

## **I-129 - DIMENSIONAMENTO DE FILTRO LENTO DE AREIA PARA USO DOMICILIAR EM ÁREAS RURAIS BRASILEIRAS**

**Cristiane Frizzo de Oliveira** <sup>(1)</sup>

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal de Minas Gerais (2015). Engenheira de Segurança do Trabalho pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (2019). Mestranda em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade de Brasília.

**Yovanka Pérez Ginoris** <sup>(2)</sup>

Engenheira Química pelo Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarria (1995), Havana, Cuba, com mestrado em Biotecnologia Industrial pela Escola de Engenharia de Lorena - Universidade de São Paulo (2001) e doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2006). Professora adjunta do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental e coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade de Brasília.

**Endereço** <sup>(1)</sup>: Anexo SG-12, Térreo, Campus Universitário Darcy Ribeiro Universidade de Brasília – UnB, CEP: 70.910-900, Brasília/ DF. Tel: +55 (61) 98277-9770. E-mail: [cristiane\\_frizzo@yahoo.com.br](mailto:cristiane_frizzo@yahoo.com.br)

### **RESUMO**

No Brasil, ainda hoje, mais de 70% da população residente em áreas rurais possuem pouco ou nenhum acesso a sistemas centralizados de abastecimento de água. Nesse contexto de antiga dívida sanitária para com essa parcela da população, o filtro lento de areia para uso domiciliar, ou simplesmente biofiltro, mostra-se como uma alternativa apropriada para o tratamento de água para consumo humano no âmbito rural, uma vez que apresenta custos relativamente baixos e simplicidade operacional, podendo ser confeccionado e operado com materiais locais pelos próprios usuários do sistema. Assim, o objetivo do presente trabalho consiste em projetar um biofiltro focado na realidade rural brasileira, levando em conta a facilidade de confecção e de operação e os custos associados à produção da unidade filtrante. Como resultado, o biofiltro proposto, ideal para atender aos usos básicos (ingestão, preparo de alimentos e higiene pessoal) em residências com até seis pessoas, se mostrou uma opção acessível financeiramente, com custo inicial de R\$180,15 para ser confeccionado, valor que ainda pode ser reduzido se forem reutilizados materiais disponíveis localmente, desde que atendam às especificações sugeridas. Considerando que já foi demonstrado pela literatura ser tecnicamente possível a construção de biofiltros pelas próprias comunidades, sob supervisão de profissional técnico, pode-se concluir que essa é uma alternativa viável para possibilitar o acesso à água de qualidade por famílias residentes em áreas rurais. Além disso, espera-se que esses resultados impulsionem iniciativas públicas e privadas para o investimento nesse tipo de tecnologia, em busca da universalização do acesso à água de qualidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tratamento de água; biofiltro; filtração lenta; filtração domiciliar; saneamento rural.

### **INTRODUÇÃO**

No Brasil, 32 milhões de brasileiros não têm acesso à água de qualidade (IBGE, 2014), dos quais mais de 70% vivem em áreas rurais (FUNASA, 2019). Nesse contexto, visando à universalização do acesso à água de qualidade, soluções de tratamento de água descentralizadas têm sido estudadas visando abarcar essa parcela da população ainda não contemplada por serviços centralizados de abastecimento de água, dentre as quais se destaca a filtração lenta.

Os filtros lentos de areia (FLAs) apresentam simplicidade operacional, produzem água com elevada qualidade microbiológica e são relativamente baratos. Tais fatores favorecem a implantação dessa alternativa em áreas rurais onde não há abastecimento de água coletivo nem mão de obra qualificada. Essas são algumas das razões pelas quais a filtração lenta foi considerada, pelo Plano Nacional de Saneamento Rural (PNSR), como solução apropriada, tanto no âmbito domiciliar como comunitário, para suprir a população rural brasileira na ausência de sistemas centralizados de abastecimento de água (FUNASA, 2019, p.143).

