

## AQUÍFEROS ALUVIAIS COMO SUPORTE AGROPECUÁRIO NO NORDESTE

POR

W.D.Costa<sup>1</sup>

RESUMO -- Os aquíferos aluviais vêm sendo recentemente estudados com a finalidade de oferecer suporte hídrico aos projetos agropecuários, inclusive para irrigação de áreas nas margens dos vales. Em função do potencial hídrico explorável, esses aquíferos podem ser utilizados como armazéns e fornecedores de água, ou simplesmente como adutores de água desde uma barragem até os vários pontos de bombeamento ao longo do vale. Para tal fim, devem ser procedidos estudos hidrogeológicos, que permitam quantificar esses volumes exploráveis, a forma adequada de captação e as possíveis intervenções a serem introduzidas no depósito aluvial com a finalidade de melhorar a sua potencialidade explorável.

### INTRODUÇÃO

Conquanto venham sendo fartamente explorados os reservatórios hídricos subterrâneos aluviais, o seu estudo não vem merecendo a devida atenção.

Apesar de já virem esses depósitos sendo estudados com a finalidade de abastecimento de pequenas comunidades urbanas, somente recentemente iniciaram-se os estudos para aproveitamento de todo um vale de uma bacia hidrográfica, para aplicação em irrigação, suprimento da pecuária e abastecimento rural.

A problemática em questão é definir em primeiro lugar, se o reservatório aluvial oferece disponibilidade de exploração; em segundo, vem a definição de qual a melhor alternativa de captação com dimensionamento da respectiva obra, e por fim, se há necessidade de alguma intervenção no depósito para melhorar as condições de exploração.

### DIMENSIONAMENTO DO AQUÍFERO ALUVIAL

O dimensionamento do reservatório aluvial constitui a primeira etapa do estudo, pois pode, de princípio, inviabilizar a exploração do manancial.

Os estudos desenvolvidos em vários rios e riachos dos estados do R.G.do Norte, Paraíba e Alagoas, revelaram uma grande variação de condições de exploração das aluviões. Assim é que nos rios Seridó e Potengi, no R.G.do Norte, as espessuras de aluviões atingiram 10 a 12m nas proximidades de Currais Novos e Acari.

Na Paraíba, o rio Paraíba no seu alto curso alcança 9 a 10 m de espessura e na bacia do rio Piancó, um simples riacho como o Cachoeira, tem área aluvial de 10Km de comprimento, uma largura

---

<sup>1</sup> Professor Titular da Universidade Federal de Pernambuco

que chega a alcançar 2 Km e espessuras da ordem de 5 a 8m.

Enquanto isso, no Estado de Alagoas, os seus três principais rios, que são o Capiã, o Ipanema e o Traipu, possuem reduzidas espessuras e também larguras de aluviões, não atingindo a 2m a espessura média nesses rios.

O problema de acumulação desses depósitos, está relacionado à capacidade de carga do rio, que por sua vez depende de vários fatores tais como volume de água, relevo da região, tipo de intemperismo dominante (que varia com o clima da região), dentre outros de menor importância.

O dimensionamento do depósito aluvial é obtido pela fotointerpretação para delimitação da área superficial e pela realização de sondagens para avaliação de espessuras. Também podem ser utilizados métodos geofísicos, como eletroresistividade e sísmica rasa, para avaliação das espessuras desse depósito.

#### CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS

Os depósitos aluviais apresentam uma certa seleção granulométrica em virtude da heterogeneidade de competência, tanto no sentido longitudinal, como no sentido transversal ao rio.

Com efeito, a competência diminui das cabeceiras ou alto curso, para a desembocadura ou baixo curso, sobretudo pela diminuição da velocidade em função da queda de gradiente. Também diminui do centro do rio onde passa o seu eixo de maior velocidade (nos trechos retilíneos) para as margens.

Com a diminuição da competência, diminui a granulometria no que resulta aluviões mais grosseiras no alto a médio curso do que no baixo curso, assim como, uma granulometria mais grosseira na parte central do rio, com diminuição do tamanho dos grãos para as margens.

