

---

# POTENCIAL DE APLICAÇÃO DA FILTRAÇÃO EM MARGEM EM SANTA CATARINA, BRASIL

LUIS G. ROMERO-ESQUIVEL, BRUNO S. PIZZOLATTI e MAURÍCIO L. SENS

---

## RESUMO

A filtração em margem (FM) consiste na obtenção de água de um aquífero e de um manancial por meio de poços ou galerias nas margens de mananciais superficiais com conexão hidráulica entre ambos. Para determinar as áreas com potencial de aplicação da tecnologia, foi realizada uma pesquisa bibliográfica onde foram identificadas as premissas para sua aplicação: disponibilidade de fontes de água superficial e subterrânea em conexão hidráulica, hidrogeologia do aquífero, hidrologia do corpo de água, morfologia do rio, composição do fundo, e qualidade e temperatura da água superficial e subterrânea. Norteado nessas características e utilizando o Atlas Hidrogeológico do Brasil em ambiente SIG foi possível determinar, de forma ilustrativa, os locais com potencial para aplicação da FM no Estado de Santa Catarina. As principais

regiões com potencial consistem em formações de tipo aluvial e depósitos litorâneos na zona litorânea do estado. As informações foram compiladas em um mapa temático e abrangeram 1,557 e 3,113km<sup>2</sup> respectivamente. No estado de Santa Catarina, ~4,88% da área total apresenta potencial para obter água utilizando a FM. Salienta-se que o sucesso da FM depende do local e as premissas de implantação devem ser verificadas localmente. Foi exposto o caso da Lagoa do Peri, onde a FM foi aplicada com sucesso em escala piloto; a água apresentou redução significativa de turbidez, de cor aparente e principalmente de fitoplâncton incluindo cianobactérias. Porém a água apresentou condições anóxicas, e seria preciso o pós tratamento por aeração e filtração para remoção de ferro e manganês, indesejáveis para água de abastecimento.



situação hídrica nas regiões urbanas do Brasil indicava, no ano 2010, somente 45% dos 5565 municípios brasileiros, com uma população de 52 milhões de pessoas, apresentaram abastecimento satisfatório em termos de disponibilidade e qualidade da água fornecida (ANA, 2010). Afortunadamente, a situação tem melhorado e, no ano 2014, o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento reportou um 93,16% de atendimento urbano de água (SNIS, 2014). No entanto, de forma geral, os sistemas de tratamento de água superficial encontram-se em risco pela entrada de nutrientes e contaminantes de origem antro-

pogênica. Por outro lado, as águas subterrâneas são limitadas ou super exploradas. Diante disso, a busca de novas fontes de água e melhorias nos sistemas de tratamento já implantados são de vital importância.

A produção de água a partir de poços instalados em aquíferos, hidraulicamente conectados a uma fonte de água superficial (rio, lago ou reservatório) é uma tecnologia de tratamento de água alternativa e promissora conhecida como filtração em margem (FM; *bank filtration* em inglês). No percurso da água superficial ao poço, a qualidade da água é melhorada, por exemplo em termos de partículas, turbidez, matéria orgânica natu-

ral (MON), precursores de subprodutos da desinfecção (Schubert, 2006), micropoluentes orgânicos como pesticidas, compostos farmacêuticos (Kuehn e Mueller, 2000), bactérias, protozoários, vírus (Hiscock e Grischek, 2002), fitoplâncton e cianotoxinas (Chorus *et al.*, 2001; Grützmacher *et al.*, 2002; Sens *et al.*, 2006; Sens *et al.*, 2013; Romero *et al.*, 2014). Além disso, a FM é importante na compensação e amortização das variações sazonais em temperatura e cargas repentinas de contaminantes (Hiscock e Grischek, 2002; Schubert, 2006).

No entanto, a FM pode trazer efeitos indesejáveis na qualidade da

---

**PALAVRAS CHAVE / Abastecimento da Água / Filtração em Margem / Qualidade da Água / Santa Catarina, Brasil /**

Recebido: 14/01/2016. Modificado: 18/10/2016. Aceito: 21/10/2016.

**Luis G. Romero-Esquivel.** Doutor em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Brasil. Professor, Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR). Endereço: Centro de Investigación en Protección Ambiental (CIPA), Escuela de Química, ITCR. Apartado 159-7050, Cartago, Costa Rica. e-mail: lromero@itcr.ac.cr.

**Bruno S. Pizzolatti.** Doutor em Engenharia Ambiental, UFSC, Brasil. Professor, Universidade Federal de Santa Maria, Brasil.

**Maurício L. Sens.** Doutor em Engenharia Ambiental, Université de Rennes I, Francia. Professor, UFSC, Brasil.

---

água como um aumento na dureza da água, mudança nas condições redox podendo apresentar problemas pelo incremento na concentração de amônio, ferro, manganês e em alguns casos a formação de sulfeto de hidrogênio e outros compostos sulfurados de odor desagradável (Hiscock e Grischek, 2002). Porém, esses problemas podem ser eliminados com pós-tratamento por meio de tecnologias bem conhecidas como aeração e filtração em areia.

A eficiência da FM para o fornecimento de água para abastecimento público tem sido mostrada em muitos locais ao redor do mundo. A FM é utilizada no fornecimento de 50% da água potável da República Eslovaca, 45% na Hungria, 16% na Alemanha e 5% na Holanda (Schubert, 2002). Esta tecnologia vem sendo aplicada em Düsseldorf, Alemanha por mais de 130 anos (Eckert e Irmscher, 2006) e na Holanda foi primeiramente aplicada em 1879 (Stuyfzand *et al.*, 2006). Nos EUA a FM tem cerca de meio século de aplicação (Ray, 2008). A aplicação da FM como único tratamento no Rio Nilo, Egito, tem sido estudada por Shamrukh e Abdel-Wahab (2008) e Ghodeif *et al.* (2016). Na Índia, Sandhu *et al.* (2011a) apresentaram a aplicação da FM nas planícies do Rio Ganga em várias cidades deste país. No Brasil, a FM vem sendo aplicada com sucesso em escala piloto na Lagoa do Peri, Ilha de Santa Catarina (Sens *et al.*, 2006; Romero *et al.*, 2014) e no Rio Beberibe em Pernambuco (Freitas *et al.*, 2012). Na Bolívia é aplicada com sucesso em forma de galerias filtrantes no rio Parapetí desde os anos oitenta (Camacho, 2003). A característica comum nesses locais é a existência de depósitos de aluvião ou materiais não consolidados na margem dos rios ou mananciais. No entanto, são necessários estudos das condições hidrogeológicas locais, econômicas e de engenharia para a correta aplicação da técnica.

Uma primeira aproximação para encontrar locais com potencial para a aplicação da FM seria localizar as regiões com formações geológicas tipo aluvião ou formadas por materiais não consolidados. No Brasil, o tipo de subsolo em cada localização, juntamente com informação sobre a disponibilidade hídrica, pode ser encontrada no Atlas Hidrogeológico do Brasil ao Milionésimo em ambiente SIG, desenvolvido pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2014). Utilizando a ferramenta computacional Arc GIS foi possível determinar as regiões com o tipo de formação geológica favorável para a FM, e obter um mapa temático com lugares com potencial para a aplicação da FM.