Os FLAs operam com areia fina (tamanho dos grãos menor do que 1,0 mm, CAWST, 2012; Di Bernardo *et al.*, 2017) e com baixa taxa de filtração (0,1 a 0,4 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h; DESEA Peru, 2017; CAWST, 2012). Isso possibilita o desenvolvimento de uma comunidade biológica (conhecida como *schmutzdecke*), concentrada nos primeiros centímetros do meio filtrante (Huisman e Wood, 1974). Para uso domiciliar, os FLAs são projetados em escala reduzida, normalmente com operação intermitente (abastecimento manual) e espessura do meio filtrante (areia) de, pelo menos, 50 cm (Liang *et al.*, 2010; CAWST, 2012; DESEA Peru, 2017; Terin e Sabogal-Paz, 2018). Nessas condições, são também chamados biofiltros.

A carreira de filtração dos biofiltros é superior a 30 dias (Di Bernardo *et al.*, 2017). Após esse período, a colmatação do meio filtrante passa a afetar a produção diária, que fica comprometida. Nesse momento, deve ser realizada a limpeza do biofiltro, através de raspagem e retirada dos primeiros centímetros de areia – um procedimento simples, que pode ser realizado pelos próprios moradores, sem uso de ferramentas sofisticadas (Huisman e Wood, 1974; CAWST, 2012).

Devido à atividade biológica da *schmutzdecke*, combinada com os mecanismos físico-químicos inerentes à filtração, os FLAs são eficazes na remoção de particulados e de micro-organismos patogênicos, com eficiências de até 99,99% para coliformes fecais, vírus e (oo)cistos de protozoários, por exemplo (Gottinger *et al.*, 2011; Castaño *et al.*, 1999; Visscher, 2006; Bellamy *et al.*, 1985). Assim, o uso de biofiltros pode acarretar a redução nos casos de diarreia em 30 a 70% (Sobsey *et al.*, 2008; Liang *et al.*, 2010; Bernardes *et al.*, 2018). Ademais, a água filtrada pelos biofiltros não apresenta alteração no sabor ou odor (Sobsey *et al.*, 2008), características organolépticas importantes para a aceitação e apropriação da tecnologia pelos usuários.

Nesse sentido, alguns programas de distribuição de biofiltros para famílias rurais ao redor do mundo vêm sendo desenvolvidos no intuito de possibilitar a essas populações acesso à água de qualidade, tais como o *Center for Affordable Water and Sanitation Technology* – CAWST (2012), organização estadunidense sem fins lucrativos que desenvolveu um biofiltro de concreto para uso em países em desenvolvimento; a Associação DESEA Peru (2017), que vêm instalando biofiltros em escolas e comunidades rurais nas cordilheiras dos Andes desde 2008; e diversas organizações não-governamentais (ONGs) que instalam biofiltros em comunidades rurais na Cambodia, país com o maior número de biofiltros no mundo, conforme reportado por Liang *et al.* (2010).

Todavia, apesar das vantagens da filtração lenta e dos estudos promissores acerca da sua empregabilidade em zonas rurais, essa alternativa ainda é subutilizada no Brasil. Assim, o presente trabalho objetiva facilitar o acesso da população brasileira a essa tecnologia, através da proposição da concepção de um biofiltro com características próprias para uso domiciliar em áreas rurais brasileiras, priorizando-se os baixos custos e a simplicidade de confecção, com possibilidade de implantação e operação pelos próprios usuários e a flexibilidade para utilização de materiais alternativos disponíveis localmente. Desse modo, este estudo diferencia-se daqueles supracitados na medida em que é concebido para a realidade brasileira, além de permitir adaptações a partir da reutilização de recipientes e de outros materiais que porventura estejam disponíveis no local de implantação, enquanto os programas mencionados anteriormente partem de um projeto fixo com material padronizado, que pode não estar disponível a nível local, a depender, dentre outros fatores, das distâncias de centros urbanos para obtenção de suprimentos. Ademais, aqueles programas trabalham com soluções padronizadas, com projetos de biofiltros pré-moldados e entregues prontos aos usuários para que possam fazer uso da tecnologia, sem levar em conta as peculiaridades de cada local.

