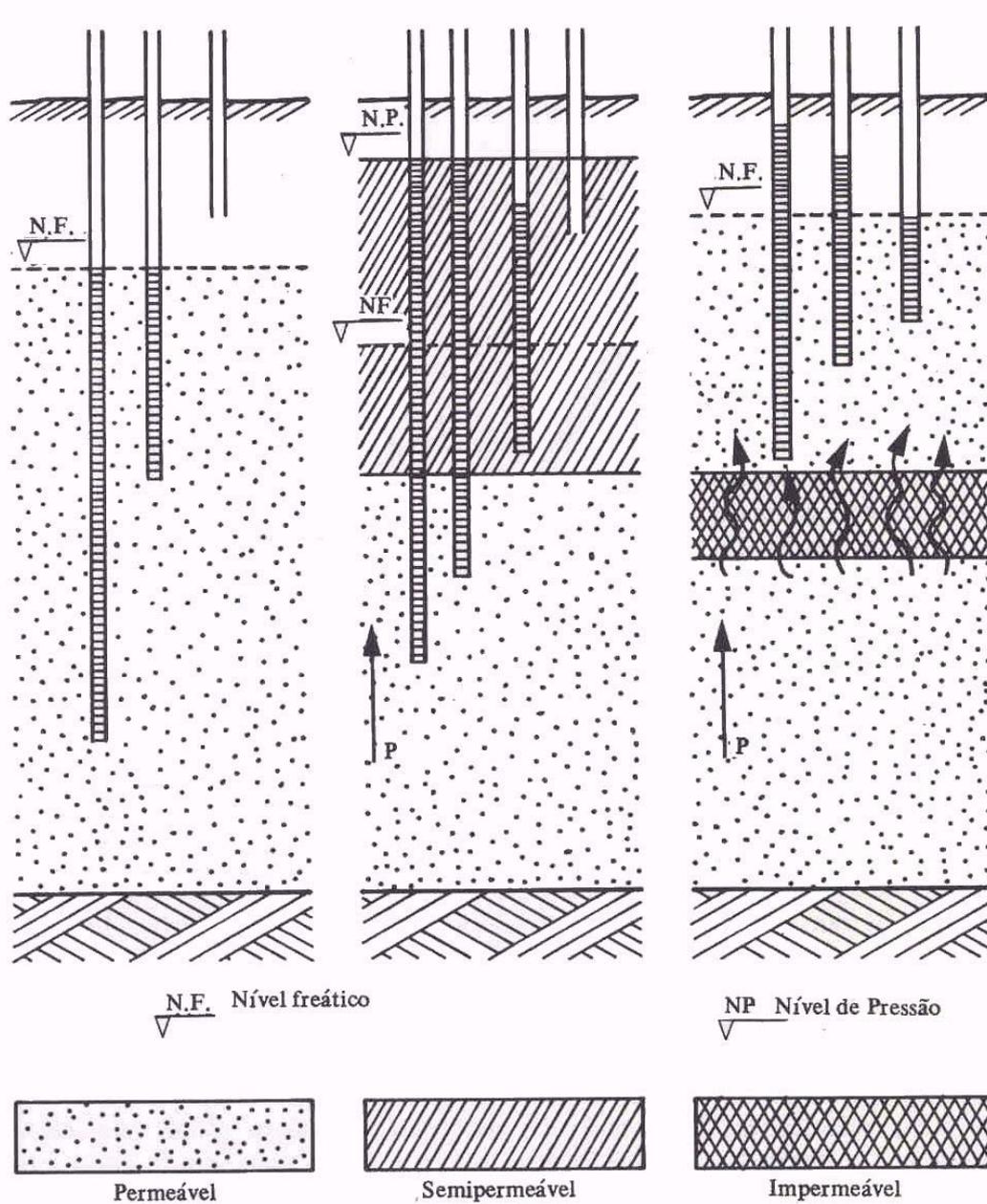
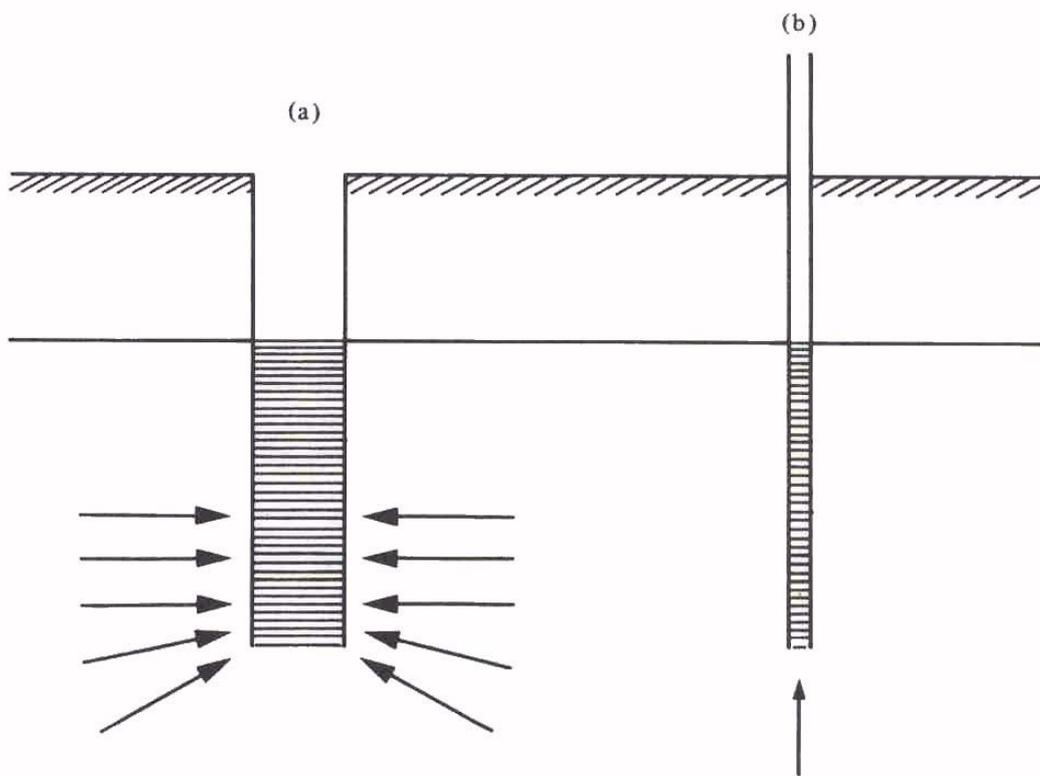