O artigo apresenta aspectos sobre o funcionamento, capacidade depuradora e condições hidrogeológicas, hidrogeológicas e morfológicas para a aplicação da FM como uma alternativa para a produção de água potável. O objetivo é a construção de um mapa temático com indicação dos locais com potencial para a aplicação de FM no estado de Santa Catarina. Finalmente, é apresentado um estudo de caso da Lagoa do Peri em Santa Catarina.

### Funcionamento da Filtração em Margem

Durante o percurso da água na filtração em margem (FM), o material do fundo do manancial e do aquífero funcionam como meio filtrante. Ambos materiais devem ser formados por aluviões ou outra formação geológica não consolidada que permita a conexão hidráulica entre a água superficial e a água subterrânea local (Figura 1). Quando a diferença de nível entre a água superficial e a água subterrânea for positiva a água vai escoar em direção à água subterrânea. Essa movimentação pode ser natural ou induzida por meio de bombeamento. Hiscock e Grischek (2002) identificaram a biodegradação e a sorção como os responsáveis pela mudança nas características da água filtrada em margem. Esses processos acontecem em duas zonas: uma biologicamente ativa nos primeiros decímetros de infiltração no fundo da fonte de água (camada de colmatação ou zona hiporréica) e a outra que abrange a passagem no aquífero até o poço de produção, onde, as velocidades de degradação e sorção são menores. Outros processos importantes são a dispersão e mistura com água subterrânea local que diminuem e equilibram as concentrações dos constituintes da água do manancial (Kuehn e Mueller, 2000; Hiscock e Grischek, 2002).

A zona hiporréica é particularmente importante, porque, como mencionado, nela ocorrem grande parte dos processos de remoção de contaminantes. No entanto, essa região pode também atuar como uma barreira física e conseqüentemente reduzir a taxa de infiltração. De acordo com Gunkel e Hoffmann (2009) a colmatação do sistema pode ser devida a processos mecânicos, químicos e biológicos, como por exemplo a deposição de materiais finos (silte, argila e matéria orgânica particulada), precipitação (como carbonato de cálcio) e desenvolvimento de biomassa (algas, bactérias e substâncias poliméricas extracelulares), respectivamente. No entanto, segundo os mesmos autores, existem mecanismos que permitem a regeneração da área de infiltração. O próprio fluxo do rio ou um aumento da vazão durante épocas de cheia realizam a limpeza do sistema. No caso de lagos e outros reservatórios, as ondas e o movimento gerado pelo vento permitem a re-suspensão dos materiais finos. Além disso, no fundo do manancial o movimento e migração da meiofauna (organismos pequenos, mas não microscópicos, que habitam os sedimentos) abrem os interstícios do sedimento permitindo a infiltração. Esses pequenos organismos podem inclusive se alimentar de parte da matéria orgânica particulada presente nos poros do sistema, tendo como resultado a desobstrução e recuperação da capacidade hidráulica do sistema de FM (Gunkel e Hoffmann, 2009).

### Premissas para a aplicação da FM

Para a operação de um sistema de FM o primeiro pré-requisito é a disponibilidade de fontes de água superficial e subterrânea perenes (Hülshoff *et al.*, 2009). Em seguida deve-se considerar a hidrogeologia do aquífero, hidrologia do corpo de água, morfologia e composição do

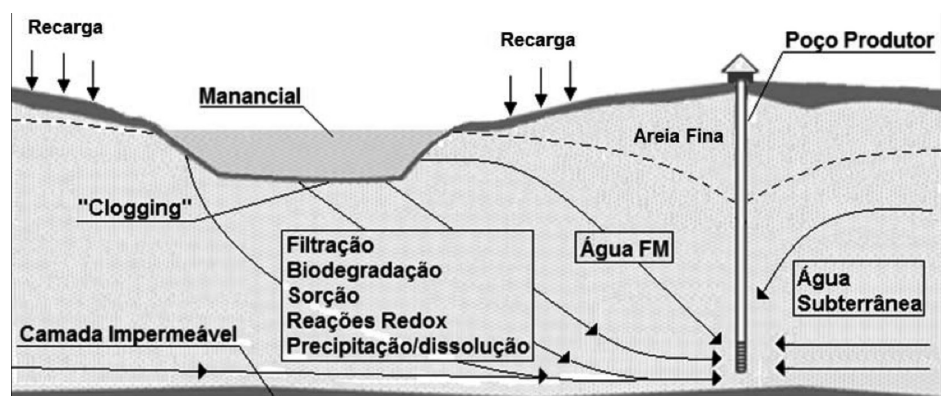


Figura 1. Diagrama do funcionamento da filtração em margem (Adaptado de Hiscock e Grischek (2002) e Sens *et al.* (2006)).

fundo do manancial superficial e a qualidade e temperatura da água superficial e subterrânea. As seguintes secções resumem essas condições conforme recomendado por Grischek *et al.* (2007) e Grischek e Ray (2009).

**Hidrogeologia.** A primeira condição para a aplicação com sucesso da FM é a interação entre o manancial superficial e a água subterrânea. A produção e qualidade da água tratada por FM são determinadas pelo: a) tamanho do manancial superficial e do aquífero, b) as condições do limite hidrogeológico, c) a composição do material do aquífero, e d) as características do fundo e a margem conhecida como zona hiporréica. Normalmente, a FM é aplicada com sucesso em aquíferos de aluviões formados por areia e cascalho, assim como em locais que apresentam preferencialmente espessura de aquífero >10m e condutividade hidráulica entre  $10^{-2}$  e  $10^{-4} \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ . No entanto, podem apresentar espessura e condutividade hidráulicas inferiores e menores respectivamente. Não há preferência entre aquíferos confinados ou não-confinados, contudo em alguns casos a presença de uma pequena camada de silte ou argila na superfície protege-os da contaminação por microrganismos patogênicos durante períodos de alagamento (no caso de aquíferos não-confinados). Finalmente, nos casos em que ocorre infiltração natural (sem bombeamento) da água superficial ao aquífero são obtidas condições estáveis de qualidade de água e remoção de compostos orgânicos em menor tempo após o início da operação de um sistema de FM. Isto devido a presença de microrganismos importantes habituais aos sedimentos do leito do rio e da zona hiporréica que contribuem na mudança da qualidade da água infiltrada.

**Hidrologia.** A dinâmica e o volume de escoamento devem ser avaliados cuidadosamente ao estudar a morfologia, o canal do rio, as modificações no leito do rio, o transporte de sólidos e a interação entre o rio e a água subterrânea local. Eventuais períodos de alta vazão trazem benefícios porque podem causar a erosão ou limpeza no fundo do rio permitindo a remoção de materiais previamente depositados. Contrariamente, a construção de barragens, por exemplo, podem mudar as características dos rios, afetando o transporte e deposição de sedimentos, a erosão no leito do rio e consequentemente as interações com a água subterrânea.

**Morfologia e composição do fundo do rio.** A premissa principal para considerar um local para FM é a existência de um rio com margens estáveis e um fundo arenoso em contato com um aquífero aluvial for-

mado por areia ou cascalho. Numa segunda estimativa, para evitar a colmatção, deve-se considerar a declividade da superfície do rio, a velocidade da água e a composição do material no fundo do rio.