No entanto, é sabido que no Brasil, as realidades são muitas e diferentes entre si, de forma que não se pode assumir que uma solução adotada com sucesso em uma comunidade quilombola será aceita da mesma maneira por populações indígenas ou amazônicas, por exemplo. Assim sendo, o presente trabalho visa propor não um projeto fechado e definitivo de um biofiltro, mas, sim, um esboço inicial, que se insere em um contexto maior, no qual se recomenda seja feita, em um primeiro momento, a identificação da comunidade ou família receptora do biofiltro e o estabelecimento de diálogos com os potenciais usuários. Nesse processo, pode ser reconhecida a necessidade de eventuais adaptações do projeto proposto às peculiaridades locais culturais, étnicas, históricas, religiosas, ecológicas e outras em que estão inseridas essas populações, além da sua relação com a água e com a higiene pessoal, dentre outros aspectos que possam ser relevantes para a apropriação da tecnologia e consequente longevidade do uso.

## OBJETIVO

Este artigo objetiva apresentar proposta inicial de projeto de um biofiltro (filtro lento de areia para uso domiciliar) com vistas à aplicação na realidade rural brasileira.

## METODOLOGIA

O presente trabalho possui caráter majoritariamente qualitativo, de forma a propor os parâmetros de projeto para um biofiltro apropriado, em tese, à realidade domiciliar em zonas rurais brasileiras. Para as tomadas de decisão no projeto, consideraram-se, principalmente: simplicidade de montagem, instalação, operação e manutenção do sistema; facilidade e flexibilidade para obtenção dos materiais; e custos iniciais (aquisição de materiais). Finalmente, foram feitos três orçamentos em setor comercial de peças hidráulicas em Brasília/DF, para determinação do custo real para montagem do biofiltro.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O biofiltro aqui projetado visa atender às demandas básicas de uma família de até seis pessoas, com produção diária de 60 litros de água filtrada. Entende-se por demandas básicas as necessidades de hidratação e uso no preparo e cozimento de alimentos, cujo volume recomendado é de 7,5 a 15 L/hab/dia (WHO, 2011).

É indicado que o recipiente do biofiltro seja de PVC (policloreto de vinila), por ser um material leve e de fácil acesso, assim como no projeto do DESEA Peru (2017). Visando a flexibilidade da aplicação do projeto na prática, é possível a reutilização de recipientes, que são comumente fabricados em PVC e que possam estar disponíveis localmente, desde que atendam às especificações detalhadas a seguir.



**Figura 1: Exemplos de tanques de água que podem ser reutilizados (Fonte: MercadoLivre)**

O biofiltro deve operar com taxa de filtração entre 0,1 e 0,4 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h, conforme recomendações da literatura (CAWST, 2012; Di Bernardo *et al.*, 2017; DESEA Peru, 2017), para garantir a percolação lenta da água, possibilitando a atuação dos mecanismos biológicos. Para essa taxa de filtração, calcula-se área em planta de 0,025 m<sup>2</sup> e diâmetro de 18 cm. Ressalta-se que este é o valor mínimo para atendimento da produção desejada, de forma que se adota diâmetro de 30 cm, para maior estabilidade da estrutura e para que haja volume suficiente acima do nível mínimo de água (reservatório interno ou de água bruta) para os abastecimentos regulares, garantindo-se a produção diária desejada.

A altura adotada para o biofiltro é de 85 cm, de forma a acomodar todas as camadas (camada suporte, com pedregulho grosso e médio, meio filtrante de areia fina e coluna de água bruta acima da areia) – vide Figura 2.