Figura 02 – Cargas hidráulicas em piezômetros instalados a diferentes profundidades e em vários tipos de aquíferos.



**Figura 03** - Comparação do funcionamento entre um poço de observação (a) e um piezômetro (b)

### Águas superficiais

Os níveis de água de superfície em contato com a água subterrânea não podem ser esquecidos nesse tipo de levantamento. A água de um curso natural é alimentada basicamente pelo lençol freático. Quando isso ocorre continuamente, o curso é perene ou efluente. Quando o nível freático é rebaixado durante certo tempo, o curso passa a ser intermitente ou afluyente. A verificação do nível de um curso-d'água ou lago que estejam em contato com o lençol freático é de grande utilidade.

### Registro e processamento dos dados

O registro sistemático dos dados é programado para definir a posição do nível freático, suas oscilações e a posição do nível de pressão. Este é também designado como nível potenciométrico, segundo De RIDDER (1974), em substituição aos termos "*carga piezométrica*" ou "*nível piezométrico*" que não são recomendados nesses estudos. Na verdade, como já vimos, é preciso tomar cuidado na interpretação do nível indicado num piezômetro instalado no solo. Mediante esses dados, é possível ainda traçar a configuração do lençol freático, seu gradiente hidráulico ou declividade, sua direção de escoamento e, portanto, as regiões de recarga e descarga da água subterrânea. A densidade de pontos de observação deve ser tal que permita um levantamento

adequado com um máximo de informações sem trabalho ou custos excessivos. Percebe-se que muitas vezes é difícil harmonizar esses requisitos. Não há para isso uma regra determinada, prevalecendo apenas o bom senso. Não deve ser esquecido por isso que esses pontos devem ter um fácil acesso em qualquer tempo e sua posição bem identificável.