O perfil de um rio mostra nas partes altas muita declividade que provoca uma alta velocidade da água acarretando em maior erosão. Normalmente, nas partes altas os aquíferos são de pouca espessura e os sedimentos do fundo são muito grosseiros. Já na parte baixa dos rios a declividade é menor e consequentemente a velocidade da água diminui ao ponto que os sedimentos finos são depositados. Nos pontos médios do perfil do rio os processos de erosão e deposição dos materiais, devido à declividade intermediária, acontecem alternativamente permitindo a formação de locais mais apropriados para a FM. Nos EUA e na Europa uma grande quantidade de sistemas de FM são operados com sucesso em rios com declividade superficial entre 0,2 e  $0,8 \text{m}\cdot\text{km}^{-1}$ .

A velocidade da água no rio varia substancialmente com a declividade e com a forma da calha do rio. Nas regiões planas os rios formam curvas devido a inércia do fluxo, nessas regiões curvas é favorecida a obtenção de água filtrada em margem sobre água subterrânea (Figura 2). Na parte externa da curva existe uma maior velocidade de água causando aumento da erosão. Consequentemente, a profundidade do rio e a presença de materiais resistentes à erosão (por exemplo pedregulho, seixo) são maiores, gerando um leito do rio estável e eventualmente compactado. A indução da infiltração nessa região do rio faz que materiais mais finos colmatem os espaços entre os materiais maiores. Esses materiais

finos não são removidos mesmo durante enchentes, gerando uma região pouco favorável para a FM. O comportamento em regiões internas da curva a velocidade da água é menor e permite processos alternados de deposição e erosão gerando um leito do rio com materiais que permitam a infiltração. Em muitos locais de FM na Europa a velocidade da água é  $>1 \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  e a tensão de cisalhamento é  $>5 \text{N}\cdot\text{m}^{-2}$ .

A permeabilidade no leito do rio é controlada pelos materiais depositados no seu leito. A infiltração de água superficial é maior em regiões com materiais com granulometria maior encontrados em trechos do rio com alta velocidade. Porém, a simples análise granulométrica não é suficiente para selecionar um local para utilizar a técnica da FM, dados hidrológicos e de tensão de cisalhamento são necessários. O uso do diagrama de Hjulström pode ser um guia útil uma vez que relaciona o diâmetro das partículas com os processos de erosão, transporte e deposição dos sedimentos conforme o fluxo permitindo estimar o tipo de material presente no leito do rio. Nessa região, uma mistura de sedimentos de vários tamanhos é o mais apropriado para aumentar a mobilidade e evitar a colmatção. Dessa forma, e dependendo da vazão de bombeamento, a localização do poço, a turbidez e conteúdo de matéria orgânica particulada na água do rio pode-se garantir uma taxa de infiltração  $<0,2 \text{m}^3\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ , apropriada para evitar a colmatção. Essas condições devem ser consideradas como um guia geral já que a FM pode ser utilizada numa grande variedade de condições locais específicas.

**Temperatura e qualidade da água superficial.** A temperatura da água superficial afeta a viscosidade da água e consequen-

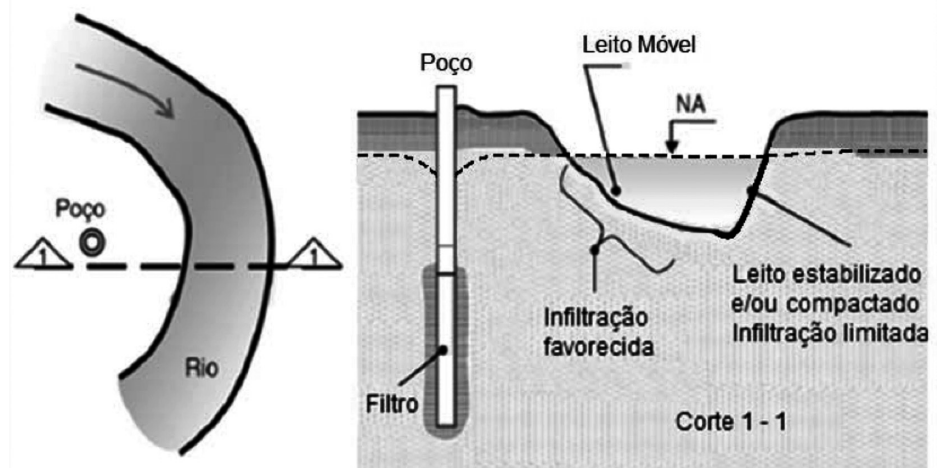


Figura 2. Posições recomendadas para a FM em trecho curvo com ênfase na secção transversal (Adaptado de Grischek *et al.* (2007) e Sens *et al.* (2006).



temente influencia a taxa de infiltração. Deve-se esperar variação sazonal e também diária devido as diferentes temperaturas. Além disso, a temperatura está relacionada com processos importantes como a biodegradação, adsorção e dissolução de gases no leito do rio e no aquífero. A biodegradação de compostos orgânicos aumenta com a temperatura, porém favorece o aumento do crescimento de algas e menores concentrações de oxigênio especialmente durante a noite. A concentração de oxigênio deve ser suficientemente alta para evitar condições anóxicas no aquífero que ocasionariam a dissolução de ferro, manganês e arsênio; gerando a necessidade de tratamentos posteriores. A temperatura da água superficial deve estar idealmente na mesma faixa da temperatura da água potável ou com baixas variações de temperatura para evitar a formação de gases e processos de precipitação que podem colmatar o leito do rio. Caso contrário, uma maior distância entre os poços e a fonte de água superficial e aquíferos com uma espessura maior ajudariam a diminuir esses problemas ao equilibrar a temperatura da água no aquífero e permitir processos de mistura com a água subterrânea local.

#### Investigações Prévias a Implantação da FM

No momento de identificar o local para a implantação da filtração em margem primeiramente deve-se procurar por informações existentes. Nesse sentido os dados hidrogeológicos do Serviço Geológico do Brasil são muito apropriados e, no caso específico do Estado de Santa Catarina, o mapa desenvolvido neste estudo, pode ser utilizado como primeira aproximação. Posteriormente, é recomendável revisar se existe literatura sobre o local, dados geodésicos para determinar o nível da superfície da terra, localização dos poços, nível e qualidade da água. Na ausência dessa informação, Sandhu *et al.* (2011b) recomendam as seguintes etapas: reconhecimento visual das possíveis áreas de implantação e determinar datum do poço e do solo (para determinar o nível freático). Escolhido o local e determinadas as referências, são efetuados em paralelo estudos de campo e de laboratório, que compreendem: a) estudo de campo: monitoramento dos níveis de águas subterrâneas e parâmetros de qualidade de água em campo: pH, oxigênio dissolvido, temperatura e condutividade elétrica; e b) estudos laboratoriais: determinação da alcalinidade total, dureza total,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ; carbono orgânico dissolvido, metais pesados, coliformes totais e termotolerantes. Os dados do estudo de campo servem como base para a construção e

calibração de um modelo de simulação da água subterrânea e obtenção de parâmetros como tempo de residência, efeitos sazonais e trajeto da água filtrada em margem (Sandhu *et al.*, 2011). Os estudos de laboratório permitem determinar as alterações da qualidade da água filtrada em margem durante o processo de infiltração. Vale ressaltar novamente, que a água filtrada em margem é uma mistura da água superficial com a água subterrânea local.

#### Determinação de Locais com Potencial para a Aplicação da FM

Conforme mencionado anteriormente a aplicação da FM depende da hidrogeologia, hidrologia, morfologia, da composição do fundo do rio e da qualidade e temperatura da água superficial e subterrânea presentes no local. Em uma primeira aproximação, e partindo da experiência em outras latitudes, as formações geológicas aluvionares e de materiais não consolidados tem sido determinados como locais com maior potencial para aplicar a FM.

No Brasil, o Serviço Geológico do Brasil vem desenvolvendo o Atlas Hidrogeológico do Brasil ao Milionésimo (CPRM, 2014) em ambiente SIG. O Atlas está composto por 46 folhas que compõem a Carta Internacional do Mundo ao Milionésimo, CIM, que cobrem o Brasil. Dessas 46 folhas, os elementos básicos do mapeamento no Atlas, são definidos por unidades hidroestratigráficas que abrangem formações geológicas ou parte delas que armazenam e transmitem água de forma semelhante e mesma ordem de grandeza (CPRM, 2014). O Estado de Santa Catarina está representado na folha SG-22 Curitiba e na folha SH-22 Porto Alegre. Dentre dessas folhas, as unidades hidroestratigráficas, que apresentam características apropriadas para a FM são as unidades granulares, especificamente, os depósitos aluvionares (Qa) e os depósitos litorâneos (QI).

Segundo a caracterização dada no Atlas (CPRM, 2014) os depósitos aluvionares são formados por areias grossas, cascalhos e areias finas a médias com silte e argila. Os sedimentos constituem um aquífero livre contínuo, com extensão e espessuras limitadas, vazões de  $10\text{--}25\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ , produtividade definida no Atlas como 'Geralmente Baixa, porém localmente Moderada', e água de qualidade boa para o consumo humano (CPRM, 2014). Os depósitos litorâneos são depósitos eólico-lacustrino-fluviais formados por areias de granulometria fina a média, marinhos com camadas de argilas com variadas espessuras e depósitos deltaicos de menor expressão. Segundo o Atlas, as profundidades dos poços variam entre 20

e 180m, vazão média de  $35\text{m}^3/\text{h}$ , produtividade 'Geralmente Baixa, porém localmente Moderada', a água produzida apresenta pH médio  $\sim 7,5$ , em alguns locais a concentração do ferro fica acima do limite ( $0,3\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) e acentuado odor de gás sulfídrico (CPRM, 2014). Conforme mencionado, os depósitos aluvionares e os depósitos litorâneos apresentam características onde a FM poderia se aplicar, e seria interessante do ponto de vista do abastecimento, pois como os aquíferos são considerados com produtividade 'Geralmente Baixa, porém localmente Moderada', a construção do poços próximo as margens de rios e lagos pode aumentar a produtividade dos mesmos.

Neste estudo, a partir dos *shapefiles* das folhas SG-22 e SH-22 do Atlas e dos *shapefiles* dos espelhos d'água de Santa Catarina, foi possível elaborar o mapa da Figura 3. Conforme o mapa construído, as regiões apresentam formações do tipo aluvião e depósitos litorâneos são encontradas próximas ao litoral. A área marcada no mapa de formações do tipo aluvial e do tipo litorâneo abrangeram  $1,557$  e  $3,113\text{km}^2$  respectivamente, o que representa  $4,88\%$  da área total do Estado de Santa Catarina. Essas regiões são predominantemente planas onde o gradiente e a velocidade da água são baixos favorecendo a deposição de sedimentos. No entanto, nas regiões curvas dos rios poderiam se mostrar promissoras. A presença de lagoas costeiras nesse tipo de formações também apresentam potencial para a FM, principalmente em regiões onde os ventos possam gerar movimento suficiente para limpar o leito do manancial. Como mencionado na seguinte seção, a Lagoa do Peri é um exemplo desse tipo de local.

Como exemplos de locais importantes, onde a FM se poderia considerar uma opção são os municípios de Balneário Camboriú e Camboriú e do sistema integrado de Florianópolis, especificamente no rio Cubatão do Sul. Como pode se observar no mapa da Figura 3, ao redor do Rio Camboriú existem depósitos aluviais e o rio Cubatão do Sul está localizado sobre depósitos litorâneos. Da mesma forma outras regiões no litoral catarinense poderiam apresentar potencial para a FM. Adicionalmente, a FM poderia ser uma boa opção no caso de alguns contaminantes específicos como as cianobactérias derivadas da poluição antrópica ou natural como no caso da Lagoa do Peri, como será exposto a seguir.

#### Estudo de Caso: Lagoa do Peri, Santa Catarina

A Lagoa do Peri encontra-se localizada na parte sul da Ilha de

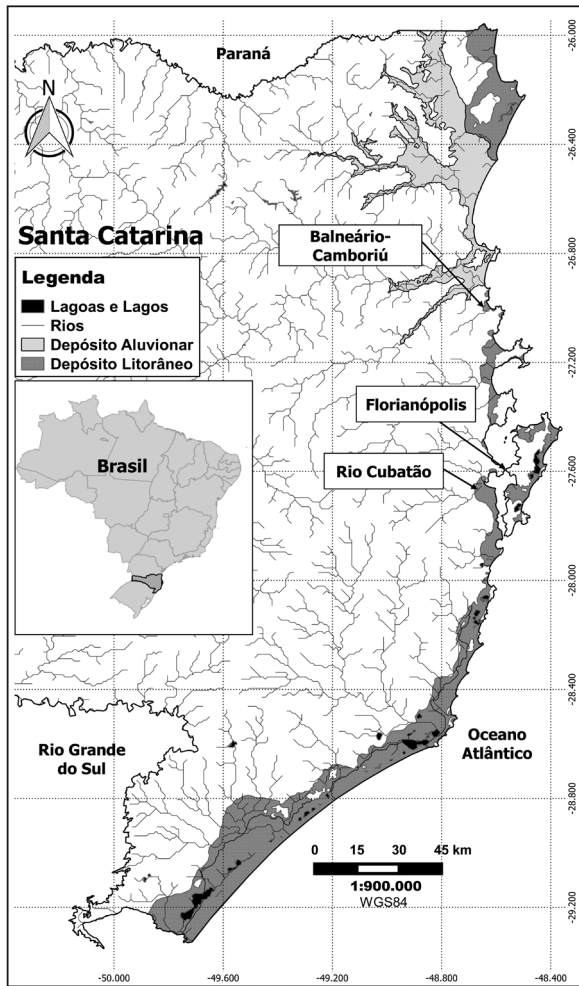


Figura 3. Locais com potencial para a FM no estado de Santa Catarina. (Realizado com Arc Gis a partir do Atlas Hidrogeológico do Brasil ao Milionésimo (CPRM, 2014).

Santa Catarina (Figura 4). As atividades na lagoa eram limitadas a fins recreativos, no entanto, no ano 2000, a Companhia Catarinense de Água e Saneamento (CASAN) começou a tratar água para consumo humano por meio de uma estação de tratamento de filtração direta. Durante o inverno a produção média é de  $178 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$  e no verão  $\sim 197 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ . Essa produção garante o abastecimento na região sul e parte do leste da ilha de  $\sim 102.000$  e  $113.000$  habitantes respectivamente.

#### Características da Lagoa do Peri

Nas seguintes seções são apresentadas informações existentes prévias ao presente estudo. Posteriormente, são detalhados a metodologia e os resultados do estudo realizado durante o ano 2011.

**Aspectos geográficos e morfológicos.** O manancial Lagoa do Peri tem área superficial de  $5,2 \text{ km}^2$ , área de drenagem de  $20,1 \text{ km}^2$  e profundidade média de  $4,2 \text{ m}$ . A

lagoa é alimentada principalmente por dois rios, o Rio Cachoeira Grande e o Rio Ribeirão Grande, tem contato com o mar através de um canal (canal sangradouro). A Lagoa do Peri fica  $\sim 3 \text{ m}$  acima do nível do mar, isso faz com que a lagoa não receba água salgada, portanto sendo totalmente doce.

**Qualidade da água.** A água da Lagoa do Peri tem mostrado homogeneidade tanto horizontal (Laudares-Silva, 1999; Simonassi, 2001; Hennemann e Petrucio, 2011) como verticalmente (Laudares-Silva, 1999; Hennemann e Petrucio, 2011). Segundo os autores a influência dos ventos N-NE e S-SE são os responsáveis da homogeneidade das águas da lagoa.

Durante o estudo realizado por Hennemann e Petrucio, (2011) a água da lagoa apresentou pH 7,0, oxigênio  $\sim 90\%$  ( $5,6\text{-}9,4 \text{ mg}\cdot\text{gl}^{-1}$ ) e condutividade elétrica entre  $61,0$  e  $88,0 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-2}$ , confirmando a ausência da influência marinha. A concentração de nitrogênio total e fósforo total foram consideradas baixas para uma lagoa costeira (máximo  $1,096 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$  e  $2,5 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$  respectivamente). No mesmo período, a lagoa mostrou condições mesotróficas quanto a clorofila-a (intervalo  $4,5\text{-}32,3 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ ; média  $17,7 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ ) e transparência ( $0,8\text{-}1,35 \text{ m}$ ).

Esses altos valores de clorofila-a normalmente são associados com problemas de eutrofização. No entanto, no caso da Lagoa do Peri a aparente contradição entre a baixa concentração em nutrientes e os valores de transparência e clorofila-a pode-se explicar pelas altas densidades e monodominância da espécie de cianobactéria *Cylindrospermopsis raciborskii* (biovolume  $9,63\text{-}36,39 \text{ mm}^3\cdot\text{l}^{-1}$ ) (Grellmann, 2006). A presença dessa espécie de cianobactéria, poten-

cialmente tóxica, exigiria sistemas de tratamento de água em várias etapas ou no caso, a FM tem se mostrado efetiva (Sens *et al.*, 2006).

**Geologia e sedimentologia.** De acordo com Oliveira (2002) a região ao redor da Lagoa do Peri apresenta dois setores geológicos principais: um embasamento cristalino e uma planície costeira. A primeira região está formada por granito (Granito Ilha) e rocha vulcânica do tipo riolito (Riolito Cambirela). O granito abrange a região N-NE, O, SO, S e SE ao redor da lagoa e a rocha vulcânica encontra-se numa pequena faixa ao SE da lagoa e também em quantidade pequenas na parte NE da mesma. A planície costeira de  $\sim 1,6 \text{ km}^2$  separa a lagoa do Oceano Atlântico. Distribuída de sul a norte a zona apresenta face arenosa de predomínio marinho-eólico de origem holocênica e pleistocênica. Os depósitos constituídos principalmente por areia fina e média até uma profundidade  $\sim 20 \text{ m}$ , onde uma camada de areia argilosa limita o aquífero (Sens *et al.*, 2006).

A análise sedimentar do leito da Lagoa do Peri apresentou duas regiões claramente diferenciadas: sedimentos ricos em matéria orgânica e sedimentos inorgânicos (Simonassi, 2001; Mondardo, 2004). A primeira região, localizada no sector central, SO e O apresenta concentrações de matéria orgânica  $>10\%$  (média de 20 amostras =  $33,4\%$ ). Os sedimentos foram classificados como síltico-argilosos e argilo-siltosos. A origem desses sedimentos são a matéria orgânica da vegetação e a erosão da rocha cristalina circundantes respectivamente. A zona rica em sedimentos inorgânicos reflete a região costeira localizada na parte leste da lagoa mencionada no parágrafo anterior. Os sedimentos são constituídos em mais de  $75\%$  por areia quartzosa fina e média com um baixo conteúdo de matéria orgânica (medida por perda por ignição).

#### Metodologia

Considerando as características da água da lagoa e as características geológicas e sedimentológicas da re-

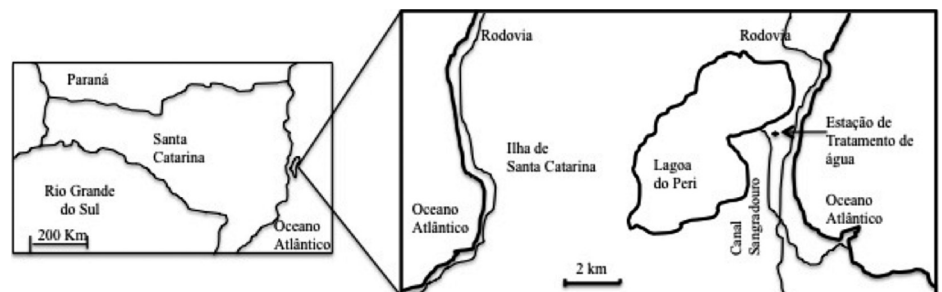


Figura 4. Localização da Lagoa do Peri, Santa Catarina, Brasil.

gião costeira da Lagoa do Peri, vários estudos foram realizados para determinar a possível aplicação da FM como sistema de tratamento.

#### Caracterização hidrogeológica

A condutividade hidráulica foi determinada utilizando os métodos de permeâmetro de carga constante e o método de conduto de carga variável descritos por Klute e Dirksen (1986) e Chen (2000) respectivamente. As determinações foram realizadas nos primeiros 20cm do leito da lagoa e no solo entre a margem da lagoa e o poço colocado a 20m da mesma.

A condutividade hidráulica horizontal e vertical no aquífero foram determinadas mediante um teste de bombeamento. A análise dos dados foi realizada pelos métodos de Cooper-Jacob, Moench, Neuman e Theis utilizando o Teste de Aquífero software 3.5 (Waterloo Hydrogeologic, Inc., Kitchener, ON, Canadá).

Testes granulométricos foram realizados em amostras coletadas a cada 10cm até uma profundidade de 50cm o leito da lagoa. O teste foi realizado de acordo com a norma ASTM D422-63 (ASTM, 2003).

#### Amostragem e análises da água bruta e da água filtrada

Um poço de produção foi instalado a 20m da margem da lagoa, com profundidade de 12m e 50mm de diâmetro. Os aspectos construtivos foram de acordo com a norma ABNT 15495-1:2007 (ABNT, 2007). Utilizando uma bomba de ½ CV marca Schneider modelo BCR 2000 foi iniciado o bombeamento no poço (~35m³/dia).

Amostragem da água bruta da lagoa e da água filtrada em margem foi realizado no poço de captação desde o início de maio até o final de julho do 2011. Com o auxílio de sonda multiparâmetros modelo MP 20 marca QED Environmental System (Dexter, MI, EEUU) foram obtidos os parâmetros pH, oxigênio dissolvido, saturação de oxigênio (%), temperatura, condutividade e potencial redox (Eh). Os parâmetros turbidez e cor aparente foram determinados com equipamentos marca Hach modelos 2100P e DR 2010 respectivamente. Ferro (II), manganês (II) e sulfeto foram determinados imediatamente após a coleta usando um espectrofotômetro 2010 Hach seguindo os métodos 8146 (1,10 Phenanthroline Method), 8149 (PAN method) e 8131 (Methylene Blue Method) respectivamente (Hach, 2000). Os íons sulfato e nitrato foram determinados por cromatografia de íons usando um cromatógrafo

DIONEX 100 seguindo métodos padrão (APHA, 2005). A alcalinidade, e durezas total, cálcio e magnésio, foram mensuradas por titulação seguindo os métodos e recomendações da APHA (2005).