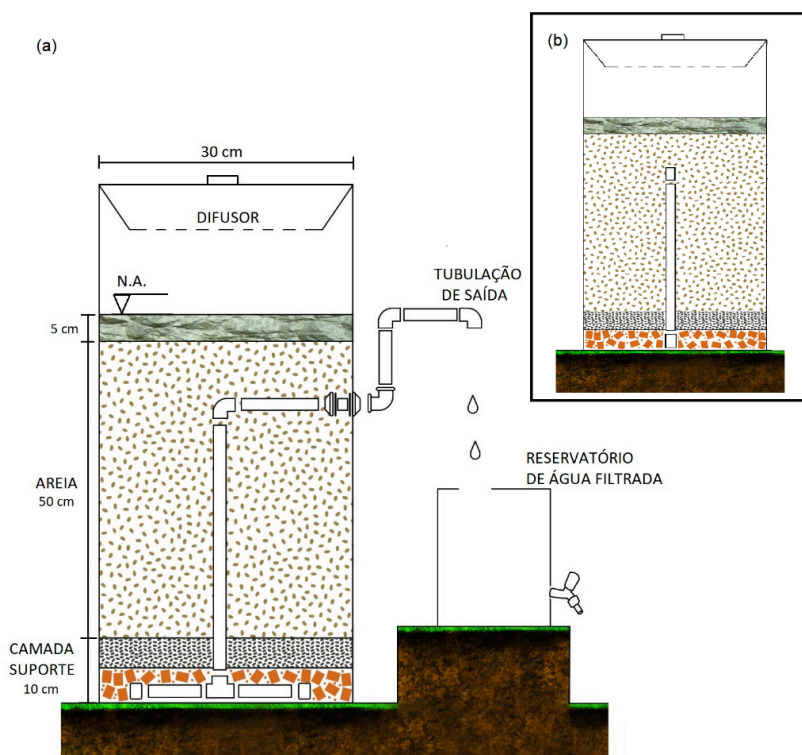
Para que o biofiltro opere em regime intermitente com a taxa de filtração adotada, produzindo 60 L/dia, são necessários 4 abastecimentos diários de 15 litros (ou seja, a cada 6 horas, aproximadamente). Cabe notar que essa configuração, apesar de ser a mais econômica, pode não ser a mais apropriada para a pessoa designada como responsável por operar o filtro, que pode ter outras atividades diárias fora do domicílio. Além disso, reconhece-se que as responsabilidades domésticas recaem, na maior parte das vezes, sobre as mulheres

(Funasa, 2019) e que as atribuições de abastecer o biofiltro podem sobrecarregá-las demasiadamente, a depender de sua rotina diária. Assim sendo, reforça-se a necessidade de diálogos e trocas com os possíveis usuários do biofiltro proposto, previamente à sua confecção e implantação, de forma a garantir uma opção factível dentro de suas realidades, possibilitando a apropriação da tecnologia e consequente longevidade do uso. Nesse sentido, algumas alterações no projeto podem ser consideradas para favorecer uma maior autonomia do biofiltro. Dentre elas, encontra-se a possibilidade de se aumentar o volume do reservatório de água bruta (interno ao biofiltro), de modo a reduzir a quantidade de abastecimentos diários, o que pode ser feito a partir do aumento das dimensões do biofiltro como um todo. Outro cenário pode ser a adoção de abastecimento contínuo mediante bombeamento da água bruta para o filtro, retirando-se totalmente a necessidade de abastecimentos manuais. Ressalta-se, todavia, que essas alternativas elevam o custo final de confecção do biofiltro e, no caso do bombeamento, acrescenta custos fixos relativos ao consumo de energia elétrica.

Quanto ao material filtrante, o biofiltro deve ser preenchido com 50 cm de areia fina (granulometria menor que 1 mm), o que equivale a 35 litros de areia ou 52,5kg (considerando peso específico aparente da areia seca igual 1.500 kg/m<sup>3</sup>; FGV, 2017). Para a camada suporte, adota-se, para a camada inferior, pedregulho com diâmetro 6 a 9 mm, e para a camada de separação, 2 a 6 mm. Considerando cada camada de pedregulho de 5 cm e peso específico aparente de 1.500-1.800kg/m<sup>3</sup> (FGV, 2017), estima-se a necessidade de 3,5 litros (6 kg) de cada pedregulho. Esses materiais podem ser encontrados localmente, como às margens de corpos d'água superficiais, sendo que, para a seleção da areia adequada à filtração lenta, recomendam-se as instruções contidas no manual da CAWST (2012).

