



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

FILTROS PARA ÁGUA DA CHUVA: ANÁLISE DE EFICIÊNCIA

Pedro Daniel da Cunha Kemerich¹, Hilton Ruoso Junior²

RESUMO

O aproveitamento indevido da água no mundo de hoje é uma preocupação constante, muita água potável é desperdiçada para fins onde poderia ser utilizada água não potável, mas sim, água limpa de boa qualidade como a água da chuva. Uma alternativa para usar a água da chuva com mais qualidade é filtrar a água em filtros de areia. Os objetivos deste trabalho foram: (a) estimar a vazão máxima de três composições diferentes de filtros; (b) determinar em laboratório a eficiência das três diferentes composições; (c) comparar a eficiência dos três sistemas de filtros para reter resíduos sólidos presentes na água da chuva, possibilitando a melhoria de sua qualidade. O trabalho experimental foi desenvolvido no Laboratório de Engenharia Ambiental do Centro Universitário Franciscano utilizando-se como filtro de areia uma caixa d'água de 250 litros, com materiais filtrantes como brita, areia, geotêxtil e esponja de poliuretano. Pelos resultados obtidos os filtros desenvolvidos para filtragem da água proveniente de precipitações pluviométricas tiveram vazões de 11.800 L. h⁻¹ (filtro 1), 630 L. h⁻¹ (filtro 2) e 9.300 L. h⁻¹ (filtro 3). O filtro 2 apresentou uma melhor eficiência na comparação entre os filtros, porém teve uma menor vazão.

Palavras-chave: precipitação pluviométrica, material filtrante, geotêxtil, esponja de poliuretano

RAIN WATER FILTERS: ANALYSIS OF EFFICIENCY

ABSTRACT

The improper use of water in the world today is a constant concern, too much drinking water is wasted for certain purposes could be used water not potable, but yes, good clean water and rainwater. An alternative to using rainwater with higher quality is to filter it in sand filters. The objectives of this study were: (a) estimate the maximum flow of three different kind of filters, (b) determine in laboratory the effectiveness of the three different compositions; (c) compare the efficiency of the three filter systems to retain solid waste present in rainwater, allowing the improvement of its quality. The experimental work was conducted at the Laboratory of Environmental Engineering Center Franciscan University using as a sand filter a water tank of 250 liters with filter materials such as gravel, sand, geotextile and polyurethane sponge. Results obtained by the filters designed for filtration of rainwater flows were 11,800 L. h⁻¹ (filter 1), 630 L. h⁻¹ (filter 2) and 9300 L. h⁻¹ (filter 3). Filter 2 showed a improved efficiency comparison between the filters, but also lower flow rate.

Keywords: rainfall, filter material, geotextile, polyurethane sponge

Trabalho recebido em 30/07/2010 e aceito para publicação em 05/12/2010.

¹Professor Orientador – UNIFRA/Atualmente na Universidade Federal de Santa Maria/CESNORS – RS; Endereço para correspondência: Rua João N. Scherer, 467, Parque Residencial Dom Antonio Reis, Santa Maria, RS – 97065-200. E-mail: eng.kemerich@yahoo.com.br

² Engenheiro Ambiental, aluno da Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho – UNIFRA.

1. INTRODUÇÃO

Uma análise global da água do planeta revela que 3/4 da superfície da Terra são cobertos por água, dos quais 97% são água salgada, e apenas, aproximadamente, 3% de água doce. Já os rios e lagos, que são as principais fontes de abastecimento de água para a população, correspondem a apenas 0,01% desse percentual (CETESB, 2007).

Segundo CISAM (2006), os filtros de areia tem como valores de taxa de infiltração de 3 a 6 m³m⁻² dia, essa variação de infiltração ocorre devido à quantidade de resíduos sólidos presentes no efluente. Nesse filtro é utilizado areia com granulometria que varia de 0,104 a 1,00 mm de diâmetro com uma camada de areia de 0,6 a 0,9 m de espessura. Pizarro (1996), trabalhando com filtros de areia, recomenda espessura de camada entre 0,4 e 0,6 m. Afirma que existe um valor crítico para a espessura do meio filtrante a partir do qual a qualidade da água filtrada não apresenta melhora, mas somente aumenta o tempo de exposição da água ao material previamente retido no filtro. Além disso, espessuras excessivas de areia podem dificultar a retrolavagem do filtro. Esses filtros podem remover quantidades significativas de sólidos suspensos com diâmetros equivalentes de até 20 µm, sendo o seu uso também recomendado para

o tratamento de águas residuárias que contêm materiais orgânicos em suspensão.