#### Resultados e Discussão

##### Caracterização hidrogeológica

Vários testes foram realizados para determinar o potencial da FM na Lagoa do Peri. Os testes de condutividade hidráulica mostraram que o leito da lagoa apresenta valores próximos a  $10^{-4} \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$  na região da captação da estação de tratamento de águas (ETA) da CASAN. No aquífero, por meio de teste de bombeamento, a condutividade hidráulica estimada foi de  $1,5 \times 10^{-4} \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$  calculado pelo método de Theis, e de Kv (condutividade hidráulica vertical) de  $1,42 \times 10^{-5} \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$  e Kh (condutividade hidráulica horizontal) de  $1,42 \times 10^{-4} \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$  (Kh/Kv= 10) pelo método de Moench. Esses valores são condizentes com a granulometria encontrada nos primeiros 50cm do leito da lagoa, onde a média de cinco análises mostrou perto de 13% de areia média (0,25-0,5mm), 83% areia fina (0,125-0,25mm), 3,5% areia muito fina (0,063-0,125mm) e <0,02% de finos (silte e argila, <0,063mm). Tanto as características granulométricas quanto os valores de condutividade hidráulica no leito da lagoa e no aquífero são similares aos encontrados em outras latitudes (Grischek *et al.*, 2007; Grischek e Ray, 2009).

##### Qualidade da água filtrada em margem

Tendo que as características hidrogeológicas na Lagoa de Neri são promissoras, foi avaliada as diferenças

entre a água bruta e a água do poço de produção. Os resultados são apresentados na Tabela I e em seguida são discutidos cada um dos parâmetros avaliados.

Mesmo que neste estudo não foram avaliados parâmetros microbiológicos como coliformes termotolerantes, a turbidez encontrada na água filtrada em margem (Tabela I) indica uma boa qualidade microbiana. A turbidez normalmente é utilizada como um indicador da quantidade de materiais suspensos e estes são relacionados com a qualidade microbiana da água (Ray *et al.*, 2002). Adicionalmente, num estudo anterior, no mesmo local e em um poço também a 20m da margem da lagoa foi mostrado uma redução do 100% de células de fitoplâncton total, em comparação com a água bruta, que apresentam valores de cianobactérias da ordem de  $10^5$ - $10^6$  células/ml (Sens *et al.*, 2006).

Além da turbidez, a água bruta da lagoa apresenta valores superiores à norma em cor aparente, no entanto, na passagem pelo subsolo a cor é reduzida até atingir valores inferiores à regulamentação (Tabela I). Essa redução em cor aparente está relacionada com uma redução de matéria orgânica dissolvida responsável pela cor. Além de eliminar a cor na água, a redução da matéria orgânica dissolvida na água está associada com a produção de água biologicamente estável e uma diminuição no consumo de desinfetantes como também na produção de subprodutos da desinfecção (Kuehn e Mueller, 2000).

O principal mecanismo de remoção de matéria orgânica durante a FM é devido principalmente a processos de biodegradação e em menor proporção de sorção (Grünheid *et al.*, 2005). Durante a biodegradação da matéria orgânica os microrganismos consomem primeiramente

TABELA I  
COMPARAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA BRUTA E FILTRADA  
EM MARGEM COM A PORTARIA Nº 2.914\*

Parâmetros	AB	P20	Portaria Nº 2.914
Turbidez (NTU)	6,70 <sup>a</sup> ± 0,89 <sup>b</sup>	0,19 ± 0,07	0,5 <sup>c</sup> / 1,0 <sup>d</sup>
Cor aparente (uH)	90 ± 3	6 ± 3	15
Temperatura (°C)	20,67 ± 3,95	22,35 ± 0,18	
Condutividade ( $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ )	64 ± 4	235 ± 10	
pH	7,38 ± 0,64	7,86 ± 0,13	
Alcalinidade ( $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ )	7,4 ± 0,27	105 ± 5	
Dureza total ( $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ )	11 ± 0,8	96 ± 8	500
Dureza cálcio ( $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ )	7,8 ± 3,1	85 ± 4,7	
Dureza magnésio ( $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ )	4,2 ± 2,6	1 0 ± 10	
OD ( $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ )	8,64 ± 0,68	0,22 ± 0,23	
$\text{NO}_3^-$ ( $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ )	<0,018	<0,018	10
$\text{Mn}^{2+}$ ( $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ )	0,017 ± 0,003	0,094 ± 0,036	
$\text{Fe}^{2+}$ ( $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ )	0,013 ± 0,014	0,010 ± 0,009	250
$\text{H}_2\text{S}$ ( $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ )	0,007 ± 0,002	0,018 ± 0,020	
$\text{SO}_4^{2-}$ ( $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ )	3,06 ± 0,17	<0,52	

\* Brasil (2011). <sup>a</sup> média, <sup>b</sup> desvio padrão, <sup>c</sup> filtração rápida, <sup>d</sup> filtração lenta.



oxigênio e posteriormente outros receptores de elétrons na ordem nitrato, manganês (IV), ferro (III), sulfato e matéria orgânica. Os resultados da Tabela I indicam um rápido consumo do oxigênio disponível na água da lagoa gerando condições anóxicas como o indica o valor negativo do potencial oxido redução (ORP). O íon nitrato na água bruta é muito baixo e o gerado durante a biodegradação é consumido rapidamente no caminho pelo subsolo. As concentrações de ferro (II), manganês (II) e sulfeto de hidrogênio na água do poço são baixas, a pesar das condições anóxicas geradas. No entanto, se faz necessário uma etapa de tratamento posterior para eliminar esses subprodutos da degradação. Nesse sentido, poderia se aproveitar a infraestrutura da ETA existente no local para introduzir as etapas de aeração e filtração necessárias para obter água de boa qualidade.

Finalmente, durante o percurso da água até o poço observa-se um incremento nos parâmetros condutividade, alcalinidade, dureza total, dureza cálcio e dureza magnésio. Esse aumento é devido a erosão dos materiais de origem marinha que compõem o aquífero. Situação similar tem sido observada no Lagoa Nainital na Índia (Dash *et al.*, 2008).

### Conclusões e Considerações Finais

Para a correta aplicação da FM deve se contar com fontes de água superficial e subterrânea perenes e em conexão hidráulica com o aquífero local formado por materiais aluviais ou não consolidados. A hidrogeologia do aquífero, hidrologia do corpo de água, morfologia do rio, composição do fundo do rio, a qualidade e temperatura da água superficial e subterrânea são outras características locais a considerar para aplicar a FM.

A partir do Atlas Hidrogeológico do Brasil ao Milionésimo (CPRM, 2014) em ambiente SIG é possível determinar as regiões com potencial para a aplicação de FM no país. Em geral, os depósitos aluvionares e os depósitos litorâneos são os mais promissores. No estado de Santa Catarina esse tipo de formações geológicas encontram-se nas regiões litorâneas. Em muitas dessas zonas, dependendo das condições locais, poderiam se explorar o uso de lagoas costeiras e nas regiões planas próximas as curvas de rios, como alternativa de obtenção de manancial para abastecimento público.

A partir do mapa temático desenvolvido foi determinado que no estado de Santa Catarina cerca de 4,88% da área apresenta características com potencial para a FM. Essa porcentagem corresponde com formações do tipo aluvial e do tipo litorâneo

que abrangeram 1,557 e 3,113km<sup>2</sup> respectivamente. No caso dos locais em potencial estiverem próximo ao oceano, é preciso despender especial atenção quanto a cunha salina, necessitando de sistemas piloto e modelagem para garantir o sucesso da técnica. Os modelos devem ser desenvolvidos de modo a evitar a intrusão da cunha salina, fornecendo com dados como distância e vazão máxima de produção.

Contudo deve-se ressaltar que tanto devem ser observados aspectos quantitativos como qualitativos para que a FM seja aplicada com eficiência, no entanto como mostrado no caso específico da Lagoa do Peri, pode ser uma técnica importante como pré-tratamento no caso da água bruta conter contaminantes específicos como as cianobactérias. Especial atenção se deve dar no caso da água filtrada em margem apresentar condições anóxicas necessitando um pós tratamento de aeração e filtração por exemplo.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Consejo Nacional para Investigaciones Científicas de Costa Rica, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Brasil e ao Instituto Tecnológico de Costa Rica pela bolsa de Doutorado do Luis G. Romero; à Vice-reitoria de Investigación y Extensión del Instituto Tecnológico de Costa Rica pela sua contribuição na publicação deste documento; a Andersom Paiva, Universidade Federal de Pernambuco, por sua colaboração na realização dos cálculos do teste de bombeamento; e a José Andrés Araya, Instituto Tecnológico de Costa Rica, por a sua colaboração na confecção do mapa temático a partir do Atlas.

### REFERÊNCIAS

ABNT (2007) *Poços de Monitoramento de Águas Subterrâneas em Aquíferos Granulares - Parte 1: Projeto e Construção ABNT 15495-1:2007*. Associação Brasileira de Normas Técnicas. São Paulo, Brasil

ANA (2010) *Atlas Brasil: Abastecimento Urbano de Água: Resultados por Estado*. Vol. 2. Agência Nacional de Águas. Brasília, Brasil. p. 88

APHA (2005) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (21<sup>a</sup> ed.) American Public Health Association. Washington, DC, EEUU.

ASTM (2003) *Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils ASTM D422-63*. West Conshohocken, PA, EEUU. ASTM International.

Brasil (2011) Portaria Nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Diário Oficial da União. Nº 239. pp. 30-46.

Camacho A (2003) Evaluation of the existing performance of infiltration galleries in alluvial deposits of the Parapeti River. Em Melin G (Ed.) *The Second International Riverbank Filtration Conference*. National

Water Research Institute. Cincinnati, OH, EEUU. pp. 207-213.

Chen X (2000) Measurement of streambed hydraulic conductivity and its anisotropy. *Environ. Geol.* 39: 1317-1324.

Chorus I, Schlag G, Heinze R, Pütz K, Kruspe U (2001) Elimination of microcystins through bank filtration at the Radeburg Reservoir. Em Chorus I (Ed.) *Cyanotoxins: Occurrence, Causes, and Consequences*. Springer. Berlin, Alemanha. pp. 226-228.

CPRM (2014) *Atlas Hidrogeológico do Brasil ao Milionésimo* (Folhas SG-22 e SH-22). Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Serviço Geológico do Brasil. Ministério de Minas e Energia. [www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Mapas-e-Publicacoes/Atlas-Hidrogeologico-do-Brasil-a-o-Milionesimo-4267.html](http://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Mapas-e-Publicacoes/Atlas-Hidrogeologico-do-Brasil-a-o-Milionesimo-4267.html) (Cons. 03/10/2016).

Dash RR, Mehrotra I, Kumar P, Grischek T (2008) Lake bank filtration at Nainital, India: water-quality evaluation. *Hydrogeol. J.* 16: 1089-1099.

Eckert P, Irmischer R (2006) Over 130 years of experience with riverbank filtration in Düsseldorf, Germany. *J. Water Supply Res. Technol.* 55: 283-291.

Frietas DA, Cabral JJSP, Paiva ALR, Molica RJR (2012) Application of bank filtration technology for water quality improvement in a warm climate: a case study at Beberibe River in Brazil. *J. Water Supply Res. Technol.* 61: 319-330.

Ghodeif K, Grischek T, Bartak R, Wahaab R, Herlitzius J (2016) Potential of river bank filtration (RBF) in Egypt. *Environ. Earth Sci.* 75: 671.

Grellmann C (2006) *Aspectos da Morfologia e Ecologia de Cylindrospermopsis raciborskii (Woloszinska) Seenayya et Subba Raju e Produção de Cianotoxinas na Lagoa do Peri, Florianópolis, SC, Brasil*. Tese. Universidade Federal de Santa Catarina. Brasil. 94 pp.

Grischek T, Ray C (2009). Bank filtration as managed surface-groundwater interaction. *Int. J. Water* 5: 125-139.

Grischek T, Schubert J, Jasperse J L, Stowe S M, Collins M R (2007) What is an appropriate site for RBF? Em Fox P (Ed.) *Management of Aquifer Recharge for Sustainability*. Vol. 16. Acacia. Phoenix, AZ, EEUU. pp. 466-474.

Grünheid S, Amy G, Jekel M (2005) Removal of bulk dissolved organic carbon (DOC) and trace organic compounds by bank filtration and artificial recharge. *Water Res.* 39: 3219-3228.

Grützmacher G, Bottcher G, Chorus I, Knappe A, Pekdeger A (2002) Cyanobacterial toxins in bank filtered water from Lake Wannsee, Berlin. Em Dillon P (Ed.) *Management of Aquifer Recharge for Sustainability*. Swets-Zeitlinger. Lisse, Holanda. pp. 175-179.

Gunkel, G, Hoffmann A (2009) Bank filtration of rivers and lakes to improve the raw water quality for drinking water supply. Em Gertsen N, Sønderby L (Eds.), *Water Purification*. Nova. Nova Iorque, EEUU. pp. 137-169.

Hach (2000) Hach DR/2010 *Spectrophotometer Procedures Manual*. Hach Company. Loveland, CO, EEUU.

Hennemann MC, Petrucio MM (2011) Spatial and temporal dynamic of trophic relevant parameters in a subtropical coastal lagoon in Brazil. *Environ. Monit. Assess.* 181: 347-361.

Hiscock KM, Grischek T (2002) Attenuation of Groundwater Pollution by Bank Filtration. *J. Hydrol.* 266: 139-144.

Hülshoff I, Greskowiak J, Wiese B, Grützmacher G (2009) *Relevance and Opportunities of BF*

- to provide safe water for developing and newly-industrialised counties. *TECHNEAU Report* 5.2.9. 111 pp.
- Klute A, Dirksen C (1986) Hydraulic conductivity and diffusivity: laboratory methods. Em Klute A (Ed.) *Methods of Soil Analysis. Part I: Physical And Mineralogical Methods*. American Society of Agronomy - Soil Science Society of America. Madison, WI, EEUU. pp. 687-732.
- Kuehn W, Mueller U (2000) Riverbank filtration. An overview. *J. AWWA* 92: 60-69.
- Laudares-Silva R (1999) *Aspectos limnológicos, variabilidade espacial e temporal na estrutura da comunidade fitoplânctônica da Lagoa do Peri, Santa Catarina, Brasil*. Tese. Universidade Federal de São Carlos. Brasil. 216 pp.
- Mondardo RI (2004) *Influência da Pré-oxidação na Tratabilidade das Águas Via Filtração Direta Descendente em Manancial com Elevadas Concentrações de Microalgas e Cianobactérias*. Tese. Federal University of Santa Catarina. Brasil. 148 pp.
- Oliveira J (2002) *Análise Sedimentar em Zonas Costeiras: Subsídio ao Diagnóstico Ambiental da Lagoa do Peri - Ilha de Santa Catarina-SC, Brasil*. Tese. Universidade Federal de Santa Catarina. Brasil. 154 pp.
- Ray C (2008) Worldwide potential of riverbank filtration. *Clean Technol. Environ. Pol.* 10: 223-225.
- Ray C, Grischek T, Schubert J, Wang J, Speth T (2002) A perspective of riverbank filtration. *J. AWWA* 94: 149-160.
- Romero LG, Mondardo RI, Sens ML, Grischek T (2014) Removal of cyanobacteria and cyanotoxins during lake bank filtration at Lagoa do Peri, Brazil. *Clean Technol. Environ. Pol.* 16: 1133-1143.
- Sandhu C, Grischek T, Kumar P, Ray C (2011a) Potential for riverbank filtration in India. *Clean Technol. Environ. Pol.* 13: 295-316.
- Sandhu C, Grischek T, Schoenheinz D, Prasad T, Thakur AK (2011b) Evaluation of bank filtration for drinking water supply in Patna by the Ganga River, India. Em Ray C, Shamrukh M (Eds.) *Riverbank Filtration for Water Security in Desert Countries*. NATO Science for Peace and Security Series. Springer, Dordrecht, Holanda. pp. 203-222.
- Schubert J (2002) Hydraulic aspects of river bank filtration: field studies. *J. Hydrol.* 266: 145-161.
- Schubert J (2006) Significant of hydrologic aspects on RBF performance. Em Hubbs SA (Ed.) *Riverbank Filtration Hydrology*. Springer. Dordrecht, Holanda. pp. 1-20.
- Sens ML, Mondardo RI, Dalssasso R, Melho L (2006) Filtração em Margem. Em PROSAB (Ed.) *Contribuição ao Estudo da Remoção de Cianobactérias e Microcontaminantes Orgânicos por Meio de Técnicas de Tratamento de Água para Consumo Humano*. ABES. Rio de Janeiro, Brasil. pp. 173-236. [www.finep.gov.br/prosab/produtos.htm](http://www.finep.gov.br/prosab/produtos.htm)
- Sens ML, Pizzolatti B S, Mondardo R I, Romero LG (2013) La filtración inducida como una alternativa de tratamiento de agua para remover cianobacterias y cianotoxinas. *Interciencia* 38: 253-259.
- Shamrukh M, Abdel-Wahab A (2008) Riverbank filtration for sustainable water supply: application to a large-scale facility on the Nile River. *Clean Technol. Environ. Pol.* 10: 351-358.
- Simonassi J (2001) *Caracterização da Lagoa do Peri, através da Análise de Parâmetros Físico-Químicos e Biológicos, como Subsídio ao Gerenciamento dos Recursos Hídricos da Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil*. Tese. Universidade Federal de Santa Catarina. Brasil. 75 pp.
- SNIS (2014) *Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos*. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Brasil. [www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2014](http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2014) (Cons. 18/09/2016).
- Stuyfzand PJ, Juhász-Holterman MHA, Lange WJ (2006) Riverbank filtration in the Netherlands: well fields, clogging and geochemical reactions. Em Hubbs SA (Ed.) *Riverbank Filtration Hydrology*. Springer. Dordrecht, Holanda. pp. 119-153.

## POTENTIAL APPLICATION OF BANK FILTRATION IN SANTA CATARINA, BRASIL

Luis G. Romero-Esquivel, Bruno S. Pizzolatti and Maurício L. Sens

### SUMMARY

Bank filtration (BF) consists in getting water from wells or springs located on an aquifer in hydraulic contact with a surface water source. Through literature search the main conditions for the implementation of the BF were identified. These include the availability of surface water and groundwater in hydraulic connection, the hydro-geology of the aquifer, hydrology of the water body, river morphology, composition of the river bottom and the quality and temperature of the local surface water and groundwater. Based on these characteristics and using the Hydrogeological Atlas of Brazil in GIS environment, the places with potential for BF application in the state of Santa Catarina were determined. The main regions with potential for BF consist of alluvial and coastal deposits, located mainly

in coastal areas. The information was collected in a thematic map delineating the alluvial formations and the coastal deposits comprising 1557 and 3113km<sup>2</sup> respectively. According to the study, 4.88% of the state of Santa Catarina has potential for BF. However, the success of BF depends largely on the specific location and it is necessary to verify the applicability on the site. As an example, the case of Lagoa do Peri in Santa Catarina is presented, where BF was successfully implemented on a pilot scale. The water presented reduction in turbidity, apparent color, organic matter and phytoplankton, including cyanobacteria. However, it presented anoxic conditions, which require a post-treatment by aeration and filtration to remove iron and manganese which are undesirable in drinking water.

## APLICACIÓN POTENCIAL DE LA FILTRACIÓN INDUCIDA EN SANTA CATARINA, BRASIL

Luis G. Romero-Esquivel, Bruno S. Pizzolatti y Maurício L. Sens

### RESUMEN

La filtración inducida (FI) consiste en la extracción de agua de pozos o galerías ubicadas en las orillas de las fuentes de agua superficial en conexión hidráulica con el acuífero local. En búsqueda bibliográfica se identificaron las condiciones para la aplicación de la FI, las que incluyen la disponibilidad de fuentes de agua superficiales y subterráneas en conexión hidráulica, hidrogeología del acuífero, hidrología de la masa de agua, morfología del río, composición del fondo del río, y calidad y temperatura del agua superficial y subterránea. Según estas características y utilizando el Atlas Hidrogeológico de Brasil en ambiente SIG se determinó, de forma ilustrativa, los lugares con potencial para aplicación de la FI en el estado de Santa Catarina. Las principales regiones con potencial para la FI son formaciones de tipo aluvial y de-

pósitos litorales, ubicados en las zonas costeras. La información fue recopilada en un mapa temático delimitando las formaciones de tipo aluvial y depósito litoral que comprenden 1557 y 3113km<sup>2</sup> respectivamente. El 4,88% del estado de Santa Catarina presenta potencial para la FI. Sin embargo, el éxito de la FI depende del lugar, por tanto se debe verificar su aplicabilidad localmente. Se expone el caso de Lagoa do Peri, en Santa Catarina, donde la FI fue aplicada exitosamente a escala piloto. El agua obtenida presentó reducción en turbidez, color aparente, materia orgánica y fitoplancton, incluyendo principalmente cianobacterias. Sin embargo, presentó condiciones anóxicas que requieren post-tratamiento mediante aireación y filtración para remoción de hierro y manganeso, indeseables en el agua de consumo humano.