Ainda com relação ao material filtrante, sugere-se, apesar de opcional, o emprego de material geotêxtil sobre a areia, o que tem sido reconhecido como uma forma de facilitar a limpeza a ser realizada pelos usuários (Mbawette *et al.*, 1990; Di Bernardo, 1993). Nesse caso, ao fim da carreira de filtração, a limpeza é feita retirando-se apenas a manta sintética da unidade filtrante e lavando-a mediante fricção do tecido contra ele mesmo, da maneira similar à lavagem de roupas, em oposição ao processo convencional de retirada dos primeiros centímetros de areia ou do procedimento sugerido por CAWST (2012) de lavagem do topo da camada de areia dentro do próprio biofiltro, com o auxílio de uma colher ou xícara. Outros benefícios da utilização da manta geotêxtil na filtração lenta são a produção de água com melhor qualidade microbiológica (Di Bernardo, 1993) e amortização dos picos de impurezas devido à sazonalidade (Paterniani e Conceição, 2004). Recomenda-se o emprego de manta sintética não-tecida com aproximadamente 5 mm de espessura, porosidade entre 70 e 99%, massa específica entre 0,02 e 0,40 g/cm<sup>3</sup> e área superficial de 10.000 a 36.000 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>, segundo recomendações da literatura (Mbawette e Graham, 1987; Di Bernardo e Dantas, 2005), especificações estas fornecidas pelo fabricante.

A Figura 2 apresenta vistas frontal e lateral do biofiltro proposto.



**Figura 2: Esquema do biofiltro (a) vista frontal; (b) vista lateral**

Como se observa na Figura 2, o biofiltro é composto, essencialmente, pelas seguintes estruturas básicas:

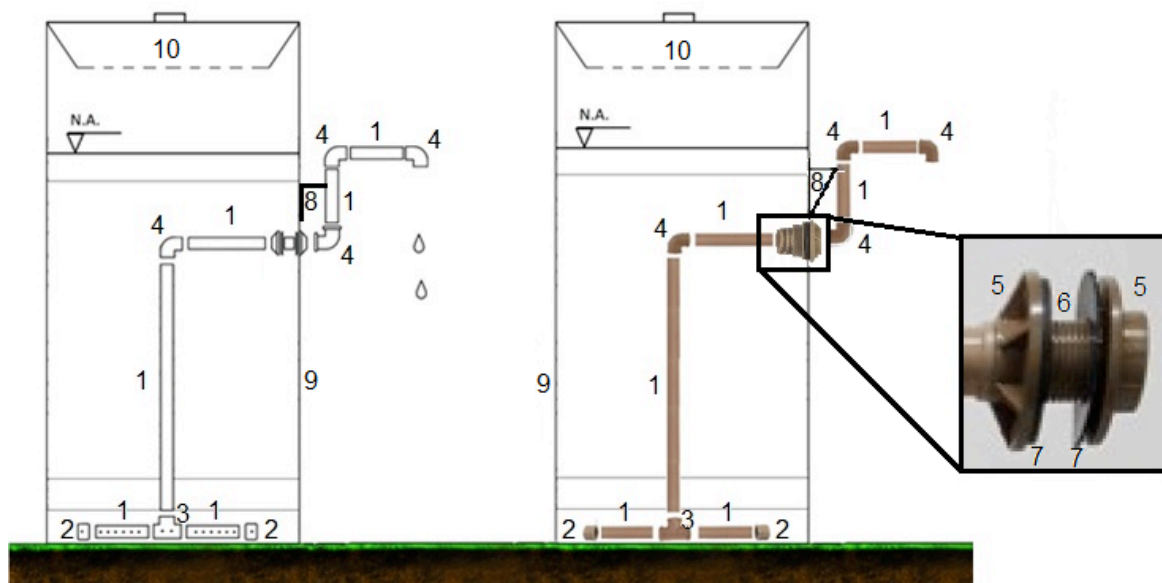
- Coluna de água sobrenadante ou nível d'água (N.A.): responsável por garantir a carga necessária para que a água percole através do meio filtrante, além de garantir a umidade para possibilitar o estabelecimento da *schmutzdecke*;
- Difusor: permite a distribuição homogênea da água bruta sobre o meio filtrante, evitando perturbações no topo da camada de areia e na microbiota ali presente;
- Meio filtrante: composto de areia fina, promove a remoção de impurezas da água, à medida em que percola com baixa velocidade (baixa taxa de filtração);
- Camada suporte: formada por pedregulho médio e grosso, sustenta o meio filtrante e impede a percolação do material fino para o sistema de drenagem;
- Sistema de drenagem: recolhe e conduz a água efluente (filtrada), através de tubulações e conexões, até a saída do filtro; e
- Reservatório de água filtrada.

Assim, durante a operação do biofiltro, a água bruta é introduzida no topo do biofiltro, sobre o meio filtrante, formando uma coluna de sobrenadante, que vagarosamente percola pela areia em fluxo descendente, por gravidade. A água efluente – filtrada – é, então, recolhida pelo sistema de drenagem e conduzida para a saída do filtro, de onde é recolhida.

O sistema de drenagem do biofiltro proposto é formado por tubos e conexões de 20 mm (1/2"), de PVC soldável, sendo que a posição da tubulação de saída (Figura 3) se justifica devido à redução da sua exposição externa, diminuindo o risco de danos; reduzindo a pressão da água sobre o ponto de transpasse da tubulação pela lateral do filtro; e facilitando eventuais reparos. A tubulação posicionada na base do filtro tem a função de recolher a água filtrada e, para tanto, deve ser perfurada com furadeira com broca de 3 mm, com espaçamento de 1 cm entre os orifícios, conduzindo a água para a saída do biofiltro.

Com relação ao sistema de alimentação, como explicitado anteriormente, é importante a presença do difusor, para evitar perturbações na *schmutzdecke*. Para tanto, devem ser feitos furos de 2 a 3 mm no material utilizado como difusor, com espaçamento de 2,0 a 2,5 cm entre eles.





**Figura 3: Detalhes da tubulação de saída do biofiltro**

A Tabela 1 mostra a média aritmética dos orçamentos realizados, com correspondência com a numeração utilizada para as peças na Figura 3, denotando os materiais propostos para a confecção do biofiltro. Verifica-se que o biofiltro proposto resultou em um custo inicial para aquisição de todas as peças de R\$ 180,15. Caso seja reutilizado tanque de água, *container* ou outro recipiente encontrado localmente para montagem do filtro, o valor é reduzido para R\$ 106,85. Ressalta-se que o orçamento em questão não incluiu os custos relativos à areia e ao pedregulho, que representam valores relativamente altos. Entretanto, esse material pode ser retirado das margens de rios, lavado e peneirado, conforme procedimentos apontados em CAWST (2012).

**Tabela 1: Orçamento do biofiltro**

Numeração na Figura 3	Produto	Qtd.	Preço Unitário médio (R\$)	Preço Total
				(R\$)
1	Tubo ½"	1,5 m	5,83	8,75
2	Cap 20 mm	2	1,96	3,92
3	Tê	1	1,65	1,65
4	Joelho 90°	4	1,15	4,6
5	Adaptador flange 20x1/2"	1	14,45	14,45
6	Adaptador soldável curto 20x1/2"	1	1,68	1,68
7	Vedante de silicone flexível	4	2,95	11,8
8	Suporte para tubulação exterior	1	2,8	2,8
9	Recipiente do biofiltro	1	73,3	73,3
10	Bacia de plástico de 30 cm de diâmetro (para difusor)	1	18,4	18,4
-	Balde de 20 litros (reservatório de água filtrada)	1	27,93	25,9
-	Torneira	1	4,87	4,87
-	Cola PVC	1	3,33	3,33
-	Fita veda rosca	1	2,67	2,67
-	<b>TOTAL</b>	-	-	<b>180,15</b>