Conforme Vermerein & Jobling (1984), a filtragem com filtro de areia consiste em fazer a água passar por um meio granular de areia grossa, areia fina e brita com a finalidade de reter nesses materiais seus resíduos sólidos. É necessário levar em conta o tamanho das partículas de areia na construção deste filtro, pois é o meio granular que afetará a vazão.

De acordo com Pizarro (1996), o projeto de um filtro envolve a determinação das seguintes variáveis: superfície filtrante ou diâmetro do filtro, tipo de areia ou meio poroso e espessura da camada. Outro parâmetro levado em consideração é a condutividade hidráulica da areia saturada que representa a proporcionalidade entre o gradiente e o fluxo do meio granular poroso do filtro, o que influencia na condutividade é o tamanho das partículas da areia escolhida, índice de vazios do solo e a temperatura da água.

O outro fator é a escolha da vazão em virtude da perda de carga, esta perda é resultado da resistência das partículas do filtro pelo movimento da água. As partículas de resíduos sólidos aumentam a perda de carga, reduzindo a vazão do filtro. Sendo necessário fazer uma limpeza para a

remoção dessas partículas de resíduos sólidos.

Essa limpeza se realiza pelo método de retrolavagem, pela inversão da direção do fluxo da água, isto é, a passagem reversa da água pelo meio granular do filtro. Silva et al. (2003), recomendam que a retrolavagem deve ser realizada a cada aumento de 10 a 20% da perda de carga correspondente ao filtro limpo.

SENS (1993) coloca que outra alternativa para implementar o uso da água da chuva com mais qualidade é o uso de esponja de poliuretano como filtro. Em 1991 utilizaram este tipo de esponja impregnada de carvão ativado na etapa de filtração de água para fins de potabilização. Os trabalhos desses autores apresentaram resultados insatisfatórios quanto à adsorção pelo carvão ativado, levando à utilização somente de esponjas virgens a fim de obter uma maior eficiência no processo de filtração.

Para viabilizar o uso dessa água proveniente de chuvas com mais qualidade esse trabalho teve como objetivo: (a) estimar a vazão máxima de três composições diferentes de filtro; (b) determinar em laboratório a eficiência das três diferentes composições de filtro; e (c) comparar a eficiência dos três sistemas de filtros.

2 METODOLOGIA

2.1 Caracterização dos materiais usados

Foram escolhidas duas granulometrias diferentes de areia e uma de esponja de poliuretano. Para a determinação da vazão foram utilizadas quatro repetições para cada tipo de filtro. Estas amostras de areia foram separadas após peneiramento em um conjunto de peneiras de malhas que permitiam a passagem de grãos com até 2,36 mm de diâmetro para sua padronização.

2.2 Montagem dos filtros

A montagem dos filtros de areia foi realizada utilizando-se uma caixa cilíndrica de fibra de vidro com capacidade de 250 litros, diâmetro de 0,76 m e 0,60 m de altura. No fundo da caixa foi realizado um furo de 100 mm de diâmetro no qual foi acoplada na parte inferior uma curva de 100 mm (tubo de esgoto) para receber água filtrada. Na parte superior foi instalada uma luva de 100 mm de diâmetro (Figura 1a) que serviu como base para instalação radial dos tubos de PVC, coletores de água filtrada, com diâmetro de uma polegada. Os tubos foram perfurados com broca de 2 mm de diâmetro, totalizando cinco canos coletores, dispostos radialmente. Na parte superior dessa luva foi colocada uma tampa perfurada com a mesma broca dos canos (Figura 1b).



Figura 1 – (a) Vista superior da caixa de 250 litros com seu furo adaptado de 100 mm e (b) canos coletores de água acoplados em uma luva de 100 mm de diâmetro no fundo da caixa.

Os filtros foram montados por camadas de materiais filtrantes sobrepostos dentro da caixa de fibra e em cima dos canos coletores de água.

2.2.1 Montagem filtro1

Na camada de base foi colocada brita tipo 1 com 0,11 m de espessura até cobrir a tubulação dos canos (Figura 2).



Figura 2 – Visualização da camada de 0,11 m de espessura de brita tipo 1 sobre os canos coletores de água.

Em seguida foi colocada uma manta geotêxtil (bidin) no formato cilíndrico (Figura 3a) cobrindo toda a camada de brita para que não houvesse contato entre a areia e a brita. Sobreposta a manta

geotêxtil foi colocado uma camada de areia lavada com o diâmetro de 1 à 2,36 mm e com a espessura de 0,32 m (Figura 3b).

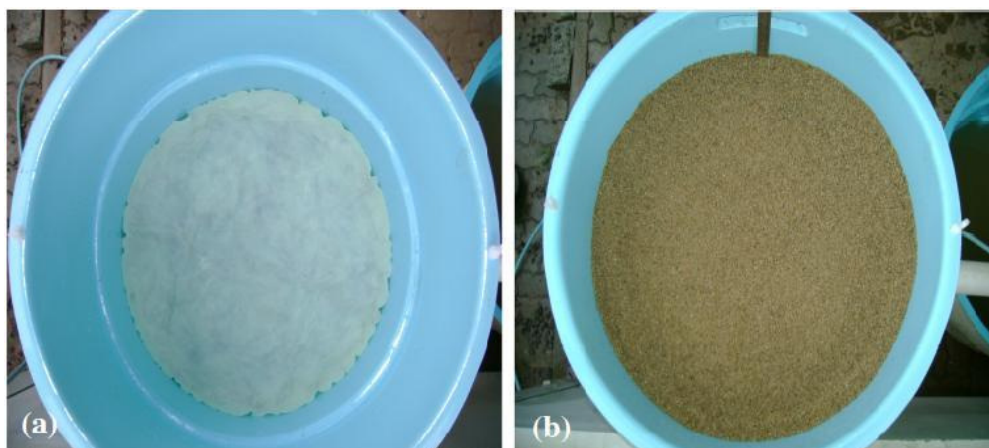


Figura 3 – (a) Manta geotêxtil sobreposta à camada de brita e (b) camada de 0,32 m de areia sobreposta à manta.

Na camada superior a de areia foi colocada uma camada de 0,05 m de espessura de brita tipo 1 (Figura 4) para

evitar que o fluxo da água ao entrar no filtro não provocasse deslocamento de areia.



Figura 4 – Vista superior da última camada de 0,05 m de espessura do material filtrante de brita tipo 1.

Na parte inferior da caixa foi instalada uma tubulação de 100 mm de diâmetro que capta a água filtrada e a conduz até uma caixa de 500 litros que serve de reservatório montado ao lado (Figura 5). Na parte superior da caixa

existe uma borda de 0,10 m que serve para aumentar carga hidráulica em cima da areia, quando usada em sua vazão máxima, desprezando a última camada de brita.



Figura 5 – Vista Frontal do sistema montado.

2.2.2 Montagem do filtro 2

No segundo filtro foi adicionado ao filtro 1 uma camada de 0,05 mm de espessura de areia passante a peneira 20 (0,85 mm) entre as camadas da manta geotêxtil e a da areia e também adicionada outra manta geotêxtil entre as duas camadas de areia para não serem misturados os materiais. Este filtro ficou

com a composição de brita, manta geotêxtil, areia fina e areia grossa.

2.2.3 Montagem do filtro 3

No filtro 3 foi adicionada uma camada de esponja de poliuretano (Figura 6) com 0,03 mm de espessura ao filtro 1 entre as camadas de brita e areia. Este filtro ficou com a composição: brita, esponja, manta geotêxtil e areia.

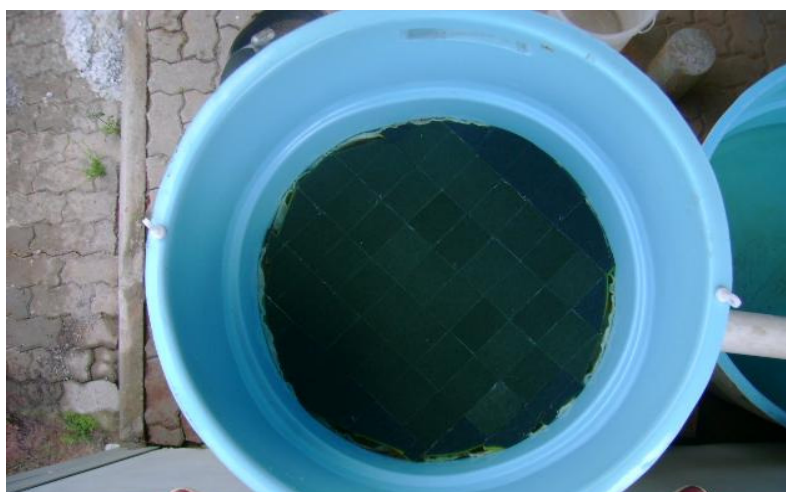


Figura 6 – Vista superior da camada de 0,03 m da esponja de poliuretano.

2.3 Filtragem

Depois da montagem do filtro por completo foi realizado o teste de filtragem, usando-se uma caixa com 120 litros de água da torneira com partículas de materiais sólidos nela misturados inferiores a 1mm.

Após misturar material sólido na caixa simulando o escoamento superficial foi coletada uma amostra antes e depois da água passar pelos três filtros para ser

determinado em laboratório os parâmetros físicos de qualidade (Tabela 1). A determinação da eficiência (%) na remoção de condutividade elétrica, turbidez, cor e sólidos totais foi realizada comparando-se a água da torneira com materiais sólidos com a água após passagem pelo sistema.

Tabela 1 – Parâmetros, métodos de análise e equipamentos adotados.

Parâmetro	Método utilizado para análise	Equipamento, modelo e marca
Condutividade elétrica		Condutivímetro DM-32, Digimed
Cor		Colorímetro DM-COR, Digimed
Turbidez	Macêdo, (2003)	Turbidímetro DM – TU, Digimed
Sólidos totais		Chapa aquecedora 350°C, Analion

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Determinação das vazões

Na Tabela 2 são apresentados os resultados médios de quatro repetições da vazão determinada pela unidade de tempo. Nota-se ainda que a maior vazão foi do filtro 1, estimou-se que a vazão máxima do filtro é de 11.800 L h⁻¹. Esse valor obtido

com a granulometria de 1 à 2,36 mm de espessura, que correspondem aos números 18 à 8 nas peneiras granulométricas conforme NBR NM ISO 3310/1 (ABNT, 1997), pode ser interpretado como velocidade ou seja, espaço percorrido por unidade de tempo.

Tabela 2 – Valores médios de quatro repetições das vazões (L h⁻¹) dos sistemas.

Sistema filtrante	Vazão (L h ⁻¹)
Filtro 1	11.800
Filtro 2	630
Filtro 3	9.300

3.2 Determinação da eficiência dos filtros

Para a avaliação da eficiência dos filtros de areia foram determinados os parâmetros: turbidez, cor, condutividade elétrica e sólidos totais das amostras de água tratada (torneira) usada como parâmetro de referência, com a adição de material sólido uniformemente misturados com o diâmetro máximo de 1 mm e também as amostras de água após a passagem pelos filtros para determinar a variação de cada parâmetro (Tabela 3, 4 e 5).

Tabela 3 – Valores médios de quatro repetições dos parâmetros físicos obtidos da água da torneira, com material sólido antes da filtração, pós filtração no filtro 1 e a eficiência na remoção.

Parâmetros	Água da torneira	Água antes da filtração	Água pós filtração filtro 1	Remoção (%)
Turbidez (NTU)	0,13	221	30,50	86,20
Cor (UH)	15	152	38	75
Condutividade elétrica (mScm ⁻¹)	69	110	89	19,09
Sólidos totais (mg/l)	0	1120	231	79,38

3.2.2 Eficiência da filtração do filtro 2

Tabela 4 – Valores médios de quatro repetições dos parâmetros físicos obtidos da água da torneira, com material sólido antes da filtração, pós filtração do filtro 2 e a percentagem de remoção.

