

Resumo

O trabalho foi desenvolvido durante o período de abril de 2006 a janeiro de 2007 na Universidade Estadual do Centro Oeste, UNICENTRO, no *Campus* Cedeteg, em Guarapuava (PR). O objetivo foi avaliar a eficiência de diferentes composições de filtros sobre a retenção de agentes contaminantes da água. Foram testados três diferentes modelos de filtros, visando verificar sua eficiência quanto à retirada de organismos patogênicos presentes na água contaminada com cistos de *E. nana* e *G. lamblia*, ovos de *A. lumbricoides* e larvas de *A. duodenale*. Verificou-se que, dentre as combinações de filtros estudadas, a que apresentou a passagem de menor índice de agentes contaminantes durante o processo de filtração foi a que utilizou a presença de camadas associando os materiais: a) pedra britada, b) solo argiloso, c) areia de rio, d) areia industrial, e) areia + argila pura em combinação de 50% (camada em substituição ao uso de TNT). Esta representa uma alternativa eficiente para a retirada dos parasitos cistos de *E. nana*, cistos de *G. lamblia*, ovos de *A. lumbricoides* e de *A. duodenale*, quando estão presentes como agentes contaminantes da água. Os agentes contaminantes: cistos de *E. nana* e ovos de *A. lumbricoides* ovo, foram os que apresentaram maior dificuldade de filtração.

Palavras-chave: descontaminação da água; composição de filtros; consumo de água não tratada.

Evaluación de la metodología de filtros para proteger las fuentes de agua en locales con riesgo de contaminación microbiológica

Resúmen

Desarrollamos este trabajo de Abril de 2006 a Enero de 2007 en la Universidad Estadual del Cento Oeste del Paraná – Brasil (UNICENTRO-CEDETEG) localizada en la municipalidad de Guarapuava. El objetivo era evaluar la eficiencia de diferentes composiciones de filtros sobre la retención de agentes contaminadores del agua. Testamos tres modelos diferentes de filtros para verificar su capacidad de retención y extracción de los agentes patogénicos presentes en el agua contaminada con quistes (cistos) de *E. nana* y *G. lamblia*; huevos de *A. lumbricoides* y larvas de *A. duodenale*. Verificamos que entre los filtros testados el que presentó mayor capacidad de retención y menor volumen de pasaje de contaminantes fue el que usamos con camadas asociadas de: a) piedra britada; b) suelo argiloso, c) arena de rio, d) arena industrial, e) arena con argila pura (combinación de 50% c/u como sustitución de la camada de TNT). Llegamos a concluir que esse filtro es una alternativa eficiente para retirar los quistes (cistos) de *E. nana* y *G. Lamblia*; huevos de *A. lumbricoides* y larvas de *A. duodenale*. Quistes (cistos) de *E. nana* y *G. Lamblia*; huevos de *A. lumbricoides* y larvas de *A. duodenale* cuando presentes en el agua. Los agentes contaminantes cistos de *E. nana* y los huevos de *A. lumbricoides* son los que presentaron mayor resistencia para ser filtrados.

Palabras llave: descontaminación del agua, composición de los filtros; consumo de agua sin tratamiento .

Introdução

Há muitos séculos, mesmo sem possuir grandes conhecimentos, o ser humano já sabia distinguir uma água esteticamente limpa de outra que se apresentasse turva, com gosto e odor. (PATERNIANI, 1986). A filtração como processo de tratamento de água foi provavelmente criada pelo

Avaliação de metodologia de filtração para proteção de fontes em locais de risco de contaminação microbiológica da água

Silvia Carla Andreatta¹; Sidnei Osmar Jadoski²

homem, como resultado da observação da limpeza da água subterrânea, atribuída à passagem do líquido pelos solos naturais, tendo-se notícia de que, desde o século XVI, a filtração, como método de clarificação da água, já se encontrava difundida.

A água destinada ao consumo humano deve atender a certos requisitos de qualidade, os quais

1 Acadêmica do Curso de Pós-Graduação em Manejo Sustentável do Meio Ambiente. Universidade Estadual do Centro Oeste - UNICENTRO.

2 Orientador, Engenheiro Agrônomo, Doutor e Professor Adjunto C do Departamento de Agronomia Universidade Estadual do Centro Oeste - UNICENTRO. E-mail: sjadoski@unicentro.br.

variam de acordo com as diferentes realidades. Naturalmente a água pode conter impurezas caracterizadas como de ordem física, química ou biológica e os teores dessas devem ser limitados até um nível não prejudicial ao ser humano, sendo estabelecidos pelos órgãos de saúde pública, como padrões de potabilidade (MOTTA, 1993).