De RIDDER (1974) recomenda a seguinte densidade de pontos de observação em função da área, lembrando que a precisão obtida é inversamente proporcional à área:

Área	Nº de pontos de observação
100 ha	20
1.000 ha	40
10.000 ha	100
100.000 ha	300

Para uma completa avaliação das condições do lençol frequentemente é aconselhável estender as observações além dos limites da área em questão, a fim de identificar melhor as regiões de entrada e saída do fluxo subterrâneo.

As leituras dos níveis de água nos poços de observação devem ser freqüentes, se possível, quinzenalmente e prolongadas por um período mínimo de um ano, esperando que este período não seja atípico. Os níveis são marcados em relação a um ponto de referência prefixado, usualmente na superfície do solo e que garanta a repetibilidade das leituras. Esses valores são depois relacionados com o levantamento planialtimétrico da área.

O procedimento de leitura pode ser feito mediante um dos métodos mais recomendados, esquematizados na **Figura 4**. O mais simples é através da observação do umedecimento de uma fita métrica. O segundo processo indicado é dos mais exatos e consiste na observação do fechamento de um circuito elétrico provido de uma bateria, quando a extremidade do fio condutor duplo toca o nível de água. Finalmente, o mais vantajoso pelo registro contínuo do nível e suas oscilações é o uso de um **linígrafo**.

O passo seguinte é o processamento dos dados observados, registrando-se num mapa topográfico onde, para um determinado período, é traçada a configuração da superfície freática. Esse mapa do contorno do lençol pode representar uma data específica ou a média de uma série de observações de um período. Esse mapa tem muita analogia com um mapa topográfico onde pelos pontos levantados são traçadas as curvas de nível do terreno. No mapa do lençol são traçadas as **isobatas** ou linhas de mesma profundidade do lençol. Aqui também, como em topografia, se deve usar um critério cuidadoso ao traçar as linhas mediante uma interpolação gráfica inevitável, levando em consideração os acidentes topográficos da superfície do solo como lagos, cursos de água e depressões ou falhas geológicas que alteram o traçado das linhas.