Parâmetros	Água da torneira	Água antes da filtração	Água pós filtração filtro dois	Remoção (%)
Turbidez (NTU)	0,13	221	6	97,28
Cor(UH)	15	152	21	86,18
Condutividade elétrica (mScm ⁻¹)	69	110	59	46,36
Sólidos totais (mg/l)	0	1120	60	94,64

Conforme demonstrado na Tabela 4 nota-se todos os parâmetros tiveram diminuições consideráveis, mas a condutividade elétrica foi o parâmetro de menor redução atingindo 46,36%, isto pode ser atribuído a não retirada total de

sólidos, pois a condutividade elétrica é a capacidade de uma solução conduzir corrente elétrica por meio de íons.

3.2.3 Eficiência da filtragem do filtro 3

Tabela 5 – Valores médios de quatro repetições dos parâmetros físicos obtidos da água da torneira, com material sólido antes da filtragem, pós filtragem do filtro 3 e a eficiência na remoção.

Parâmetros	Água da torneira	Água antes da filtragem	Água pós filtragem filtro dois	Remoção (%)
Turbidez (NTU)	0,13	221	30	86,42
Cor (UH)	15	152	36	76,31
Condutividade elétrica (mScm ⁻¹)	69	110	62	43,63
Sólidos totais (mg/l)	0	1120	220	80,36

Nota-se que todos os parâmetros tiveram reduções consideráveis em seus valores. O teste de sólidos totais foi concebido para se interpretar, quantitativamente, a presença total de matéria que não seja água, seja na forma de substâncias dissolvidas, em forma coloidal ou em suspensão. A ocorrência de sólidos pode afetar todos os outros parâmetros em

estudo. Seu teor é obtido pela pesagem do resíduo da evaporação de uma amostra correspondendo a sua fase seca (BRAILE, 1979).

3.2.4 Comparação entre os filtros

A Figura 7 ilustra a eficiência na redução dos parâmetros físicos de qualidade da água.

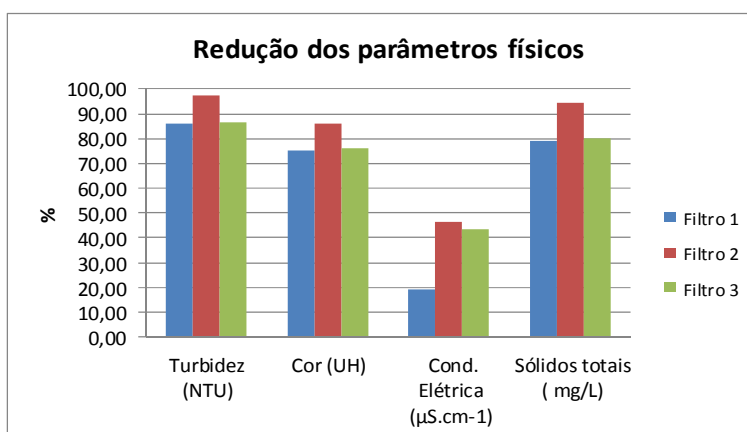


Figura 7 – Eficiência dos filtros

Após a filtragem da água com material sólido obteve-se uma redução maior dos parâmetros foi da turbidez em todos os filtros. Em tratamento de água a turbidez não é usada como forma de controle, mas pode ser determinada para caracterizar a eficiência do tratamento, uma vez que pode ser relacionada à concentração de sólidos em suspensão (JORDÃO & PESSÔA, 1995).

Pode-se observar ainda que o filtro 2 apresentou maior eficiência (Figuras 7 e 8) que os outros filtros em todos na redução de todos os parâmetros, isso pode ser atribuído à adição da camada de areia com granulometria menor. Segundo Pizarro (1996). O processo de retenção de sólidos no meio granular ocorre pelo fenômeno superficial que retém partículas de tamanho superior aos poros. O autor afirma

ainda, que o contato entre uma partícula em suspensão com o grão do material filtrante ou sedimentos cria forças de atração elétrica, o que explica como os filtros retêm partículas muito menores que o tamanho dos poros. Segundo Galvis *et al.* (1997), a filtração em areia é uma tecnologia de tratamento de água eficiente, que pode produzir efluentes com baixa turbidez, cor e pequena quantidade de impurezas suspensas e/ou dissolvidas.