Assim, o biofiltro proposto atende às especificações da literatura, podendo ser confeccionado e aplicado no âmbito domiciliar, confeccionado e implantado pelos próprios usuários, uma vez que a produção de filtros lentos de areia já se mostrou factível pela própria comunidade, sendo necessários apenas o auxílio e a coordenação de profissionais técnicos da área (Bernardes *et al.*, 2018; Liang *et al.*, 2010). Ademais, diversos estudos consideram fundamentais a participação popular no processo decisório e na implementação de tecnologias sociais para a sua apropriação pela comunidade, além da existência de programas de treinamento e capacitação da população local, para o sucesso da continuidade e efetividade do seu uso (Funasa, 2019; Bernardes *et al.*, 2018; Liang *et al.*, 2010).

Em termos financeiros, se mostrou acessível, considerando-se ainda que os custos relacionados ao biofiltro praticamente se resumem aos custos iniciais, uma vez que a limpeza e a operação não geram gastos adicionais, sendo possível a sua realização com material simples e pelos próprios usuários do sistema. Ademais, a manutenção do biofiltro também é possibilitada sem grandes despesas, de forma que é comum que biofiltros operem por muitos anos, sem onerar os usuários (Liang *et al.*, 2010). Destaca-se ainda que o projeto pode ser flexibilizado para redução dos custos, mediante o aproveitamento de materiais que possam estar disponíveis localmente, como o recipiente onde será montado o biofiltro, a bacia plástica para o difusor e o reservatório de água filtrada, por exemplo.

Dessa forma, com políticas públicas e investimentos nessa tecnologia, somados a treinamentos e acompanhamento das comunidades quanto à confecção, limpeza, operação e manutenção do biofiltro, é possível levar água de qualidade às famílias brasileiras em áreas rurais.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O biofiltro proposto se mostrou acessível em termos financeiros, especialmente considerando-se a realidade rural. Além disso, a confecção de filtros lentos de areia já se mostrou factível pela própria comunidade, sem a necessidade de mão de obra especializada, sendo necessários apenas o auxílio e a coordenação de profissionais técnicos da área (Funasa, 2019; Bernardes *et al.*, 2018; Liang *et al.*, 2010). Assim sendo, espera-se que o presente estudo se torne um incentivo para o engajamento de iniciativas públicas e privadas, no caminho da universalização do acesso à água de qualidade, “sem deixar ninguém para trás” (UNESCO, 2019).

## RECONHECIMENTO

As autoras agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo fomento à pesquisa, através da concessão de bolsa de mestrado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BELLAMY, W.D.; SILVERMAN, G.P.; HENDRINCKS, D.W.; LOGSDON, G.S. (1985). Removing Giardia Cysts With Slow Sand Filtration. *American Water Works Association*, Vol. 77, No. 2, Giardiasis: The New Waterborne Disease, 52-60.
2. BERNARDES, R.S.; COSTA, A.A.D.; BERNARDES, C. (2018). Projeto Sanear Amazônia: tecnologias sociais e protagonismo das comunidades mudam qualidade de vida nas reservas extrativistas. *Sistema Eletrônico de Revistas SER/UFPR*. Edição especial: 30 Anos do Legado de Chico Mendes, Vol.48, novembro/2018. DOI: 10.5380/dma.v48i0.58510. e-ISSN 2176-9109.
3. CASTAÑO, G.G.; MONTERO, J.L.; VISSCHER, J.T. (1999). *Filtración em múltiples etapas – Tecnología innovativa para el tratamiento de agua*. ISBN:958-8030-20-X.
4. CAWST (2012). *Biosand Filter Construction Manual*. Disponível em: <<https://washresources.cawst.org/en/resources/b6be2637/biosand-filter-construction-manual>>. Acesso 12jun2022.
5. DESEA Peru (2017). *DESEA PERU PVC Biosand Water Filter Construction and Installation Manual*. Disponível em: <<http://deseaperu.org/resources/>>. Acesso 14jul2022
6. DI BERNARDO, L. (1993). *Métodos e Técnicas de Tratamento de Água*. Vol 2. Rio de Janeiro.
7. DI BERNARDO, L.; DANDAS, A.D.B.; VOLTAN, P.E., N. (2017). *Métodos e Técnicas de Tratamento de Água*. 3ª edição.

8. FGV (2017). *PCRJ SCO-Sistema de Custos de Obras e Serviços de Engenharia FGV*. Disponível em:  
<<http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/8142480/4217656/TABELASOFGV02.pdf>>. Acesso 01abr2022
9. FUNASA (2019). *Programa Nacional de Saneamento Rural – PNSR*. Disponível em:  
<[http://www.funasa.gov.br/biblioteca-eletronica/publicacoes/engenharia-de-saude-publica/-/asset\\_publisher/ZM23z1KP6s6q/content/programa-nacional-de-saneamento-rural-pnsr-?inheritRedirect=false](http://www.funasa.gov.br/biblioteca-eletronica/publicacoes/engenharia-de-saude-publica/-/asset_publisher/ZM23z1KP6s6q/content/programa-nacional-de-saneamento-rural-pnsr-?inheritRedirect=false)>. Acesso 27ago2022.
10. GOTTINGER, A.M.; MCMARTIN, D.W.; PRICE, D.; HANSON, B. (2011). The effectiveness of slow sand filter to treat Canadian rural prairie water. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 38, 455-463.
11. HUISMAN, L.; WOOD, W. (1974). *Slow sand filtration*. World Health Organization, Geneva, Switzerland.
12. IBGE (2014). *Pesquisa nacional por amostra de domicílios*. IBGE, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em:  
<[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/pnad2014/brasil\\_defaultxls\\_brasil.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/pnad2014/brasil_defaultxls_brasil.shtm)>. Acesso 23jun2019.
13. LIANG, K.; SOBSEY, M.; STAUBER, C.E. (2010). *Improving Household Drinking Water Quality: Use of BioSand Filters in Cambodia*. WSP - Water and Sanitation Program. Disponível em:  
<[https://scholarworks.gsu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1075&context=iph\\_facpub](https://scholarworks.gsu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1075&context=iph_facpub)>. Acesso em 24out2022
14. LOGSDON, G.S. (2008). *Water Filtration Practices*. American Water Works Association. 1st Edition. 314 p.
15. PATERNIANI, J.E.S.; CONCEIÇÃO, C.H.Z. (2004). *Eficiência da Pré-Filtração e Filtração Lenta no Tratamento de Água para Pequenas Comunidades*. Eng.ambient., Espírito Santo do Pinhal, v.1, n.1, p.000-000.
16. SOBSEY, M.D.; STAUBER, C.E.; CASANOVA, L.M.; BROWN, J.M.; ELLIOT, M.A. (2008). Point of Use Household Drinking Water Filtration: A Practical, Effective Solution for Providing Sustained Access to Safe Drinking Water in the Developing World. *Environ. Sci. Technol.* 2008, 42, 4261–4267.
17. TERIN, U.C.; SABOGAL-PAZ, L.P. (2018). *Microcystis aeruginosa and microcystin-LR removal by household slow sand filters operating in continuous and intermittent flows*. *Water Research* 150 (2019) 29e39.
18. UNESCO (2019). *The United Nations World Water Development Report 2019*. Disponível em:  
<[https://www.unesco.de/sites/default/files/2019-03/UN-Weltwasserbericht\\_2019\\_WWDR\\_Englisch.pdf](https://www.unesco.de/sites/default/files/2019-03/UN-Weltwasserbericht_2019_WWDR_Englisch.pdf)>. Acesso 7ago2022.
19. VISSCHER, J.T. (2006). *Facilitating Community Water Supply Treatment: From transferring filtration technology to multi-stakeholder learning*. Thesis Wageningen Universiteit. 256 p. ISBN: 90-8504-382-4.
20. WHO (2011). *How much water is needed in emergencies*. Disponível em:  
<[https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/2011/tn9\\_how\\_much\\_water\\_en.pdf](https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2011/tn9_how_much_water_en.pdf)>. Acesso 20jan2022.