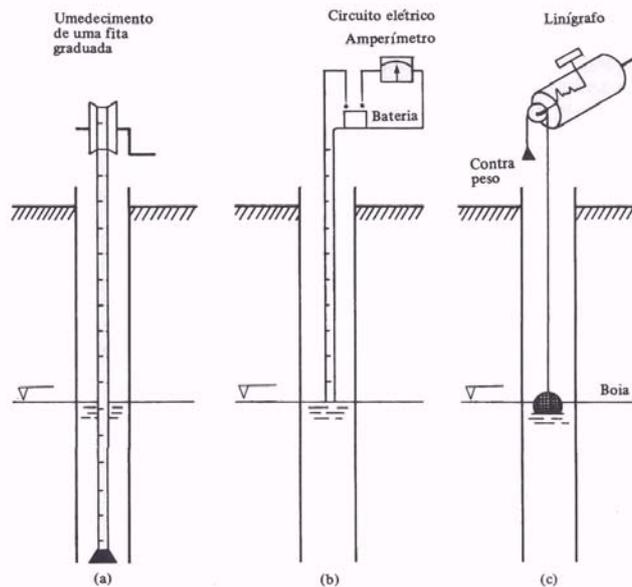


Figura 04 – Métodos de medição de profundidade do nível freático

Finalmente, concluídos os mapas do lençol freático para diversos períodos, é possível fazer uma avaliação da situação através de sua interpretação, permitindo extrapolar algumas informações de grande interesse. As mais importantes, deduzi das de um mapa do lençol, se referem à direção do fluxo subterrâneo, ao gradiente hidráulico, a identificações de regiões de recarga ou elevações do lençol, depressões do lençol, caracterização de um curso d'água efluente ou afluente. Assim, no mapa é possível identificar as linhas equipotenciais que são as próprias linhas de contorno do lençol. Desta forma a direção do fluxo subterrâneo pode ser identificada como sendo perpendicular às equipotenciais, pelo menos aproximadamente como mostra a **Figura 5**. O gradiente hidráulico  $i = dh/ds$  é indispensável através da fórmula de Darcy para quantificar o fluxo através de uma certa secção do solo. Pelas hipóteses de Dupuit -Forchheimer, o gradiente ( $i$ ) equivale à declividade do lençol. O gradiente ( $i$ ) é facilmente deduzido conhecendo-se a distância e o desnível entre as linhas de contorno, numa certa direção.

As regiões de recarga podem ser identificadas pelas proveniências das linhas de fluxo a partir de uma determinada região nos limites da área em estudo. Podem também ser identificadas como regiões localizadas dentro da própria área analogamente ao que ocorre em topografia quando se identifica uma elevação do terreno pelas curvas de nível concêntricas. Para o lençol isso é identificado pelas linhas de profundidade ou pelos níveis de pressão, como mostra a **Figura 6**

As linhas de fluxo divergem a partir dessas regiões de recarga ou de elevação do nível de pressão. Nesses casos há indicação de uma recarga vertical ascendente a partir de camadas de solo mais profundas. É o caso evidente da existência de pressão artesiana. Essa elevação do lençol pode ser ainda causada pela recarga local devida à precipitação ou irrigação. Por essas informações deduz-se qual a fonte, por exclusão. Regiões

de depressão do lençol freático, por sua vez, indicam uma fonte de recarga da água subterrânea em direção às camadas mais profundas do solo ou uma região de descarga para nosso estudo. As linhas de fluxo convergem para as linhas de contorno concêntricas ou níveis de pressão se for o caso. Esse fenômeno pode ser devido a falhas geológicas:

