

CONCEITOS E DIRETRIZES PARA RECARGA ARTIFICIAL DE AQÜÍFEROS

Carlos Magno de Souza Barbosa ¹ & Arthur Mattos²

RESUMO – Os aquíferos são reservatórios naturais de grande importância para o abastecimento humano em todo o mundo, e sua má exploração pode causar danos irreversíveis ao mesmo. Uma das principais formas de recuperação de aquíferos se dá através da recarga artificial e intencional. Este artigo tem como objetivo enfatizar a importância do assunto, descrever os principais sistemas de recarga artificial e apresentar os métodos de determinação da mesma.

ABSTRACT - The aquifers are natural reservoirs of great importance for the human supplying in the whole world, and a bad exploration can cause irreversible damages. One of the main forms of recovery of aquifers is through the artificial and intentional recharge. This article has as objective to emphasize the importance of the subject, to describe the main systems of artificial recharge and to present the methods of determination of the same one.

Palavras-chave: Recarga de aquíferos, recarga artificial, métodos de recarga de aquíferos.

INTRODUÇÃO

Embora haja o consenso da importância dos recursos hídricos subterrâneos, principalmente, no que tange o abastecimento urbano, industrial e agrícola ainda existem atividades humanas que causam impactos negativos sobre eles. A falta de políticas de zoneamento, planejamento e ordenamento territorial causam a impermeabilização das áreas naturais de recarga e concentram o fluxo superficial da água gerando problemas como enchentes e inundações. Associado a falta de recarga, causada pela impermeabilização, encontramos a sobre-exploração da água subterrânea que pode causar o esgotamento do recurso inviabilizando-o para posterior utilização.

A busca por fontes de água mais confiáveis, impulsionada pelo déficit no abastecimento de água gera uma exploração excessiva dos aquíferos. Esta super-exploração, associada ao

¹ Engenheiro Civil e Mestre em Engenharia Sanitária – UFRN. Rua Silva Jardim, 1003, Boa Vista, Mossoró/RN, CEP 59605-100. (84)8839 4606. E-mail: carlosmagno25@hotmail.com.

² Professor adjunto da UFRN, CT, Campus Universitário/CT/LARHISA, Lagoa Nova. CEP 59072-970. Natal-RN. Telefone/Fax: (84) 3215 3775. E-mail: armattos@ct.ufrn.br.

desequilíbrio com o processo de recarga natural, que sendo insuficiente, pode causar elevados rebaixamentos na potenciometria dos aquíferos. A super-exploração diminui a disponibilidade hídrica do aquífero, aumenta a sua vulnerabilidade a contaminações advindas de camadas superiores, bem como o torna susceptível à intrusão marinha em regiões litorais.

É necessário implementar metodologias que preservem o aquífero, recuperem seus níveis de pressão, e reponham gradualmente os volumes retirados nos últimos anos. Uma alternativa que vem sendo adotada em áreas com escassez de água, como o Oeste dos EUA e Israel é o aproveitamento de águas servidas, de rios ou de chuvas para a recarga artificial (PYNE, R. D. G., 1994).

A recarga artificial do aquífero utilizando águas de chuva também tende a aliviar problemas de drenagem urbana. Chuvas de alta intensidade tendem a gerar alagamentos, sendo gradualmente escoadas para o oceano. Com a metodologia em discussão, parte destes volumes que seriam perdidos passariam a constituir aportes adicionais para o aquífero.

A recarga artificial pode ser tanto intencional quanto acidental. A recarga acidental ocorre com a incorreta disposição de efluentes em fossas sépticas não impermeabilizadas, infiltração em aterros sanitários e campos excessivamente irrigados, escoamento superficial de áreas urbanas, rupturas em sistemas de abastecimento de água e esgotos ou demais vazamentos.

A recarga intencional refere-se à introdução de água para o interior do aquífero, seja diretamente através de poços de injeção ou indiretamente através de bacias ou caixas de infiltração. Tem como objetivo aumentar a disponibilidade dos recursos hídricos subterrâneos, melhorar a qualidade da água, restabelecer o nível freático e novas condições de equilíbrio e diminuir o escoamento superficial. Pode-se utilizar água de rios e lagos, água residual resultantes de estações de tratamento, água dessalinizada e água da chuva e de escoamento superficial.