Considerando todavia, as mudanças laterais por que passa o leito do rio, sobretudo no médio a baixo curso, bem como ainda, decorrente de fenômenos fluviais e geológicos como captura, sobreposição, rejuvenescimento, etc, é comum ocorrerem grandes variações granulométricas na horizontal e na vertical, provocando muitas vezes a formação de estratificação cruzada.

Um outro problema que acarreta uma modificação na composição granulométrica do depósito fluvial, é a construção de barramentos superficiais. Com a queda brusca de velocidade do rio ao ter ocorrido barrado, cai a competência, depositando-se longe da bacia hidráulica (a montante) os detritos grosseiros (psamitos e pefitos) decantando dentro da bacia apenas os detritos finos de silte e argila (pelitos) com alguma areia fina.

Somente uma campanha de sondagens, com amostragem do material para execução de ensaios granulométricos, pode definir com certa aproximação o nível de constituição desses depósitos.

### COEFICIENTES HIDRODINÂMICOS

Quatro são os parâmetros hidrodinâmicos importantes para de finição das características exploráveis das aluviões:

- a) permeabilidade e transmissividade
- b) porosidade eficaz
- c) vazão específica
- d) gradiente hidráulico

O coeficiente de permeabilidade é imprescindível para o cálculo da vazão de escoamento natural e portanto para avaliar as perdas por percolação. O conhecimento das espessuras permite avaliar a transmissividade que é um dado mais representativo.

A porosidade eficaz também é necessária conhecer-se a fim de se poder avaliar os recursos exploráveis.

A vazão específica permite estabelecer a vazão ótima de exploração, evitando riscos de exaurir-se o aquífero por uma super-exploração ou mesmo diminuir a eficiência do poço.

Finalmente o gradiente hidráulico, igualmente a permeabilidade, permite determinar os volumes de água escoados subterraneamente no aquífero.

O conhecimento desses parâmetros, sobretudo dos três primeiros, exige a realização de ensaios de bombeamento adequados e seguras interpretações através do uso da equação específica para cada caso.

Para o conhecimento do gradiente hidráulico, necessário se faz o nivelamento topográfico de pontos d'água segundo a direção longitudinal ao rio.

### RESERVAS E RECURSOS EXPLOTÁVEIS

Todo depósito sedimentar que se constitui em aquífero, sem confinamento, apresenta dois níveis anuais de superfície hidrostática, ou nível piezométrico (apenas de pressão atmosférica), ou ainda "under-flow" no idioma inglês. O nível mais superior corresponde àquele do fim do período chuvoso enquanto o nível inferior, ou mais profundo, equivale ao período mais seco do ano hidrológico, que antecede às chuvas. Essa faixa de variação entre os dois níveis, corresponde às reservas renováveis do aquífero.

Abaixo do nível piezométrico inferior, até o embasamento das aluviões, que pode ser uma rocha cristalina (na maior parte do nordeste) ou uma rocha sedimentar, como na bacia do Parnaíba por exemplo, situa-se a zona de água subterrânea propriamente dita, permanentemente saturada, que se designa de reservas permanentes.

O conjunto de reservas renováveis com reservas permanentes, constitui a reserva total do aquífero.

A parcela da reserva total do aquífero que pode ser explorada para fins socioeconômicos (consumo humano, animal ou irrigação) constitui os recursos exploráveis.

Esses recursos explotáveis devem portanto levar em conta as seguintes perdas e condições naturais: evaporação direta próximo à superfície (até cerca de 1m de profundidade), a evapotranspiração pelas plantas do leito aluvial, a percolação subterrânea, as infiltrações no substrato, a retenção específica e por fim, a necessidade de se manter um certo volume de água no meio poroso.

Numa apreciação mais segura dos volumes disponíveis para captação, poderia a princípio, utilizar-se de toda a reserva renovável do aquífero, entretanto a parcela a ser utilizada da reserva permanente, deverá ser fruto de um estudo mais completo.