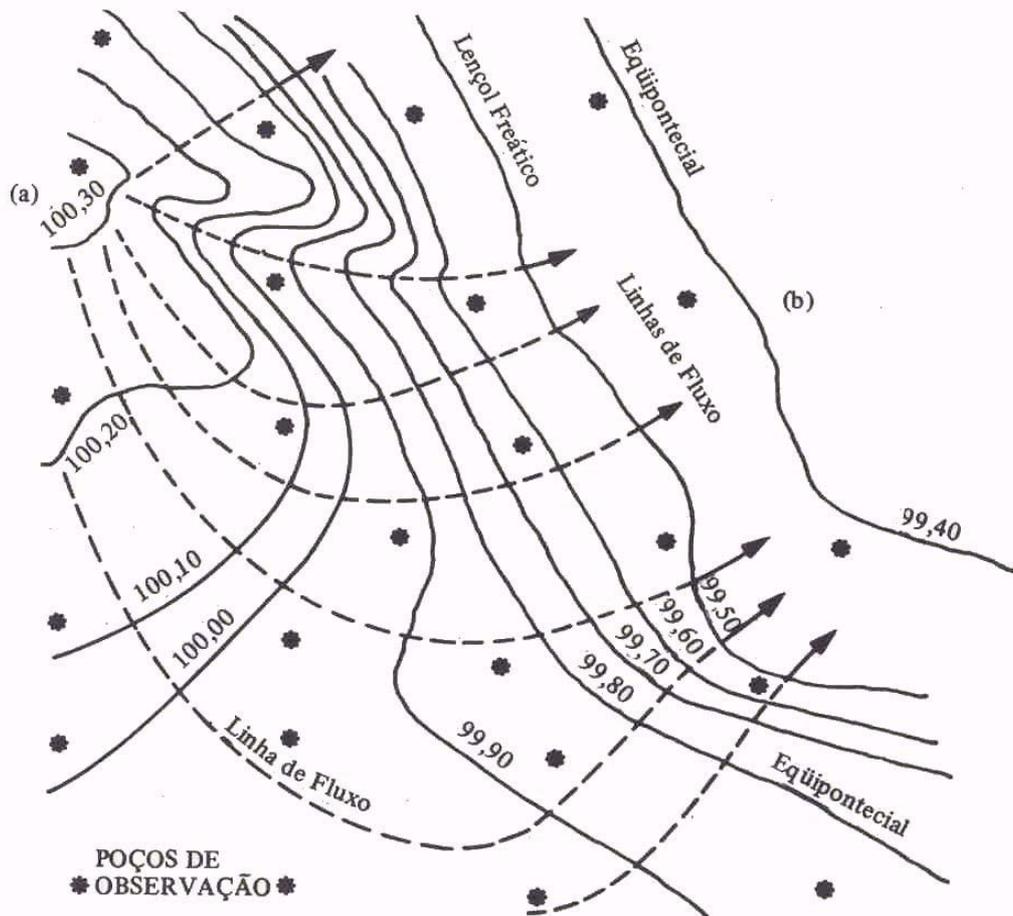


Figura 05 – Mapa do lençol freático indicando as linhas equipotenciais, linhas de fluxo e regiões de recarga (a) e descarga (b).

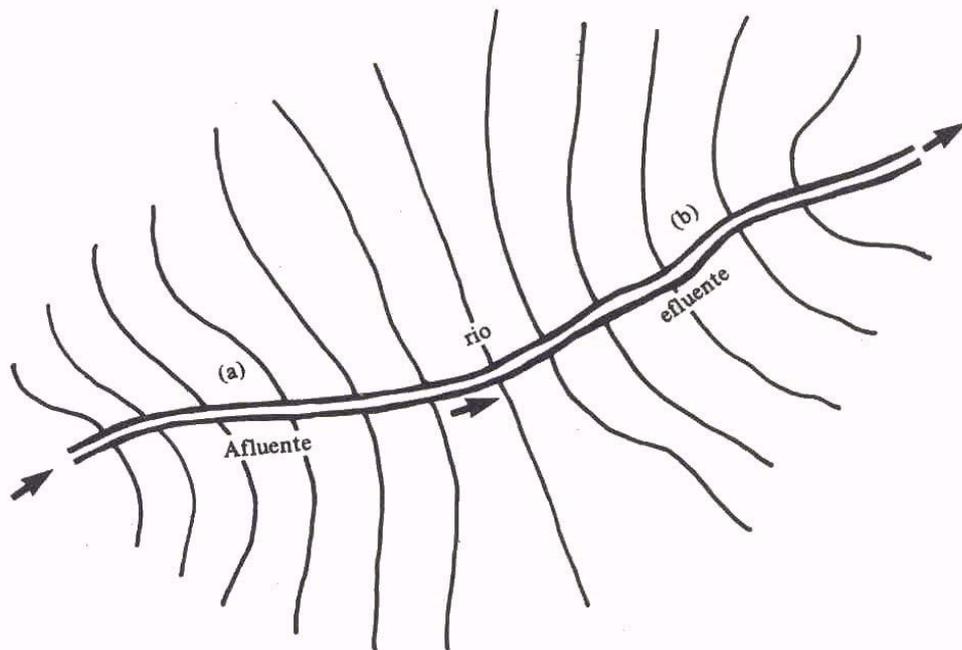


Figura 06 – Mapa do lençol indicando regiões de recarga (a) e descarga (b) e características de um curso-d'água afluente e efluente.

Finalmente se pode verificar por esses mapas se um curso d'água é do tipo afluente, isto é, contribui para recarga do lençol ou se é efluente, isto é, alimentado pelo lençol freático. Se as linhas de contorno do lençol, ao atingir em o curso d'água, se curvam em direção ao escoamento (para jusante) indicam que o rio é afluente ou perde água para o lençol. Se as linhas se curvam em direção contra a corrente (para montante), o rio é efluente ou é alimentado pela descarga subterrânea, como mostra a Figura 6.

### **Balanco da água subterrânea**

As investigações da água subterrânea se destinam a descobrir um meio de alterar o fluxo subterrâneo a fim de impedir ou dificultar a elevação excessiva do nível freático até a zona radicular. A decisão sobre o método a utilizar e sua aplicação dependem do conhecimento do fenômeno da recarga e descarga, o que se consegue de modo completo através de um balanço hídrico local.

De maneira sucinta o balanço da água subterrânea apresenta os aspectos que se seguem. O fluxo subterrâneo compreende vários componentes que podem ser agrupados como fluxos de entrada ou de recarga e fluxos de saída ou descarga.

A recarga do lençol compreende:

- percolação ( $Q_p$ ) proveniente da precipitação e irrigação através da zona insaturada do solo (zona de transmissão);
- infiltração ( $Q_{inf}$ ) proveniente de canais e cursos d'água naturais, cujo nível é superior ao nível freático;
- fluxo ascendente ( $Q_a$ ) proveniente das camadas inferiores do aquífero devido a uma pressão artesianiana;
- fluxo de entrada lateral ( $Q_{el}$ ) proveniente de uma área adjacente onde o nível freático é mais elevado do que na área em questão.

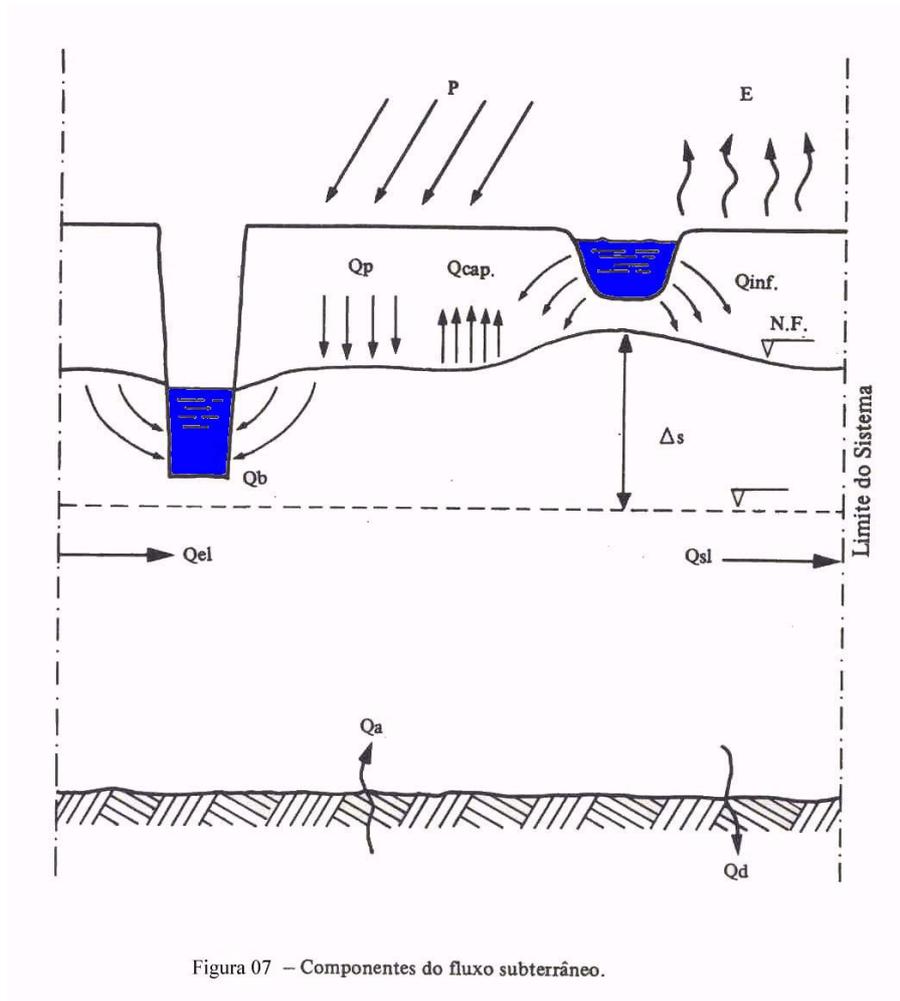


Figura 07 – Componentes do fluxo subterrâneo.

### Bibliografia

CRUCIANI, D.E. **A drenagem na agricultura**. 4ª Edição. São Paulo: Nobel, 1987