Podemos verificar que os resultados do filtro 1 e do filtro 3 foram bastante parecidos, isso mostra que a adição da esponja de poliuretano não teve uma eficiência adicional ao sistema de filtro de areia.

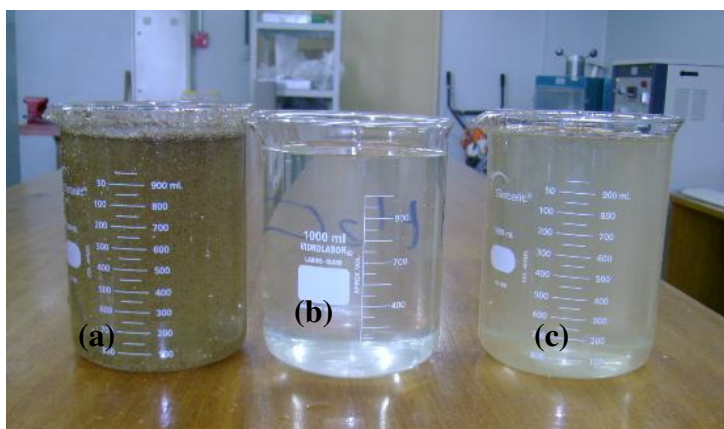


Figura 8 – Visualização da água antes (a) e depois da filtragem do filtro 2 (b) e 3 (c).

4 CONCLUSÕES

a) Os filtros desenvolvidos para filtragem da água proveniente de precipitações pluviométricas tiveram vazões de 11.800 L h⁻¹ (filtro 1), 630 L h⁻¹ (filtro 2) e 9.300 L h⁻¹ (filtro 3).

b) O sistema filtrante 1 apresentou eficiência de 86,20% na remoção da turbidez, 75% da cor, 19,09% da condutividade elétrica e 79,38% dos sólidos totais; o filtro 2 tem uma eficiência de 97,28% na redução da turbidez, 86,18% da cor, 46,36% da condutividade elétrica e 94,64% dos sólidos totais e o filtro 3 obteve uma eficiência na remoção da turbidez de 86,42%, na cor 76,31%, na condutividade elétrica 43,63 e nos sólidos totais 80,36%.

c) O filtro 2 apresentou uma melhor eficiência na comparação entre os filtros, porém tem uma menor vazão.

5 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR NM ISO 3310/1: Peneiras de ensaio – Requisitos técnicos e verificação – parte 1: Peneiras de ensaio com tela de tecido metálico. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

BRAILE, P. M. **Manual de tratamento de águas residuárias industriais** In BRAILE, P. M.; CAVALCANTE, J. E. W. São Paulo, CETESB, 1979.

CETESB-SP. **Água, rios e reservatórios. Secretaria de Estado do Meio Ambiente.** CETESB, São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/curiosidades.asp>>. Acesso em 14/09/2007.

CISAM/AMVAP - Conselho Intermunicipal de Saneamento Ambiental. Manual de Saneamento Ambiental. Uberlândia/MG, CISAM, 2006.

GALVIS, G.; LATORRE, J.; VISSCHER, J.T. Filtración en múltiples etapas, tecnología innovativa para el tratamiento de agua. Versión Preliminar, Serie **Documentos Técnicos**, Colômbia, CINARA, 1997, 89p.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos.** - 3.ed. - Rio de Janeiro: ABES, 1995, 720p.

MACÊDO, Jorge Antônio Barros de. **Métodos laboratoriais de análises: físico-químicas e microbiológicas.** 2.ed. Belo Horizonte: CRQ, 2003.

PIZARRO CABELO, F. **Riegos localizados de alta frecuencia.** Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1996, p. 511.

RUOSO JUNIOR, H.; KEMERICH, P.D.C.; RIGHES, A.A. Filtro de areia para água da chuva com fluxo reverso. **Revista Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia** v. 7, n. 1, p. 083-098, jan. /mar. 2010

SENS, M.L. ET. AL. Filtration-adsorption d'eau à potabiliser sur mousse polyuréthane imprégnée de charbon actif. **T. S. M.**, [s.l.], n.5, p.41-46, 1993.

VERMEREIN, L.; JOBLING, G. A. **Localized irrigation.** Rome: FAO, 1984. 203 p. (Irrigation and Drainage, Paper 36).