É conveniente em princípio, distinguir-se bem o problema de renovação das reservas hídricas em aluviões, que diferem inteiramente do problema análogo para as bacias sedimentares de grandes espessuras de dezenas e até centenas de metros. No primeiro caso, a renovação total das reservas, inclusive das permanentes que venham a ser exploradas se faz anualmente, em cada período chuvoso, enquanto no segundo caso, essa renovação é bem mais lenta, não se podendo comprometer na exploração, uma grande parcela das reservas permanentes, sob pena de, com alguns anos de exploração, vir a comprometer o aquífero.

#### USO DO AQUÍFERO ALUVIAL

O uso do aquífero aluvial vai ficar condicionado a duas características importantes: quantidade e qualidade da água.

Comefeito, se o amanejamento é de dimensões representativas, como os mencionados nos rios Seridó, Potengi, Paraíba e partes do Piancó, pode-se pensar na sua utilização para irrigação, como manejo principal ou adjutório de um recurso superficial; para o abastecimento de pequenas cidades ou comunidades de pequeno porte (vilas, povoados, etc).

Se ao contrário, suas dimensões foram reduzidas e/ou descontínuas, não se pode projetá-lo para projetos mais volumosos e sim para atendimento a pequenos núcleos rurais, como fazendas, sítios, granjas, etc).

Quanto a qualidade da água, também se constitui num parâmetro restritivo pois, às vezes os volumes são consideráveis, porém a qualidade não recomendada o seu uso para consumo humano nem para irrigação. É o caso, por exemplo do já mencionado rio Potengi, que embora possuindo volumes consideráveis, possui em quase todo o seu curso, elevada salinidade, principalmente em cloreto de sódio (o trecho de São Tomé a São Paulo do Potengi acusou um valor médio de cloreto da ordem de 3.000 mg/l).

Enquanto isso, os sólidos totais médios das águas de aluviões do riacho Açoiteira (na bacia do rio Piancó) são da ordem de 150 mg/l, prestando-se para qualquer tipo de uso.

Quando a restrição é pela quantidade, é possível ainda efetuar intervenções para obter-se resultados a médio ou longo prazos (10 a 20 anos a depender da capacidade do rio), como será aborda-

do mais adiante, no capítulo de barragens de assoreamento.

Para o caso de má qualidade da água, todavia, não há soluções economicamente viáveis; mais recomendável será o armazenamento da água em superfície - barragens convencionais - que permitem mais fácil controle da salinização. Deverá então ser abandonado o manancial aluvial para projeto de irrigação e consumo humano, sendo ainda possível o seu aproveitamento para o consumo animal (a maior parte dos sais é bem aceita pelo gado).

#### ALTERNATIVAS DE CAPTAÇÕES E INTERVENÇÕES

##### Tipos de captação

Os dois tipos de captação mais empregados são o poço tubular raso e o poço "amazonas" na sua forma mais simplificada, denominada de cacimba ou cacimbão.

O poço tubular raso é perfurado com máquina ou simplesmente com um trado de 12" de diâmetro. O acabamento final é dotado de um tubo de revestimento, de plástico PVC ou ferro, ou ainda aço galvanizado. A zona aquífera principal, detectada durante a perfuração, será dotada de um filtro no revestimento para permitir a entrada de água para o poço.

A cacimba pode ser construída de várias maneiras, sendo as mais frequentes as de alvenaria de tijolo e cimento, e as de tubulações pré-fabricadas, de material poroso ou mesmo impermeável.

Outros tipos de captação rasa, que podem ser conjugados ou não à cacimba, são a galeria filtrante e o dreno tubular.

A cacimba com drenos radiais é uma captação mista na vertical e na horizontal, que aumenta muito a capacidade de exploração de um manancial de pequena espessura, como o depósito aluvial.

##### Captação com ou sem regularização

Como é de conhecimento geral, todos os rios do nordeste, à exceção do São Francisco, são por natureza própria, de caráter intermitente, isto é, correm apenas durante alguns meses do ano.