IMPORTÂNCIA E OBJETIVOS DA RECERGA DE AQUIFEROS

Aquíferos subterrâneos são, em níveis diversos, realimentados através de zonas ou áreas de recarga, ou diretamente, através de irrigação ou precipitações, o que, eventualmente, pode resultar em poluição de suas águas. A engenharia de recursos hídricos desenvolveu, com a finalidade de aumentar a disponibilidade de água e, eventualmente, de resolver problemas localizados, a tecnologia de recarga artificial, utilizando efluentes adequadamente tratados (HESPANHOL, 2003).

Esta modalidade de recarga de aquíferos é direcionada para os seguintes objetivos:

- proporcionar tratamento adicional de efluentes;
- aumentar a disponibilidade de água em aquíferos potáveis ou não potáveis;

- proporcionar reservatórios de água para uso futuro;
- prevenir subsidência do solo;
- prevenir a intrusão de cunha salina, em aquíferos costeiros.

A infiltração e percolação de efluentes tratados se beneficia da capacidade natural de biodegradação e filtração dos solos, proporcionando um tratamento *in situ* e permitindo, em função do tipo de efluente considerado, dos métodos de recarga, de condições hidrogeológicas e dos usos previstos, eliminar a necessidade de sistemas de tratamento avançados.

A recarga contribui para a perda de identidade entre efluentes tratados e a água subterrânea, reduzindo o impacto psicológico do reuso para fins benéficos diversos.

Alem disso, os aquíferos subterrâneos se constituem em reservatórios naturais e em elementos de transporte de efluentes tratados. Alguns usos de água, que apresentam demanda sazonal, requerem grandes reservatórios para armazenamento ou métodos alternativos de descargas nos períodos de baixa demanda. Esses reservatórios, além de demandarem grandes áreas de instalações e de serem inviáveis economicamente, estão associados a perdas por evaporação, blooms de algas e deterioração da qualidade das águas que armazenam. Os reservatórios subterrâneos operam como sistemas de distribuição naturais, eliminando os custos relativos às instalações de transporte de efluentes tratados.

A subsidência de solos, definida como “movimento para baixo ou afundamento do solo causado pela perda de suporte subjacente” se constitui em problema relevante em áreas onde ocorre excessivo bombeamento de aquíferos.

O bombeamento excessivo de água subterrânea de aquíferos adjacentes a áreas costeiras pode provocar a intrusão de água salina, tornando-os inadequados como fontes de água potável ou para outros usos que não toleram salinidade elevada. Baterias de poços de injeção são construídos em áreas críticas, criando barreiras para evitar a intrusão salina. Efluentes tratados são injetados nos aquíferos confinados, estabelecendo um gradiente hidráulico no sentido do mar, que previne a penetração de água salgada no aquífero.

DESCRIÇÃO DOS PRINCIPAIS SISTEMAS DE RECARGA ARTIFICIAL

Métodos de recarga artificial à superfície

Os métodos de recarga artificial à superfície implementados fora do leito dos rios descrevem-se em seguida (DIAMANTINO, 2005):

A) Bacias de infiltração ou de recarga

Este método necessita da descarga de água em bacias escavadas no solo para este efeito. Para que a recarga se proceda de forma eficaz recorrendo a este método é preferível a verificação dos seguintes aspectos: a disponibilidade de uma área de solo permeável, a presença de uma zona não saturada sem camadas impermeáveis, a presença de um aquífero freático, a ausência de zonas contaminadas na zona não saturada e no aquífero (Bouwer, 1996) e a manutenção de um nível de água sob estes solos.

B) Represas perenes

As represas perenes ou semi-perenes coletam grandes quantidades de água e têm grandes profundidades, podendo ser utilizadas quer como fonte de água para irrigação direta quer como sistemas para aumentar a recarga de aquíferos.

C) Valas e canais

Uma vala pode descrever-se como uma trincheira longa e estreita, sendo a sua largura inferior à sua profundidade. Um sistema de valas pode ser projetado para se adaptar à topografia e às condições geológicas existentes em determinado local.

D) Sistemas de recarga por alagamento

Em locais onde a topografia é relativamente plana, a água pode ser desviada a partir de um rio recorrendo a canais e descarregada eventualmente numa zona com uma área maior. As taxas de infiltração maiores são observadas em áreas com vegetação e solo não perturbados.