De acordo com Watson (1998), cerca de um quinto da população mundial não tem acesso à água potável e um terço não tem acesso a saneamento básico. Sodis (2003) salienta que na América Latina cerca de sessenta milhões de pessoas não têm acesso à água tratada e a maior parte da água distribuída em áreas rurais não é clorada, expondo os usuários a consideráveis riscos de saúde.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) estima que 80% das doenças que ocorrem nos países em desenvolvimento são ocasionados pela contaminação da água (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1984). Cerca de cinco milhões de pessoas morrem ao ano por doenças relacionadas ao consumo de água não-potável e à falta de acesso a saneamento básico e condições de higiene adequadas (WATSON, 1998).

Aproximadamente 25% dos leitos hospitalares no mundo são ocupados por pessoas vítimas de doenças transmitidas pela água. No Brasil, segundo a OMS, cerca de 70% dos leitos hospitalares são ocupados por pessoas que contraíram doenças de veiculação hídrica e aproximadamente vinte nove pessoas morrem diariamente pela falta de saneamento básico (WORLD CONSERVATION UNION, 1991).

Esgotos e excrementos humanos são causas importantes da deterioração da qualidade da água em países em desenvolvimento (AGENDA 21, 1996). Tais efluentes podem conter misturas tóxicas, como pesticidas, metais pesados, produtos industriais e uma variedade de outras substâncias (VEJA et al., 1996).

Segundo dados do Programa das Nações Unidas para Desenvolvimento, o Brasil regrediu na tarefa de reduzir pela metade a proporção da população rural sem acesso a saneamento adequado. Quase dois terços dos brasileiros que vivem fora de áreas urbanas ainda não contam com o serviço básico. Segundo estes autores, no que diz respeito ao acesso à água potável, a população rural também enfrenta

dificuldades. Pouco mais da metade das pessoas que residem fora dos limites urbanos contam com um serviço de abastecimento eficiente.

No Brasil, com a aprovação da Lei 9.433, de oito de janeiro de 1997, que complementou o Código de Águas de 1934, foram estipulados mecanismos que possibilitaram tornar a água um recurso natural disponível em quantidade e qualidade, nos seus múltiplos e variados usos pela sociedade, sendo considerada um bem de interesse público, finito e vulnerável, devendo ser preservada para as futuras gerações (ASSIS, 1998).

Briscoe (1985) descreve que intervenções ambientais sistêmicas, como o abastecimento de água e o esgotamento sanitário, apresentam efeitos em longo prazo sobre a saúde, substancialmente superiores aos de intervenções médicas. Reforçando esta afirmação, o IBGE (2003) descreve que, segundo a Associação Nacional dos Serviços Municipais – ASSEMAE, para cada R\$ 1,00 investido em saneamento, o setor público economizaria R\$ 4,00 em medicina curativa; sem dúvida, um importante ganho econômico e social.

Profissionais da saúde no Brasil alertam que o grande desafio da saúde ainda é, principalmente, a prevenção das hepatites, da malária, da febre amarela, da cólera, da esquistossomose, do dengue, das leishmanioses e da hantavirose. Por essa lista, percebe-se a importância que ainda têm as doenças de veiculação hídrica ou que tenham como elo importante da cadeia o ambiente. Não há como combater essas enfermidades deixando de lado as populações rurais, nas quais a adequada captação e uso da água são sabidamente mais negligenciados do que nos grandes centros urbanos (HOCHMAN, 1998).

É de relevante importância o aprofundamento de conhecimento sobre a realidade rural, pois esta é geralmente caracterizada por populações com menor acesso às medidas de saneamento e pela presença de atividades agropecuárias altamente impactantes, podendo interferir na qualidade da água dos mananciais, muitos desses utilizados no abastecimento de água nas cidades. O diagnóstico da utilização da água e do conhecimento das pessoas nessas áreas sinaliza para os riscos à saúde dessas populações e para a contaminação e poluição dos

mananciais que nascem ou passam nessas regiões (AMARAL et al., 2003).

Conforme Ferreira et al (2000), os micro-organismos *E. nana*, *Giárdia lamblia*, *Ascaris lumbricoides* e *Ancylostoma duodenale* devem ser destacados como parte dos principais agentes biológicos que podem estar presentes na água de fontes contaminadas, especialmente no meio rural.

A menor espécie de ameba encontrada em humanos é a *Endolimax nana*, seu cisto é tipicamente oval, medindo oito micrômetros (SOGAYAR et al., 2000). Na figura 1 (A), apresenta-se um desenho esquemático dos agentes contaminantes utilizados no experimento.

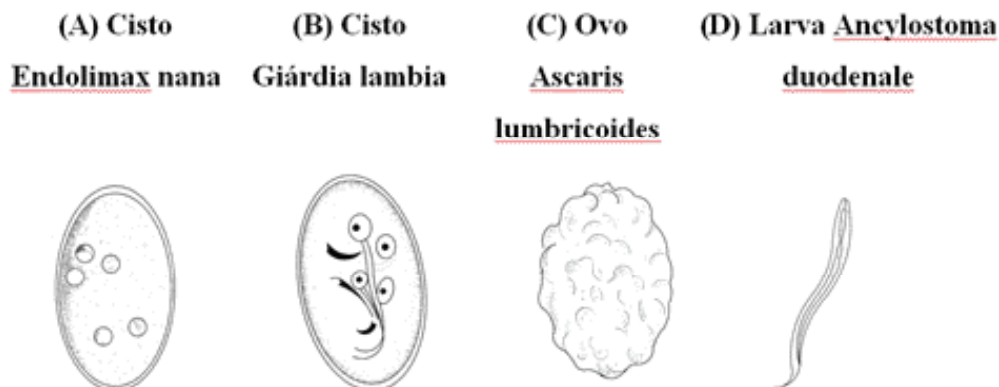
A giardiase é muito prevalente em países em desenvolvimento como o Brasil, pois está relacionada a uma precariedade de condições de saneamento. A contaminação se dá através da ingestão de cistos (ovoide, medindo cerca de doze micrômetros de comprimento por oito de largura) junto com água ou alimentos contaminados (SOGAYAR et al., 2000). O quadro clínico pode manifestar-se poucas horas após a ingestão do protozoário e usualmente inclui diarreia ou constipação, dor abdominal, podendo causar manifestações sistêmicas como febre, dores articulares e prurido generalizado (SOLI, 1998). É uma das principais causas de diarreia em crianças, originando problemas de má nutrição e retardo no desenvolvimento (SOGAYAR et al, 2000), (Figura 1- B).

Dentre os helmintos intestinais mais prevalentes em seres humanos, encontra-se o *Ascaris lumbricoides* (Figura 1 - C). Estima-se que cerca de 22% da população mundial esteja infectado e 10% do total de indivíduos parasitados encontrem-se na América Latina (CROMPTON, 1998). A alta prevalência de ascariase é considerada indicativa de saneamento básico inadequado, comumente observado em comunidades rurais. As crianças são as mais atingidas e apresentam as repercussões clínicas mais significativas da infecção parasitária. Os ovos férteis são arredondados e medem cerca de 60 micrômetros de comprimento por 45 de largura (STEPHENSON e HOLLAND, 1990; THEIN-HLAING et al.,1984).

O *Ancylostoma duodenale* (Figura 1 - D) constitui um dos grandes problemas de saúde pública, uma vez que se estima em 1.125 milhões o número de pessoas parasitadas no mundo, com mais de 65 mil mortes anuais. A contaminação se dá através da penetração na pele pelas larvas filarioides ou através da mucosa bucal, por ingestão de larvas filarioides infectantes, ingeridas junto com água contaminada. O tamanho médio das larvas varia entre 08 a 11mm de comprimento por 360 micrômetros de largura (FERREIRA et al, 2000).

A partir de um levantamento realizado em campo, Rocha (2006) verificou que de 45 proprietários rurais entrevistados, 41 nunca fizeram qualquer análise laboratorial da água de suas propriedades. Quando questionados sobre as

Figura 1. Desenho esquemático dos micro-organismos utilizados como agentes contaminantes da água utilizada no experimento.



características importantes da água doméstica, trinta citam apenas aspectos físicos (transparência, sabor e odor), doze citam que deve ser filtrada, fervida ou tratada, e apenas dois levantaram a importância de o local de captação da água estar livre de fezes. O autor destaca que somente 24 proprietários consideraram que as características da água para animais devem ser semelhantes à do consumo humano. Porém, a ocorrência de doenças só foi citada por onze entrevistados.

Certamente, o melhor método de assegurar água adequada para o consumo consiste em formas de proteção, evitando-se contaminação por dejetos animais e humanos, os quais podem conter grande variedade de bactérias, vírus, protozoários e helmintos. Falhas na proteção e no tratamento efetivo expõem a comunidade a riscos de contaminação por doenças intestinais e outras infecciosas (BROMBERG, 1995; HELLER, 1996).

Reconhece-se que, na grande maioria dos sistemas de abastecimento das zonas rurais de países em desenvolvimento, existe uma contaminação fecal generalizada, sendo recomendado que a Organização Nacional de Vigilância Sanitária estabeleça objetivo, em médio prazo, para melhorar gradualmente o abastecimento (CEPIS/OMS, 2003).

A maioria das doenças nas áreas rurais pode ser consideravelmente reduzida, desde que a população tenha acesso à água potável.

A inexistência, na maioria das fontes, de todos os fatores de proteção que são preconizados como de grande importância para a preservação da qualidade da água, evidencia a necessidade de um trabalho de orientação às pessoas que utilizam essas águas, com o objetivo de manter sua qualidade (AMARAL et al., 2003).

Para evitar as doenças de veiculação hídrica, nas regiões que não têm água tratada, é necessário encontrar um sistema de tratamento de água alternativo, que reduza os custos de implantação e operação, oferecendo condições de saneamento satisfatórias. A escolha do tipo de tratamento dependerá de fatores econômicos, sociais, geográficos e da qualidade físico-química e microbiológica da água a ser tratada (FLEURY et al., 2005).

As estruturas protetoras das fontes têm como objetivo evitar a contaminação, sobretudo da água de beber, já em sua origem, quer por partículas de solo, quer por matéria orgânica oriunda das plantas circunvizinhas, insetos e fezes de animais e humanos (CALHEIROS et al, 2004).

Pesquisas desenvolvidas na Escola de Engenharia da USP de São Carlos, por Di Bernardo (1993), apontam à filtração lenta, desenvolvida neste trabalho, como um sistema de tratamento econômico e eficiente e, portanto, bastante adequado às condições rurais.

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a eficiência de diferentes composições de filtros sobre a retenção de agentes contaminantes da água, visando estabelecer uma proposta de modelo de filtro para utilização em fontes naturais de água disponíveis especialmente em áreas rurais.

Materiais e métodos

O trabalho foi desenvolvido durante o período de abril de 2006 a janeiro de 2007 no Laboratório de Hidráulica Agrícola, junto ao Departamento de Agronomia, e no Laboratório de Parasitologia, junto ao Departamento de Ciências Biológicas, ambos pertencentes à Universidade Estadual do Centro-Oeste, no *Campus* CEDETEG, em Guarapuava (PR)

Foram testados três diferentes modelos de filtros, visando verificar sua eficiência quanto à retirada de organismos patogênicos de água contaminada, com a finalidade principal de avaliar a possibilidade de propor alternativas que possam ser consideradas eficientes para a filtragem de água, especialmente nas condições do meio rural.

Os organismos contaminantes presentes na água foram cistos de *E. nana* e *Gi. lamblia*, ovos de *A. lumbricoides* e larvas de *A. duodenale*. O material contaminante, previamente selecionado, foi adquirido junto a Secretaria Municipal de Saúde de Guarapuava e, também, junto a um laboratório de análises clínicas.

As amostras contaminadas foram diluídas, visando usar no experimento a concentração estimada pré-determinada de agentes contaminantes para cada modelo de filtro, sendo, especificamente, 2.700 cistos de *E. nana*, 2.700 cistos de *G. lamblia*, 2.700 ovos de *A. lumbricoides* e 2.700 larvas de *A. duodenale*.

Foram analisados três modelos de filtros montados em reservatórios de cimento/amianto com capacidade volumétrica de 250 litros. Os filtros foram compostos de diferentes formas, sendo:

Modelo 1: filtro composto por cinco camadas de dez centímetros cada, dispostas uma sobre a outra, dos seguintes materiais, de cima para baixo, respectivamente: pedra britada número 1; solo puro classificado como Latossolo Bruno Distroférico típico, com textura muito argilosa, conforme metodologia estabelecida pela EMBRAPA (2006); areia de granulometria mediana, entre grossa e fina; areia industrial (rocha finamente moída com granulometria classificada como areia grossa); e pedra britada número 3 (Figura 2 – (1)).

Modelo 2 : filtro composto por seis camadas de dez centímetros cada, dispostas uma sobre a outra, dos seguintes materiais, de cima para baixo, respectivamente: pedra britada número 1; solo puro classificado como Latossolo Bruno Distroférico típico, com textura muito argilosa, conforme metodologia estabelecida pela EMBRAPA (2006); areia de granulometria mediana, entre grossa e fina; TNT (tecido não tecido); areia industrial; e pedra britada número 3 (Figura 2 – (2)).

Modelo 3: filtro composto por seis camadas de dez centímetros cada, dispostas uma sobre a outra, dos seguintes materiais, de cima para baixo, respectivamente: pedra britada número 1; solo puro classificado como Latossolo Bruno Distroférico típico, com textura muito argilosa, conforme metodologia estabelecida pela EMBRAPA (2006); areia de granulometria mediana, entre grossa e fina; camada com 50% de areia e 50% de argila pura em pó; areia industrial; e pedra britada número 3 (Figura 2 – (3)).

O resultado da análise química do solo utilizado para compor a camada denominada de solo argilo-arenoso é apresentada no Quadro 1:

Para o processo de filtração foi utilizado um conjunto de três reservatórios (A, B e C) montados em série, onde o fluxo de água de A para B e de B para C era mantido por gravidade. O reservatório A foi montado com a base a 4,50m acima do nível do solo, sendo utilizado como recipiente de armazenamento da água a ser submetida ao processo de filtração. No reservatório B, com a base 0,50m abaixo do nível de A, eram montados os diferentes modelos de filtros e no reservatório C, instalado ao nível do solo, eram efetuadas as coletas das amostras de água, após ter passado pelo processo de filtração.

O material contaminante, previamente selecionado, foi adquirido junto a Secretaria Municipal de Saúde de Guarapuava e, também, junto a um laboratório de análises clínicas.

O processo de filtração foi realizado em duas etapas distintas. Na primeira era abastecido o reservatório A com trinta litros de água contaminada, que efetuava o percurso entre os reservatórios, sendo filtrada no reservatório B e coletada no reservatório C. Na segunda etapa, realizada imediatamente após a realização da primeira, o reservatório A era abastecido com 210 litros de água não contaminada, que realizava o mesmo percurso entre os reservatórios, de A até C, passando pelo filtro. O objetivo de realização da segunda etapa era verificar se a passagem de água pelo filtro poderia carregar agentes contaminantes retidos por este durante a realização da primeira etapa.

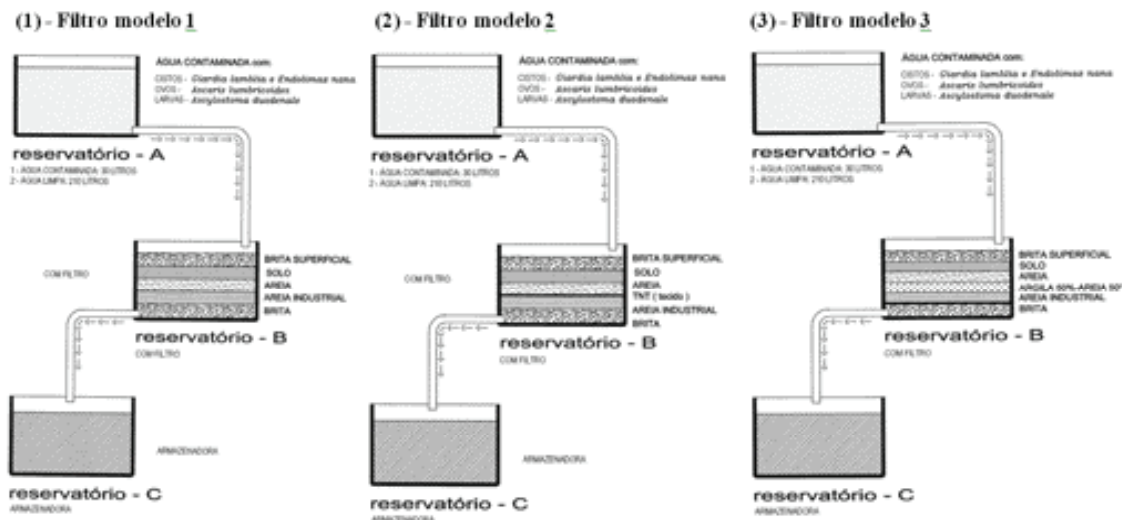
Para o processo de filtração foram contaminados noventa litros de água para serem utilizados em cada modelo de filtro, possibilitando a realização de três repetições do processo de filtração, que ocorreu separadamente para cada

Quadro 1. Resultado da análise química do solo utilizado para compor a camada denominada solo argilo-arenoso dos diferentes modelos de filtros.

P		C		pH			dm -3				%	
Mg dm	g dm	CaCl2	Al	H+ +	Ca	Mg	K +	Sb	CTC	V	M	
-3	-3	0,01M	3+	Al3+	2+	2+						
0,65	22,5	6,4	0,1	4,28	7,0	5,7	0,18	12,80	18,11	74,98	0,80	

P e K: extrator Mehlich -1

Figura 2. Desenho esquemático dos modelos de filtros utilizados no experimento de filtração de água com agentes contaminantes.



agente contaminante, visando facilitar a avaliação do processo de filtração.

Para a análise do material filtrado em cada uma das repetições, foram coletadas amostras escalonadas de um litro de volume da água que chegava ao reservatório C após a filtração. Na primeira etapa da filtração, as coletas foram realizadas após a passagem do volume de dez, vinte, e trinta litros e uma amostra composta pelo volume total. Na segunda etapa do processo de filtração, as amostras foram coletadas após passagem de 70, 140, e 210 litros e uma amostra composta pelo volume total.

No final da realização de cada repetição do processo de avaliação dos diferentes modelos de filtro, foi coletada uma amostra de aproximadamente um quilograma de cada uma das camadas do material componente dos filtros, visando avaliar possíveis diferenças na eficiência destas camadas no processo de filtração da água.

Concluído o processo de avaliação, o filtro era desmontado e o material descartado em lugar apropriado. Os reservatórios A, B e C eram descontaminados e os modelos de filtros, bem como suas repetições para novos testes, eram novamente montados no reservatório B.

As amostras eram armazenadas em garrafas pet's, em temperatura ambiente, sendo conservadas

em formol 10%. Estas foram analisadas através da realização dos testes de sedimentação espontânea de Lutz (*Hoffman e Lutz*) e flutuação (*Willis*), com leitura de seis lâminas por amostra.

A análise estatística foi realizada através do teste do qui-quadrado.

Resultados e discussão

Com relação aos resultados da avaliação da eficiência dos diferentes modelos de composições de filtros, no quadro 2 são apresentados os números totais de cada agente contaminante que passou pelo filtro e foi coletado nas amostras de água filtrada.

Observa-se que pelas camadas da composição de filtro 1 passaram treze agentes contaminantes, sendo que deste total, três eram cistos de *Endolimax nana*, um cisto de *Giardia lamblia*, oito ovos de *Ascaris lumbricoides* e uma larva de *Ancylostoma duodenale*. Pela composição de filtro dois passaram onze agentes contaminantes, dos quais sete eram cistos de *Giardia lamblia*, dois ovos de *Ascaris lumbricoides* e duas larvas de *Ancylostoma duodenale*. Pela composição de filtro 3 passaram três cistos de *Endolimax nana* e um cisto de *Giardia lamblia*.

Através da avaliação da eficiência específica de cada modelo de composição de filtro em relação aos agentes contaminantes, verificou-se que as diferenças

Quadro 2. Avaliação da eficiência dos diferentes modelos de composições de filtros – números totais e porcentagens relativas dos agentes contaminantes coletados nas amostras de água após a passagem pelos filtros.

AGENTE CONTAMINANTE	Filtro modelo 1 ETAPA		Filtro modelo 2 ETAPA		Filtro modelo 3 ETAPA		TOTAL %
	1	2	1	2	1	2	
	%	%	%	%	%	%	
<i>Endolimax nana</i> - cisto	28,57	16,67	100	33,33	100	50	40,63
<i>Giardia lamblia</i> - cisto	14,29	0,00	0	0,00	0,00	50	6,25
<i>Ascaris lumbricoides</i> - ovo	57,14	66,67	0	33,33	0,00	0	31,25
<i>Ancylostoma duodenale</i> - larva	0,00	16,67	0	33,33	0,00	0	9,38
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100

Etapa 1: uso de água com agentes contaminantes; Etapa 2: uso de água não contaminada.

foram estatisticamente significativas somente para a composição do filtro do modelo 2, sendo que a diferença verificada foi para a eficiência de filtragem de cistos de *E. nana*, cuja quantidade de agentes que passaram pelo filtro foi estatisticamente superior à de cistos de *Giardia lamblia*, não havendo diferenças em relação aos demais agentes contaminantes estudados (Quadro 3).

Quando aplicado o teste estatístico, objetivando a comparação da eficiência de filtragem entre os diferentes modelos de composição de filtros,

foram verificadas diferenças entre os modelos de composição 1 e 3, sendo que o modelo de composição do filtro 1 demonstrou menor eficiência que o modelo de composição do filtro 3, especificamente com relação aos ovos de *Ascaris lumbricoides* (Quadro 4). Crompton (1988) e Croll et al. (1982), descrevem que ovos de *Ascaris* são considerados de ocorrência comum e de relativa dificuldade de eliminação de solos contaminados.

Considerando os dados apresentados anteriormente no Quadro 1, observa-se que os

Quadro 3. Avaliação da eficiência específica de cada modelo de composição de filtro em relação aos diferentes agentes contaminantes.

Filtros	χ^2	g	p	Significância χ^2
Modelo 01	10,09	3	0,0178	NS
Modelo 02	9,73	3	0,00109	* <i>E. nana</i> e <i>Giardia</i>
Modelo 03	6,0	3	0,1115	NS

χ^2 = teste qui-quadrado NS= não significativo *Significativo $p < 0,01$

Quadro 4. Avaliação da eficiência de filtragem entre os modelos de composição de filtros em relação aos diferentes agentes contaminantes.

Agente Contaminante	χ^2	g	p	Significância χ^2
<i>Endolimax nana</i> - cisto	2,47	2	0,2915	NS
<i>Giardia lamblia</i> - cisto	1,00	2	0,6065	NS
<i>Ascaris lumbricoides</i> - ovo	10,41	2	0,0055	* entre filtros 1 e 3
<i>Ancylostoma duodenale</i> - larva	2,01	2	0,3677	NS

χ^2 = teste qui-quadrado NS= não significativo *Significativo $p < 0,01$

cistos de *E. nana* e ovos de *A. lumbricoides* são os que apresentaram o maior número de agentes que passaram pelos filtros na soma total em relação aos demais parasitas estudados. Neste caso, ressalta-se a necessidade de maior cuidado em processos de filtração quando o problema de contaminação for associado a estes agentes contaminantes.

Por outro lado, evidencia-se que para o caso de ovos de *A. lumbricoides*, do total de 10 parasitas que passaram pelos filtros, oito foram coletados no filtro do modelo 1 e, para o caso dos cistos de *Endolimax nana*, do total de treze parasitas que passaram pelos filtros, sete foram coletados no filtro do modelo 2. Estes resultados indicam que para estes agentes contaminantes, os respectivos modelos de filtros não devem ser preferidos, em comparação aos demais modelos em estudo.

Com esta análise dos dados apresentados no Quadro 4 pode-se constatar que os filtros tendem a manter os agentes contaminantes retidos, mesmo com o fluxo contínuo de água, após o processo de contaminação onde o carregamento de agentes contaminantes, que inicialmente ficaram retidos nos filtros, apresentou valores extremamente reduzidos em relação à concentração inicial utilizada.

A realização deste processo de passagem de água limpa pelos filtros possibilita a avaliação da segurança dos resultados, pois devido à alta concentração inicial de agentes contaminantes na água, a ocorrência de uma retenção inconsistente pelos filtros poderia ser verificada.

É importante considerar que, como os filtros foram montados em caixas com superfície de 1,32m², o fluxo posterior de 210 litros de água representa uma precipitação pluvial de lâmina de aproximadamente

160mm, que ocorreu em um intervalo de tempo de aproximadamente duas horas (tempo necessário para a passagem de toda a água pelo filtro), totalizando uma intensidade de 80mm/hora, que é considerada alta. Este fato demonstra que os resultados da eficiência dos modelos de composição de filtros foram obtidos em condições de testes tecnicamente exigentes, com relação aos objetivos da pesquisa.

Considerando-se os resultados verificados nos quadros 1, 2 e 3, observa-se que o filtro de modelo 03 foi o que apresentou maior capacidade de retenção total de parasitas em relação aos demais modelos, sendo que, estatisticamente, os resultados foram similares ou superiores aos demais para os agentes contaminantes estudados, ressaltando-se o efeito sobre cistos de *E. nana* e ovos de *A. lumbricoides*, que foram os parasitas que apresentaram maior número total de agentes que passaram pelos filtros.

Nesse contexto, é coerente salientar que tal comportamento dos resultados verificados pode estar associado à presença de argila pura substituindo 50% da areia utilizada no filtro. Entretanto, os resultados do Quadro 5 evidenciam uma grande eficiência da camada de solo argiloso em relação às demais camadas do filtro. A presença de argila misturada com areia reduz o movimento da água no filtro, neste caso, a presença desta camada pode ter potencializado o efeito de filtração das demais camadas, devido a redução da velocidade de fluxo da água contaminada, aumentando o tempo de ação do filtro. É importante ressaltar que a metodologia inicial previa a substituição de toda a camada de areia por argila pura, contudo, nos testes iniciais, esta camada criou um impedimento físico para a passagem

Quadro 5. Avaliação do efeito das diferentes camadas de composição dos filtros em relação à retenção dos diferentes agentes contaminantes.

Agente Ccontaminante	x ²	gl	p	(**)Camadas com diferença significativa	Diferença significativa respectiva às camadas (**)
Endolimax nana - cisto	28,87	6	0,0001	[2 e 1), (2 e 4), (2 e 5), (2 e 7)	(p < 0,01), (p < 0,01), (p < 0,01), (p < 0,05)
Giargia lamblia - cisto	29,34	6	0,0001	(2 e 1), (2 e 5), (2 e 6), (4 e 5), (4 e 6)	(p < 0,01), (p < 0,05), (p < 0,01), (p < 0,01), (p < 0,01)
Ascaris lumbricoides - ovo	46,34	6	0,0001	(2 e 1), (2 e 3), (2 e 4), (2 e 5), (2 e 6), (2 e 7), (4 e 5)	(p < 0,01), (p < 0,01), (p < 0,01), (p < 0,01), (p < 0,05), (p < 0,01), (p < 0,01)
Ancylostoma duodenale - larva	15,1	6	0,0195		NS

x² = teste qui-quadrado NS= não significativo

da água, reduzindo expressivamente o processo de filtração.

Ainda com relação ao efeito das camadas de forma individual sobre a filtração, para o caso do efeito sobre ovos de *Ascaris lumbricoides*, pode ser verificado que o efeito estatisticamente superior da camada 2 foi acompanhado por uma clara ausência de diferença entre as demais camadas, o que indica que ocorre um efeito aditivo de filtração ao longo da passagem da água pelas diferentes camadas do filtro.

A areia industrial apresentou ação estatisticamente significativa, com maior efeito superior em relação à camada interna de brita, na retenção de ovos de *A. lumbricoides*, e das camadas de brita interna e TNT, para a retenção de cistos de *G. lamblia*. Este é um resultado importante, pois a areia industrial apresenta maior granulometria em relação à areia de rio usada na camada adjacente e, desta forma, poderia apresentar resultado de retenção inferior. Até um determinado limite o efeito de retenção pode estar associado ao melhor arranjo entre as partículas e menor movimentação devido ao carreamento pelo líquido e à maior densidade deste material em relação a areia de rio.

Com a avaliação do efeito das camadas de constituição dos filtros, em relação aos agentes contaminantes, verifica-se que a camada 2 (solo argiloso) foi a que apresentou, em geral, a maior capacidade de filtração. Entretanto, esse resultado é coerente, pois é a primeira camada em contato com o material contaminado, sendo que, desta forma, realiza o trabalho de retenção em massa devido ao maior número de parasitas presentes quando a água contaminada chega até esta camada. Este resultado é importante porque demonstra o efeito filtrante do solo em relação a estes agentes.

Dos agentes contaminantes avaliados, os cistos de *Giardia lamblia* e as larvas de *Ancylostoma duodenale* foram os que ficaram retidos em maior índice pelos filtros (Quadro 1). Apesar de ter sido verificado em menor número nas amostras após a passagem da água contaminada pelo processo de filtração, os resultados estatísticos não expressam diferenças significativas expressivas entre a retenção dos diferentes contaminantes. Tal fato deve estar associado ao baixo número de contaminantes não retidos pelos filtros, dificultando inferências

estatísticas mais decisivas sobre os resultados verificados. Thompson (2000) verificou que a giárdia é um micro-organismo de grande presença nos ambientes antrópicos e, em geral, apesar dos ainda insipientes estudos de descontaminação em solos, demonstra ser passível de controle e eliminação. Aspectos similares são descritos por Asmi et al, (1970) para os ancilostomídeos.

Embora os resultados tenham evidenciado algumas diferenças estatisticamente significativas entre os modelos de filtros avaliados, deve-se considerar que ambos apresentaram elevada eficiência na retenção de todos os agentes contaminantes estudados, sendo que nos resultados finais, após o processo de filtração, todas as amostras de água se apresentaram com padrões que são incluídos na classe de água potável, conforme os padrões estabelecidos através da Portaria nº 518/2004, do Ministério da Saúde (BRASIL-MS, 2004). Em relação à importância do processo de filtragem da água, Barcellos et al, (2006) concluíram que nas comunidades rurais estudadas o uso de água de poços rasos para consumo doméstico, dessedentação de animais e irrigação de culturas não é recomendado sem adequado tratamento. Nesta condição, pode-se inferir que a filtragem pelos processos estudados no presente estudo pode servir de ferramenta para compor parte do processo de tratamento de águas contaminadas.

Conclusões

Os testes demonstraram que o uso de filtros compostos por camadas, associando os materiais pedra britada, solo argiloso, areia de rio, areia industrial, tecido não tecido TNT e areia + argila pura, em diferentes combinações, representa uma alternativa eficiente para a retirada dos parasitas: cistos de *E. nana*, cistos de *G. lamblia*, ovos de *A. lumbricoides* e *A. duodenale*, quando estão presentes como agentes contaminantes da água.

Dentre as combinações de filtros estudadas, a que apresentou a passagem de menor índice de agentes contaminantes, durante o processo de filtração, foi a que utilizou a presença da camada de 50% de areia associada a 50% de argila pura em lugar do uso de tecido não tecido, TNT, devendo ser preferida por

ser material abundante na natureza e independente de processo industrial, como no caso do TNT.

Os agentes contaminantes cistos de *E. nana* e ovos de *A. lumbricoides* foram os que apresentaram maior dificuldade de filtração, tendo apresentado

os maiores índices de presença nas amostras, após passarem pelo processo de filtração.

Referências

Apresentadas no final da versão em inglês.