Apesar disso, as aluviões sempre são recarregadas até a superfície, e, cessadas as chuvas, o rio continua ainda a correr durante algum tempo, que pode chegar a 2 ou 3 meses em algumas localidades. Esse escoamento pós-chuvas é derivado pela ressurgência das aluviões, sendo designado pelos hidrólogos de recessão.

Quando o rio drena todo o volume de água contido na aluvião em nível superior ao seu talvegue, cessa completamente o seu escoamento e o nível da água na aluvião - "under-flow" - situa-se sempre abaixo do nível do talvegue do rio.

Nesses casos, uma exploração contínua do manancial para um programa de irrigação, ou mesmo de abastecimento de cidades, pode ser comprometido ao longo do tempo, se não for meticolosamente mencionado o volume a explorar.

Se todavia existir um reservatório de água superficial, que mantenha sempre elevado o nível das águas subterrâneas, mesmo com um escoamento a fio d'água, com lâmina mínima possível, o depósito aluvial servirá mais como adutora e, secundariamente como adjutor do manancial superficial.

A conjunção desses dois tipos de reservatórios pode ser muito útil, pois elimina as perdas por evaporação, ocorrente / quando a captação é meramente superficial e, também, elimina os gastos com adutora no caso de se pretender transportar a água do reservatório superficial para os diversos pontos de irrigação, ou captação para abastecimento público.

Deve-se levar em conta, que as perdas por infiltração para o embasamento rochoso são insignificantes, pois permanentemente, as fraturas alimentadas por cursos de água superficiais acham-se saturadas, desde que o manancial subterrâneo (aluvial) dificilmente chega a secar completamente no período de estiagem.

Para a captação, deve ser estudado o tipo que mais se adequa a situação específica do depósito aluvial.

### Barragens subterrâneas

#### Barragens naturais e artificiais

O embasamento rochoso das aluviões, em geral é irregular, com depressões e elevações; as primeiras funcionam como "zonas aquíferas" preferenciais, enquanto as segundas, atuam como barragens, impedindo ou dificultando, a percolação da água na calha aluvial.

Esse tipo de barragem subterrânea é chamado de natural, pois é formada por um processo erosivo da própria natureza, sem a participação do homem.

Ao contrário, as barragens subterrâneas artificiais, são intervenções provocadas pelo homem, no sentido de bloquear o fluxo subterrâneo da água, retardando o rebaixamento do nível da água no aquífero aluvial.

#### Vantagens e Desvantagens

Dentre as vantagens oferecidas pelas barragens subterrâneas podem ser citadas :

- 19) mantêm o nível da água subterrânea elevado por muito mais tempo do que em condições naturais de percolação.
- 29) a água fica protegida da insolação direta e de elevada evaporação que ocorre nos barramentos superficiais.
- 39) permitem a "sub-irrigação" quando se deseja implantar uma cultura na própria calha na região de prolongada estiagem, sem provocar inundações de áreas cultiváveis.
- 49) são isentas de riscos de desmoronamento ou arrombamento, por ficarem completamente enterradas.

- 59) são de baixo custo de execução, dispensando ainda obras de manutenção, desde que sejam adequadamente operadas.
- 69) por serem reduzidas as perdas por evaporação e garantida a realimentação anual, possuem menor risco de salinização do que os reservatórios superficiais.

Como desvantagens, para os barramentos superficiais ou para a situação original, sem qualquer intervenção, podem ser citadas:

- 19) os volumes armazenados são em geral inferiores àqueles possíveis de armazenar em barragens superficiais.
- 29) por estarem contidas em meio poroso, as condições de extração não podem superar a capacidade de bombeamento do aquífero ; para tal fim, deverão ser cuidadosamente avaliados os coeficientes hidrodinâmicos do meio, através de ensaios de bombeamento.
- 39) com relação à situação, pode se tornar anti-econômica no caso em que as perdas d'água por percolação subterrânea representem uma parcela muito reduzida dos valores armazenados (reserva total).