E) Sistemas de recarga por irrigação

Os esquemas de irrigação são frequentemente uma forma de recarga não intencional de aquíferos, e.g. em zonas áridas e semi-áridas onde a percolação profunda se baseia essencialmente na lixiviação de sais a partir da zona das raízes das plantas. Díaz et al. (2000) designa por “terrenos extensos” um tipo de sistema de recarga idêntico que consiste na descarga de água numa grande superfície do terreno, geralmente através da aplicação de rega com caudais elevados. Neste tipo de recarga não existem custos adicionais para a preparação do terreno uma vez que já instalado no local um sistema de distribuição da água. Normalmente a irrigação desenvolve-se em zonas planas onde o nível da água se encontra pouco profundo, o que implica que o volume disponível para o armazenamento de água seja pequeno. A qualidade da água em locais de irrigação deve ser analisada frequentemente uma vez que pode ter concentrações elevadas de sais e também de produtos químicos residuais resultantes da atividade agrícola (Gale et al., 2002).

Os métodos de recarga artificial à superfície que se referem em seguida são realizados no leito dos rios:

A) Represas de armazenamento de areia

As represas de armazenamento de areia são mais adequadas em locais de terreno irregular e em condições climáticas áridas, onde o escoamento superficial ocorre normalmente sob a forma de cheia. Estas represas são normalmente construídas de areia em rios efêmeros em vales bem definidos.

A parede da represa é construída com a largura do leito do rio de modo a abrandar as águas de cheias ou de eventos de escoamento temporários. Isto permite a deposição do material mais grosseiro e a sua acumulação por detrás da parede da represa artificial. Esta parede pode ser subida após cada evento de cheia. Com o tempo, os sucessivos eventos acabam por construir um aquífero artificial que permite a infiltração da água em vez do seu escoamento natural pelo rio. A água armazenada fica assim disponível para extracção, no entanto, quando estas represas se constroem em cima de materiais permeáveis a água acumulada acaba também por recarregar o aquífero subjacente (Gale et al., 2002).

B) Modificação no canal de um rio

Um forma económica de distribuir água a partir de um rio pode ser obtida pela construção de barreiras no leito do rio, utilizando como material os sedimentos aluvionares do próprio rio. Para evitar a erosão ou destruição destas estruturas por vezes é também necessária a construção de um vazadouro em cimento e para conter e canalizar estas águas de escoamento superficial é também necessária a construção de barreiras extensivas. Estas barreiras retardam o escoamento da água no rio, criando também a possibilidade desta água se infiltrar no solo assim como permitem reduzir a erosão do solo.

Métodos de recarga artificial na zona não saturada

Recentemente surgiram novos métodos de recarga artificial de aquíferos, principalmente os poços na zona não saturada, as trincheiras de infiltração e os aquíferos artificiais que se utilizam para a recarga de aquíferos livres.

A) Poços na zona não saturada

Recentemente tem-se verificado um interesse crescente na utilização de poços na zona não saturada do solo que também se designam por poços secos, de largo diâmetro, destinados à recarga de aquíferos freático. São perfurações com cerca de 10 a 50 metros de profundidade e com 1 a 2

metros de diâmetro (Díaz et al., 2000). Quando o aquífero freático se encontra a uma profundidade elevada a utilização deste tipo de furos é mais econômica do que a utilização de furos de recarga. São normalmente perfurados em zonas permeáveis da zona não saturada. Para que a recarga se proceda de forma apropriada estes furos deverão penetrar na zona de formações permeáveis uma distância adequada.

B) Trincheiras de infiltração

Quando os solos à superfície do terreno não estão disponíveis, mas existem níveis permeáveis em profundidade, sendo esta profundidade compreendida entre 5 a 15 m, não se deve recorrer à utilização de furos na zona não saturada, mas sim uma solução mais econômica nomeadamente através da construção de trincheiras de infiltração. As trincheiras são escavações alargadas com 1 metro de largura e cerca de 10 metros de profundidade (Díaz et al., 2000). As trincheiras são preenchidas com areia grosseira ou cascalho fino, que facilita a infiltração da água de recarga. A trincheira deve ser tapada para proteger do sol, animais e pessoas. A água de recarga deverá conter baixo teor de sólidos suspensos, como se referiu anteriormente para os outros métodos. Os principais problemas são essencialmente relativos à colmatção do sistema e as soluções apresentadas para os poços secos são igualmente válidos no caso das trincheiras.

C) Aquíferos artificiais

Os aquíferos artificiais são essencialmente filtros de areia que se destinam à recarga do aquífero ou ao tratamento de águas de má qualidade. Estes sistemas de recarga ou de tratamento são construídos pela escavação de um poço, com cerca de 2 metros de profundidade, que se enche com areia ou outro material permeável; o revestimento lateralmente é feito com material plástico e o fundo coberto com um nível de cascalho ou de tubos drenantes. A recarga ou o tratamento realiza-se através da descarga do efluente no aquífero por curtos períodos de tempo. Depois o sistema deixa-se a secar o tempo suficiente para que se forme uma capa colmatada, com gretas e de fácil remoção (Díaz et al., 2000). O fluxo de saída do dreno ou é descarregado nos cursos de água superficiais ou é utilizado para rega ou para outro fim destinado a águas não potáveis.

Métodos de recarga artificial em profundidade

Os métodos de recarga em profundidade recorrem normalmente à construção de furos. A recarga de águas subterrâneas recorrendo à implantação de furos é mais dispendiosa dos que os sistemas de infiltração à superfície do solo, pelo que será sempre aconselhável recorrer a uma avaliação econômica dos sistemas previstos. Por outro lado, os métodos de recarga artificial à

superfície apresentam-se menos complicados em termos técnicos do que os métodos de recarga em profundidade e podem ser igualmente eficientes em determinadas situações.

Os sistemas de recarga que se descrevem em seguida são os furos de injeção, os furos de armazenamento subterrâneo e de extração, os furos conjuntivos, as barreiras de infiltração, as grandes cavidades profundas no solo, os drenos e galerias e as valas e sondagens.

A) Poços de injeção

Os poços de injeção ou de recarga são normalmente os sistemas de recarga artificial em profundidade mais utilizados quando o aquífero se encontra a uma determinada profundidade. Normalmente são utilizados nos casos em que os terrenos possuem um custo elevado ou a sua utilização se encontra restringida (Díaz et al., 2000), quando não estão disponíveis zonas permeáveis na zona não saturada, quando a zona não saturada apresenta camadas impermeáveis e/ou quando os aquíferos são confinados. Estes furos permitem uma elevada taxa de recarga do aquífero.

Os poços de injeção constituem uma técnica de recarga artificial onde a água é bombeada diretamente nos poços. São utilizados quando não estão disponíveis zonas permeáveis na zona não saturada e quando os aquíferos são profundos ou confinados. A tecnologia para implantação e os requisitos de qualidade da água de recarga são mais exigentes do que nos sistemas de recarga à superfície. Dessa forma, utiliza-se água pluvial coletada no telhado de casas, prédios, galpões, etc. devido sua melhor qualidade em comparação à de escoamento superficial.

A recarga através de poços de injeção requer a construção de poços projetados especificamente para esta finalidade, estendendo-se através da camada insaturada até o aquífero. Os custos envolvidos são significativamente elevados tanto no que se refere à construção do poço quanto em relação aos níveis de tratamento necessários para a proteção da qualidade de água do aquífero.

B) Poços de armazenamento subterrâneo e de extração

Uma variante dos poços de injeção são os poços de armazenamento subterrâneo e de extração de água. Constitui uma técnica de recarga artificial recente que requer a utilização de poços combinados de recarga e de extração de água. Estes poços destinam-se à recarga do aquífero em períodos de maiores disponibilidades hídricas. Os requisitos de qualidade da água de recarga são significativamente mais elevados no caso de poços de injeção do que nos sistemas de recarga à superfície do solo e a tecnologia necessária para a construção deste tipo de estruturas requer alguma complexidade. No entanto, no caso de furos utilizados quer para injeção quer para extração de água

os custos são minimizados e a recuperação dos poços, no caso de colmatção, é resolvida após a extração de água do poço (Gale et al., 2002).

C) Poços conjuntivos

Um poço conjuntivo significa que tem ralos abertos quer no aquífero superficial confinado quer no aquífero profundo artesiano. A água é extraída do aquífero profundo rebaixando-se a sua superfície potenciométrica para valores abaixo do nível da água no aquífero superior; deste modo induz-se a sucção direta da água proveniente do aquífero mais superficial para o aquífero profundo. A recarga realizada por este tipo de sistema tem a vantagem de utilizar como água de recarga a água subterrânea que não contém sólidos suspensos, reduzindo deste modo significativamente o risco de colmatção dos ralos dos furos.

D) Barreira infiltração

A barreira de infiltração no leito do rio trata-se de um método de recarga induzida que consiste geralmente numa galeria ou linha de furos pouco distanciados e paralelos ao leito do rio. A extração neste conjunto de furos rebaixa o nível piezométrico e conseqüentemente o nível da água no rio ou no lago, induzindo a água do rio a infiltrar-se no aquífero subjacente. De modo a assegurar uma purificação satisfatória da água do rio pelo solo, o tempo de infiltração deverá exceder entre 30 a 60 dias (Gale et al., 2002).

E) Grandes cavidades profundas no solo

Consistem essencialmente no aproveitamento de grandes cavidades características de terrenos calcários carsificados para a introdução de água no aquífero (Díaz et al., 2000).

F) Drenos e galerias

Consistem na construção de drenos e galerias no fundo de um poço através dos quais se introduz a água de recarga (Díaz et al., 2000).

G) Valas e sondagens

Trata-se de um sistema que é formado por uma grande vala de infiltração, pouco profunda, com areia calibrada, dentro da qual se colocam sondagens de recarga (Díaz et al., 2000).

TRATAMENTO SOLO AQUIFERO - TSA

Lugares onde condições hidrogeológicas permitem, a recarga efetuada em instalações superficiais de infiltração, tais como bacias ou canais de infiltração, pode-se obter níveis de tratamento consideráveis, devido ao movimento dos efluentes através do solo, camada insaturada e

no próprio aquífero. Este é o sistema designado Tratamento Solo Aquífero, ou TSA, que vem sendo empregado com sucesso em diversas partes do mundo (Região do Dan em Israel, Chipre, Estados Unidos nos Estados de Arizona, Califórnia, Nevada, etc.) (HESPANHOL, 2003).

Dados do sistema TSA para reuso agrícola, que opera na Região do Dan, comprovam a elevada eficiência na remoção de compostos e íons específicos, prejudiciais às culturas irrigadas com as águas bombeadas do aquífero, alimentado artificialmente com esgotos tratados (HESPANHOL, 2003).

Os custos associados aos sistemas TSA são, em média, inferiores a 40% dos custos de sistemas de tratamento convencionais equivalentes, operando na superfície.

Os sistemas TSA proporcionam níveis de tratamento elevados em termos de compostos orgânicos (remoção de DBO, DQO, CODT), organismos patogênicos (coliformes fecais, criptosporídeos, giárdia e vírus) e compostos inorgânicos (nitrogênio e metais pesados) (HESPANHOL, 2003).

As bacias de infiltração consistem na descarga do escoamento superficial proveniente da precipitação em bacias escavadas no solo. Para seu correto funcionamento alguns fatores são imprescindíveis como solo permeável e presença de uma zona saturada sem camadas impermeáveis. O problema encontrado neste método é a presença de sólidos suspensos na água, pois pode ocorrer o assoreamento e a acolmatagem dos poros na base da bacia dificultando a infiltração da água. As caixas de infiltração, também denominadas de poços de injeção passivos, são poços escavados no solo que podem ser revestidos ou não com manilhas furadas ou sistemas de tijolos espaçados preenchidos com areia ou cascalho para facilitar a infiltração da água.

Algumas condições hidrogeológicas são favoráveis para permitir a recarga artificial de esgotos domésticos tratados através do sistema TSA. As condições consideradas ideais são associadas aos seguintes fatores:

- solos permeáveis com taxas de infiltração razoáveis;
- camada insaturada com espessura suficiente para estocar o volume de recarga necessário;
- ausência de camadas impermeáveis que causem excessiva acumulação dos volumes infiltrados antes de atingir o aquífero;
- distribuição granulométrica na camada insaturada superior que suporte a prática do sistema TSA;
- coeficientes de transmissividade que não causem retenção excessiva de água no aquífero;
- aquífero não confinado.

Os parâmetros locais que devem ser caracterizados para dar suporte ao projeto de recarga são basicamente os seguintes: tipos de solos, perfil litológico da camada insaturada e do aquífero, níveis de água, gradiente regional, locação e volumes estimados da recarga natural, características de poços e bombeamentos existentes, parâmetros do aquífero (transmissividade e vazão específica), características de qualidade da água do aquífero em termos dos principais cátions e ânions, poluição existente ou potencial oriunda de aterros ou quaisquer outras fontes e quaisquer outros contaminantes do solo, que possam ser lixiviados durante a recarga.

DETERMINAÇÃO DA RECARGA AQUÍFERA

A primeira fase de avaliação da recarga aquífera depende de disponibilidade de informação relativa a diversos parâmetros do sistema como sejam dados climáticos, hidrológicos, geomorfológicos, geológicos e de ocupação do solo, uma vez que da cobertura vegetal depende a evapotranspiração que é um parâmetro fundamental do balanço hídrico.

A informação hidrogeológica pode fornecer elementos para a aplicação de metodologias baseadas em traçadores, análise das flutuações piezométricas e aplicação da Lei de Darcy ao escoamento em meio saturado.

A recarga aquífera pode ser abordada sob várias metodologias:

I) Métodos Diretos

- Balanço hídrico (formulação empírica);
- Modelos Físicos (balanço entre águas subterrâneas e superficiais);
- Modelos de circulação da zona saturada (modelos determinísticos);
- Traçadores (químicos, bacteriológicos, orgânicos e isotópicos).

II) Métodos Indiretos (zona saturada)

- Oscilação Piezométrica;
- Lei Darcy.

Os métodos diretos descrevem a recarga como um mecanismo de percolação da água desde o solo até ao aquífero, entrando com parâmetros como a variação de umidade no solo, evapotranspiração (ET), caudal de escoamento superficial, etc., para obter uma estimativa da recarga.

Os métodos indiretos utilizam informação piezométrica como indicadores da recarga efetiva, ou seja, sempre que há variações positivas do nível piezométrico estamos perante um episódio de

recarga possível de quantificar, desde que se conheçam alguns parâmetros básicos do sistema hidrogeológico, como o Coeficiente de armazenamento (S), o Coeficiente de recessão CR (período de tempo entre o episódio de precipitação e a resposta do aquífero), a Condutividade hidráulica (K), etc.

Recentemente, têm sido aplicadas com sucesso técnicas de Detecção Remota baseadas em microondas para obter informação multitemporal sobre umidade do solo que é integrada nos modelos de balanço hídrico, obtendo-se desta forma uma estimativa da recarga (Gouweleeuw, 2000).

CONCLUSÃO

A recarga artificial de aquíferos poderá vir a se constituir em benefício duplo a alguns municípios que utilizam aquíferos subterrâneos para abastecimento público. A crescente redução da recarga natural, devido ao aumento significativo da impermeabilização do solo urbano, vem causando o abaixamento de níveis freáticos em áreas de grande demanda. A possibilidade de recarga artificial com esgotos tratados, através do sistema Tratamento Solo Aquífero - TSA, poderia, além de permitir a disposição adequada de efluentes domésticos, contribuir para a manutenção dos níveis freáticos, facilitando, assim, também o abastecimento público.

A recarga artificial de aquíferos utilizando águas pluviais é uma importante ferramenta para a gestão dos recursos hídricos, principalmente, em locais com problemas de sobre-exploração e impermeabilização de áreas de recarga. Deve ser aplicada juntamente com medidas de outorga, cobrança e monitoramento da exploração. Além de reverter os problemas de sobre-exploração, atua no controle das águas de escoamento superficial. Necessita de cuidado da qualidade da água a ser utilizada para evitar a contaminação do aquífero.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DIAMANTINO, C., 2005. Metodologias de recarga artificial de aquíferos. 7º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos países de língua oficial portuguesa, Évora – Portugal.

DÍAZ, J.M.M., GÓMEZ, J.A.O., ARMAYOR, J.L., CASTANO, S.C., 2000. Recarga Artificial de Aquíferos. Síntesis Metodológica. Estudio. Actuaciones Realizadas en La Provincia de Alicante. Edições López Geta, J.A. Hernández, L.R. (2000). Disponível na Página da Internet do Instituto Geológico e Mineiro de Espanha (http://www.igm.es/internet/web_águas/igme/publica/libro36/lib36.html).

GALE, I. NEUMANN, I., CALOW, R. e MOENCH, M., 2002. The effectiveness of artificial recharge of groundwater: a review. AGRAR Project - Augmented Groundwater Resources by Artificial Recharge. Groundwater Systems and Water Quality Programme. Phase 1, Final Report CR/02/108N. British Geological Survey. Keyworth, Nottingham. 51 pp. (Internet site: <http://www.iah.org/recharge/pdf/AGRAR%20Review.pdf>).

HESPANHOL, I., 2003. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos1 BAHIA ANÁLISE & DADOS Salvador, v. 13, n. ESPECIAL, p. 411-437.

PYNE, R. D. G., 1994. Groundwater Recharge and Wells: a guide to aquifer storage and recovery. Lewis Publishers, Florida, 376p.