#### Tipos de barragens

As barragens subterrâneas podem ser classificadas em diversos tipos, de acordo com as características do material construtivo e da finalidade a que se destinam.

##### a) Barragens impermeáveis com núcleo de argila

Esse tipo de barragem é de fácil construção para vales fluviais com pequena espessura aluvial e/ou reduzida espessura saturada. Podem ser construídas com tomada para descarga de fundo para permitir a renovação anual das águas ou não ter nenhuma tomada no corpo da barragem. O segundo caso é usado quando se instalam poços para bombeamento contínuo da água armazenada, para uso fora da calha, enquanto o primeiro é utilizado quando se pretende utilizar a água na própria calha, como sub-irrigação de cultivos ali plantados.

##### b) Barragens impermeáveis em alvenaria de pedra e cal

É semelhante à anterior, quanto ao processo de construção, em que se necessita abrir uma vala transversal ao rio, até atingir o embasamento rochoso para depois preenchê-la com a parede de alvenaria; esse tipo de material de preenchimento do vale, que representa o corpo da barragem, é que difere do tipo anterior, que era a argila.

Igualmente ao tipo anterior, pode ter uma tomada de descarga de fundo ou não.

##### c) Barragens impermeáveis com estacas

O processo de construção e o material construtivo são bastan

te diferentes dos tipos anteriores, pois aqui é dispensável a abertura da vala e o material impermeabilizante é constituído por estacas justapostas que podem ser de concreto, de ferro ou de madeira, a depender das disponibilidades financeiras, da facilidade de material, etc.

Essas barragens não possuem descarga de fundo.

#### d) Barragens semi-impermeáveis

Esse tipo é utilizado quando existe risco de salinização e não se pretende reter a água totalmente, mas apenas retardar a sua percolação.

Pode ser construída em alvenaria, deixando-se aberturas na parte basal da parede, ou com estacas que não sejam fincadas até o embasamento. Essas barragens dispensam qualquer tipo de tomada para descarga de fundo.

Outros tipos podem ser construídos, combinando as características dos já mencionados, a depender das condições locais do aquífero aluvial, da existência do material nas proximidades da obra, da finalidade a que se destina, etc.

#### Riscos de Salinização

Deverá sempre ser estudada a possibilidade de vir a ocorrer salinização das águas retidas pelos barramentos subterrâneos.

No caso em que a água a ser armazenada, se destine a irrigação de solos nas margens do rio, deve ser analisado o teor de sais do solo a fim de verificar a qualidade da água que retornará à bacia aluvial, drenando os sais solúveis do solo irrigado.

Se a água superficial já possuir elevados teores de sais, a tendência com o barramento será aumentar a concentração desses sais, o que inviabiliza a sua construção.

#### Barragens de Assoreamento

Esse tipo de barramento constitui uma intervenção mista de barragens subterrâneas com barragens superficiais, devendo ser construída com a finalidade de aumentar a espessura do depósito aluvial.

Sua construção deve ser processada por etapas plurianuais, adotando-se medidas técnicas que propiciem a deposição de material detrítico grosseiro e não apenas o fino, como ocorre na bacia hidráulica dos barramentos superficiais.

A depender do regime pluviométrico da região e da capacidade de carga do rio em questão, uma barragem dessa poderá por assoreamento, propiciar espessuras aluviais da ordem de 8 a 10 m, em questão de 10 a 15 anos, em 3 a 5 etapas de construção.



## ESTUDOS NECESSÁRIOS PARA A EXPLORAÇÃO DO AQUÍFERO ALUVIAL

O estudo do aquífero aluvial deve ser executado de modo a que o seu resultado permita definir as características do meio e suas possibilidades de exploração, assim como as intervenções que se fizeram necessárias.

Os elementos que se necessita conhecer são :

1. geometria e dimensões do aquífero.
2. volumes de água armazenadas.
3. gradiente hidráulico e vazão de escoamento natural.
4. caracterização granulométrica do depósito.
5. condições de realimentação.
6. exutórios naturais e artificiais.
7. interações do meio aquífero aluvial com o seu embasamento e com os recursos hídricos superficiais.
8. qualidade da água e classificações para os diversos fins.
9. coeficientes hidrodinâmicos: permeabilidade, transmissividade e porosidade eficaz.
10. reservas e recursos exploráveis.
11. condições de exploração: tipo de captação, dimensionamento, quantidade e distanciamento entre as obras.
12. intervenções necessárias no aquífero para melhoria das condições de exploração.
13. custo do m<sup>3</sup> de água bombeada e orçamento das obras de captação recomendadas.

## CONCLUSÕES

Pelo exposto, depreende-se que o uso dos depósitos aluviais pode se constituir, se estudado de maneira adequada, num importante manancial hídrico para utilização em diversos fins.

Em determinados casos, a depender do potencial explorável das aluviões, os recursos hídricos subterrâneos podem contribuir com uma significativa parcela de uma exploração em larga escala, ou, assegurar completamente a demanda se os volumes requeridos não forem muito elevados.

No primeiro caso situam-se as explorações para irrigação em vastas áreas, em que a demanda é muito elevada, enquanto no segundo enquadram-se as captações pontuais ao longo do rio, com pequenos volumes exploráveis para mini-irrigação (1 a 2 ha em cada ponto) ou abastecimento de pequenos núcleos urbanos (comunidades de 1.000 a 2.000 hab.) ou ainda núcleos rurais (fazendas, sítios etc.).

Em ambos os casos, sobretudo no primeiro, são necessários estudos hidrogeológicos que permitam quantificar os volumes máximos exploráveis, a forma adequada de captação e as possíveis intervenções a serem introduzidas no depósito aluvial com a finalidade de melhorar a sua potencialidade explorável.

Como exemplo de um caso concreto recém estudado no Rio Grande do Norte, para a CEPA-RN, foi dimensionado o volume aluvial de um trecho do rio Seridó, com 34Km de extensão, entre as cidades de Parelhas e Jardim do Seridó, encontrando-se os seguintes valores:

- a) Área aluvial média :  $938,9 \text{ m}^2$
- b) Área saturada atual média:  $405,5 \text{ m}^2$
- c) Área saturada regularizada média:  $645,5 \text{ m}^2$
- d) Volume de aluviões:  $27,18.10^6 \text{ m}^3$
- e) Volume saturado: atual:  $11,7.10^6 \text{ m}^3$
- f) Volume de água armazenada (total):  $1,99.10^6 \text{ m}^3$
- g) Volume saturado regularizado:  $18,75.10^6 \text{ m}^3$
- h) Volume de água possível de armazenar (regularizado) :  
 $3,19.10^6 \text{ m}^3$
- i) Volume infiltrado:  $0,61.10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$
- j) Volume percolado:  $0,23.10^6 \text{ m}^3/\text{ano} = 7,3\% R_t$
- l) Recursos explotáveis (regime regularizado):  $2,17.10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$
- m) Recursos explotáveis(não regularizado):  $1,12.10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ .

AS INTRUSIVAS BÁSICAS E SUAS IMPLICAÇÕES NA PROSPECÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

POR

O.Sinelli<sup>1</sup>, A.Souza<sup>1</sup>, A.Davino<sup>1</sup>, e J.L.Sanches<sup>2</sup>

RESUMO -- O estudo hidrogeológico, em execução, na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo no Estado de São Paulo, revelou a existência de um grande número de intrusivas básicas - sills e lacólitos - que são responsáveis por praticamente 20% de insucessos nas perfurações. Tais estruturas reduzem o volume de água contido no aquífero, bem como, alteram os valores dos parâmetros hidrodinâmicos. No presente trabalho serão apresentados os resultados, já obtidos, relativos a geologia, hidrogeologia e geofísica da Bacia.

<sup>1</sup>Depto. de Geologia, Física e Matemática da F.F.C.L.R.P. - USP

<sup>2</sup>Depto. de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo