

I-334 – FILTRO PARA REMOÇÃO DE CONTAMINANTES EMERGENTES E MICRORGANISMOS PARA ÁGUA POTÁVEL

Késsia Raiane Bezerra Sales⁽¹⁾

Graduando em Engenharia Sanitária pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM).

Nívea Cristina Guedes Munin⁽²⁾

Bacharel em Química pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Mestra em Química de Produtos Naturais pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM) e Doutora em Ciências pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Atua na área de Química Analítica e Química Ambiental, nos temas: poluição aquática, indicadores de poluição em área de florestas alagadas (físico-químicos, substâncias emergentes e fator biológico), especiação de Hg e ensaio ecotoxicológicos.

Alex Martins Ramos⁽³⁾

Graduado em Química pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM); Mestre em Química pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM); Doutor em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP); Atua nas áreas de Química Analítica, Química Ambiental, Ensino de Química e Engenharia de Processos.

Fábio Bentes Leonel⁽⁴⁾

Graduando em Engenharia Sanitária pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM).

Endereço⁽¹⁾: Av. Mário Andreazza, 831 – Jauary II - Itacoatiara - AM - CEP: 69104-372 - Brasil - Tel: (92) 99120-2070 - e-mail: kessiaraianebs@gmail.com

RESUMO

Nos últimos anos, tem-se abordado sobre a necessidade de tratamentos avançados para remoção de contaminantes emergentes e bacteriológico em água de abastecimento no Brasil, entretanto há pouca informação a respeito da remoção deles por sistemas convencionais usados comumente no país. Esse trabalho foi desenvolvido com o intuito de oferecer uma melhoria na qualidade de vida das comunidades ribeirinhas, no estado do Amazonas, que vivem em situação desfavorável dentro da sociedade com relação ao recebimento das políticas públicas de saneamento básico. Para isso, foram escolhidas duas comunidades ribeirinhas situadas à margem direita do rio Amazonas (Comunidades: Nossa Senhora do Perpétuo Socorro e Siripá). Inicialmente fez-se uma caracterização da área em estudo como: características ambientais, meios de subsistência, tipo de moradia, uso da água para consumo humano, destino de resíduos e esgoto domésticos entre outras informações necessárias para motivação do trabalho. Por conseguinte, realizou-se uma pesquisa sobre os principais materiais, locais/regionais, para composição dos meios filtrante e seus devidos tratamentos. Foram escolhidos pelas suas disponibilidades e baixo custo, três granulometrias de areia, uma camada de seixo, uma de carvão ativado comercial e uma crepina confeccionada em laboratório. A partir destes materiais foi montado o filtro de camadas por gravidade, onde avaliaram-se as espessuras das camadas e 6 parâmetros físico-químicos, antes e depois que a água passava pelo filtro, tendo como foco os agentes microbiológicos e os 21 contaminantes orgânicos analisados. O filtro mostrou-se eficiente, removendo 92,3 % de microrganismos, 66, 29 % de turbidez e 99, 28 % de cafeína.

PALAVRAS-CHAVE: Amazonas, Contaminantes Emergentes, Filtro de Camadas por Gravidade.

1. INTRODUÇÃO

Os efeitos na qualidade e na quantidade da água disponível, relacionados com o rápido crescimento da população mundial e com a concentração dessa população em megalópoles, já são evidentes em várias partes do mundo. Dados do Fundo das Nações Unidas para a Infância (Unicef) e da Organização Mundial da Saúde (OMS) revelam que quase metade da população mundial (2,6 bilhões de pessoas) não conta com serviço de saneamento básico e que uma em cada seis pessoas (cerca de 1,1 bilhão de pessoas) ainda não possui sistema de abastecimento de água adequado (BRASIL, 2005). Neste sentido, é importante reconhecer o monitoramento da qualidade da água como o instrumento de verificação da sua potabilidade para consumo humano, conforme padrão estabelecido em legislação (RODRIGUES, 2011).

No Brasil, o saneamento básico é um direito assegurado pela Constituição Federal e definido pela Lei nº 11.445/2007. Tal Lei, prescreve que o abastecimento de água potável deve ser constituído por atividades de infraestrutura e instalações adequadas, desde a captação até as ligações prediais e respectivos instrumentos de medição (FERREIRA, 2014). Dentre deste contexto, o estado do Amazonas apesar de ter uma das maiores bacias hidrográficas do mundo, parte de seus municípios usam água subterrânea para abastecimento público. O município de Itacoatiara, localizado à margem esquerda do rio Amazonas, tem 34 % de sua população vivendo na área rural, distribuída em diversas comunidades. Estas são denominadas “comunidades ribeirinhas”, onde grande parte está estabelecida ao longo das margens do rio Amazonas ou de seus afluentes. No entanto, o abastecimento de água fornecido pela rede de distribuição do município não abrange as comunidades ribeirinhas, uma vez que estas estão a grandes distâncias, considerando as dimensões amazônicas. Outro fator que afeta o abastecimento de água nessas comunidades são os períodos de seca, em que os ribeirinhos precisam se deslocar ou até mesmo mudar de localidades para adquirir água para consumo, mas muitas vezes, de baixa qualidade e que, eventualmente, não receberá nenhum tipo de tratamento. Assim sendo, as chances de se ter água potável disponível são precárias, expondo-os às várias doenças de veiculação hídricas (Ferreira *et al.*, 2016).

A vigilância da qualidade da água para consumo humano atua sobre as diferentes formas de seu abastecimento, seja de gestão pública ou privada, na área urbana ou rural, e inclusive em áreas indígenas e em comunidades isoladas. As formas de abastecimento de água podem apresentar características bastante variadas, como por exemplo, pode ser distribuída por rede ou por meio de veículos transportadores; seu fornecimento pode ser restrito a um único domicílio ou ser para vários bairros ou municípios; os mananciais de captação da água podem ser superficiais ou subterrâneos; o tratamento da água pode ser completo ou simplificado, com apenas desinfecção. Neste sentido, é importante reconhecer o monitoramento da qualidade da água como o instrumento de verificação da sua potabilidade para consumo humano, conforme padrão estabelecido na legislação. Para o monitoramento da qualidade da água devem ser realizadas análises laboratoriais das amostras, de acordo com os planos de amostragem específicos para o controle, descritos na Norma de Potabilidade da Água 2.914/2011 do Ministério da Saúde, revogada pela Portaria de Consolidação Nº 05/2017 (RODRIGUES 2011).

No mundo contemporâneo, o uso de substâncias químicas é cada vez mais intenso, como, por exemplo, o de agrotóxicos, fármacos e produtos de limpeza, dando lugar à ocorrência potencial, das mais diversas substâncias em mananciais de abastecimento de água, incluindo desreguladores endócrinos e outros “químicos emergentes”. Entretanto, salvo situações de existência de fontes sistemáticas de contaminação ou de acidentes, um manancial não tende a apresentar substâncias químicas em grande variedade e, ou elevadas concentrações. É preciso também considerar que os efeitos à saúde, decorrentes da ingestão de substâncias químicas via consumo de água, são crônicos, isto é, fazem-se sentir como efeito de exposição prolongada (vários anos, ou décadas) à determinada dose, em geral baixas. É preciso, ainda, ponderar que os efeitos à saúde associados a várias substâncias químicas são em partes desconhecidos ou cercados de incertezas (BASTOS, 2018).

Com isso os denominados Contaminantes Emergentes (CEs), micropoluentes ou contaminantes de preocupação emergente (Contaminants of Emerging Concern – CECs) têm sido alvos de vários estudos na área ambiental (YANG, 2017). Segundo Sauvé e Desrosiers (2014) a melhor definição para esses contaminantes é aquela que diz que Contaminantes Emergentes são substâncias químicas ou outros materiais, naturais ou sintéticos, suspeitos de estarem presente no ambiente ou recentemente descobertos nos compartimentos ambientais, cuja toxicidade e persistência provavelmente seja capaz de alterar o metabolismo de um ser vivo. Há muitas pesquisas sobre tratamentos avançados para contaminantes emergentes no Brasil, entretanto há pouca informação a respeito da remoção deles com os sistemas convencionais usados atualmente (GOULART, 2017).

Em 2010, pesquisadores da Universidade Estadual de Campinas relacionaram, pela primeira vez no Brasil, a presença de cafeína na água para consumo humano como uma consequência direta do aporte de esgoto bruto no principal manancial de água do município (SODRÉ *et al.*, 2010). Em 2011, Raimundo e colaboradores., realizaram um trabalho detalhado sobre a presença de inúmeros contaminantes emergentes e cafeína nos mananciais e na água tratada distribuída à população de Campinas, SP. Os autores compararam o estoque químico de 16 contaminantes emergentes pré-selecionados com o potencial estrogênico medido em bioensaios, usando-se uma levedura geneticamente modificada. Foi um trabalho pioneiro no qual se mostrou a correlação entre as concentrações de cafeína e as propostas obtidas nos ensaios de estrogenicidade (MONTAGNER *et al.*,

2014). Dessa forma a determinação de cafeína em águas de abastecimento público se revestiu de uma importância ímpar, pois poderia ser usada como um indicador da qualidade, em especial no tocante à possível atividade estrogênica presente nas amostras. Assim à medida que os indicadores de poluição aquática são utilizados, a água pode ser ou não indicada para consumo humano, uma forma de melhorar seus resultados para uma faixa aceitável é utilizar diferentes técnicas de tratamento, seja simplificada ou avançadas. Dentre estas, podemos destacar a filtração.

Conforme Vermerein & Jobling (1984), a filtração com filtro de areia consiste em fazer a água passar por um meio granular de areia grossa, areia fina e brita com a finalidade de reter nesses materiais seus resíduos sólidos. É necessário levar em conta o tamanho das partículas de areia na construção deste filtro, pois é o meio granular que afetará a vazão. A eliminação dos sólidos em solução por meio de filtros está baseada no princípio de ação mecânica, onde um meio poroso pode reter impurezas de dimensões menores que as dos poros da camada filtrante. As partículas vão sendo retidas nos poros do meio filtrante, proporcionando seu acúmulo e aumentando assim a perda de carga. Conforme for se desenvolvendo o processo de filtração, os vazios vão sendo obstruídos pelas partículas, reduzindo o diâmetro dos poros e passando a reter partículas de diâmetros cada vez menores, o que aumenta a eficiência de remoção de partículas pelo sistema (POVINELLI e MARTINS, 1973).

A performance de um filtro pode ser determinada de acordo com a água a ser filtrada, pelas características do material particulado presentes, pelo uso ou não de coagulante, bem como pela construção do filtro, meio filtrante e condições operacionais. Sendo assim, o desenvolvimento na tecnologia da filtração pode ser considerado sob dois diferentes aspectos: condicionamento químico do particulado e, construção, manutenção e operação do filtro (RIBEIRO e KOWATA, 1998). Não existem normas específicas no Brasil que dizem respeito à caracterização de material filtrante utilizado em filtros de areia, havendo somente a norma EB-2097 (ABNT, 1990), que fixa as condições para recebimento e colocação de areia, antracito e pedregulho como camada suporte em filtros de abastecimento público de água.

O filtro de areia apresenta um desempenho superior em reter material orgânico quando comparado com outros tipos de filtros devido a sua capacidade de coletar esses contaminantes ao longo da trajetória percorrida na camada de areia (KELLER e BLIESNER, 1990). LOPEZ et al. (1997), afirmam que os filtros de areia têm uma maior capacidade de filtração e é recomendável usá-los para remover contaminantes orgânicos e partículas de matéria em suspensão, por apresentarem uma maior superfície de filtragem. A eficiência de filtração dos filtros de areia é medida de acordo com sua capacidade de remover partículas de um determinado tamanho, e essa eficiência aumenta com a redução da granulometria da areia (IOSHIMURA, 2016).

O órgão responsável pela distribuição de água encanada no município de Itacoatiara é o Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE), o mesmo não estende seus serviços às comunidades ribeirinhas, assim os moradores dessas regiões tomam medidas independentes para o tratamento de água de suas residências. Portanto este trabalho propõe a confecção de um filtro de camadas por gravidade para remoção eficiente de microrganismo e contaminantes emergentes, visando propor melhorias às populações que vivem em situação de vulnerabilidade social.

2. OBJETIVO

Medir a eficiência de filtro de camadas e por gravidade para remoção de contaminantes emergentes e microrganismos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 FILTRO DE CAMADAS POR GRAVIDADE

Inicialmente foram pesquisados os principais materiais locais, utilizados como meio filtrante em geral. Dentre estes foram escolhidos pela sua disponibilidade e baixo custo, três granulometrias de areia, uma camada de seixo, uma crepina confeccionada em laboratório e carvão ativado produzido a partir de matérias primas (ossos bovinos) comercializado por Bonechar® Carvão Ativado do Brasil Ltda. As amostras de areia foram lavadas, secas e separadas após peneiramento em um conjunto de peneiras de malhas que permitiam a passagem de

grãos com as seguintes especificações: Areia grossa com 2 mm de diâmetro; areia média com 500 μ m de diâmetro; areia fina com 150 μ m de diâmetro (Figura 1).



Figura 1: Peneira para análise granulométrica e amostras de areias usadas no filtro.

Fonte: Próprio autor

3.2 ÁREA DE APLICAÇÃO DO TRABALHO

Consistiu na realização de visitas técnicas nas regiões das comunidades Nossa Senhora do Perpétuo Socorro e do Siripá no Amazonas, nas datas 30/09/2017 e 28/10/2017, nas quais foram preenchidos alguns formulários provenientes das observações do grupo de pesquisa, com o intuito de conhecer as práticas dos moradores dos locais supracitados. Inicialmente fez-se uma caracterização da área em estudo como: características ambientais, meios de subsistência, tipo de moradia, uso da água para consumo humano, destino de resíduos e esgoto domésticos entre outras informações necessárias para motivação do trabalho. Por conseguinte, realizou-se uma pesquisa sobre os principais materiais, locais/regionais, para composição dos meios filtrante e seus devidos tratamentos. Bem como as coletas de amostras de água para estudo, foram feitas tanto nas datas citadas acima, para caracterização das águas locais, quanto em março e maio de 2018 para o teste de eficiência.

3.3 AMOSTRAGEM

A coleta foi um dos passos mais importante para a avaliação da qualidade da água, sendo realizada com precaução e técnica para evitar fontes de possível contaminação que não representasse o local estudado. O plano de amostragem foi conforme o Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2011). Utilizou-se equipamentos de proteção individual como jaleco, luvas de borracha e botas. A coleta foi realizada com frascos de vidro devidamente esterilizados para análise microbiológica e análise de contaminantes emergentes e, posteriormente, acondicionados em caixas térmicas, que proporcionam refrigeração a 4 °C. As coletas realizadas para o teste do filtro foram feitas na comunidade do Siripá (Rio Amazonas), considerando que as condições entre os dois pontos foram similares.

3.4 ANÁLISE FÍSICO QUÍMICA

Foram analisados *in loco* os parâmetros físico-químicos, tais como: pH, condutividade, temperatura, oxigênio dissolvido e salinidade, utilizou-se o equipamento multiparâmetros AK88 – AKSO. A análise da turbidez foi medida com o equipamento turbidímetro de modelo TU430 - AKSO. Assim, no momento da coleta foram preenchidas as seguintes informações: data, hora, pH, condutividade elétrica, temperatura, oxigênio dissolvido, salinidade, turbidez e condições/características dos locais amostrados.

3.5 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

As análises microbiológicas de coliformes totais e termotolerantes foram realizadas com base no Manual Prático de Análise de Água da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA, 2013). A técnica compreende o uso de tubos múltiplos, expressos em NMP (Número Mais Provável) /100 mL de amostra. A execução do teste dos Coliformes Totais está subdividida em teste presuntivo e teste confirmativo.

3.6 ANÁLISE CONTAMINANTES EMERGENTES

Após a coleta, iniciou-se o processo de preparo das amostras para análise de cafeína e mais 20 substâncias orgânicas persistentes, dentre as quais alguns emergentes (Carbendazim; 2-Hydroxy Atrazine; DIA; Imidacloprido; DEA; Simazina; Ametrina; Carbofurano; Hexazinona; Tebutiuron; Atrazina; Diuron; Clomazona; Azoxistrobina; Malation; Testosterona; Tebuconazole; Progesterona; 2,4-D; Fipronil). Como o objetivo era testar a eficiência de remoção dessas substâncias, mas não se tinha certeza que elas iriam ser determinadas nas amostras, optou-se por adição de concentração conhecida de cafeína nas amostras antes de passar pelo filtro. Para determinar a concentração de cafeína e as demais substâncias emergentes nas águas de estudo, utilizou-se a SPE (cartucho Oasis® HLB 500 mg), em que as etapas de condicionamento, extração e eluição dos contaminantes foram realizados no laboratório da UFAM/ICET, Itacoatiara-AM. Nesta etapa foi adaptado um sistema para o procedimento de extração do analito da amostra (filtração à vácuo e dispositivo para forçar a passagem da amostra pelo cartucho), que foi realizada em até 24 horas após a coleta. Para o condicionamento do cartucho, utilizou-se 5 mL de metanol + 5 mL de acetonitrila, sem deixar secar o cartucho entre uma adição e outra. Posteriormente, adicionou-se 1L da amostra, de forma gradual com auxílio de um funil de separação. Com auxílio de um dispositivo de sucção de 12 V, retirou-se o excesso de água do cartucho por 20 minutos. Em seguida, posicionou-se em baixo do cartucho, um tubo de ensaio de 20 mL para início da eluição dos analitos, utilizou-se 4 mL de metanol + 4 mL de acetonitrila, sem deixar secar o cartucho entre uma adição e outra. Ambas, por gravidade, foram filtradas para dentro do tubo de ensaio. Esta parte do procedimento foi realizada tanto no laboratório do ICET/UFAM, quanto no laboratório de Química Ambiental do IQ-UNICAMP.

A quantificação dos compostos orgânicos foi realizada por cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas em tandem (LC-MS/MS) no laboratório de Química Ambiental do IQ-UNICAMP. Foi utilizado um cromatógrafo Agilent modelo 1200, equipado com bomba binária, injetor automático e compartimento de coluna termostaticado. A separação cromatográfica foi realizada com uma coluna Zorbax SB-C18 (2,1x30 mm, tamanho de partícula de 3,5 µm) a 25°C. A fase móvel foi constituída de água ultrapura (A) e metanol (B), previamente filtrados em membranas com 0,2 µm de porosidade, contendo 0,01 % (v/v) de NH₄OH como aditivo para favorecer a formação de íons. A composição do gradiente, em função da concentração do solvente B foi a seguinte: início com 30 % e aumento para 80 % em 5 minutos, mantendo essa condição por 1 minuto e retornando para 3 % em 11 minutos. A identificação e a quantificação dos compostos foram realizadas por espectrometria de massas em um equipamento Agilent com triplo quadrupolo (modelo 6410B). Os compostos foram ionizados em uma fonte de electrospray nos modos negativo e positivo, e foram monitorados pelo modo MRM (Multiple Reaction Monitoring). As curvas analíticas foram construídas de acordo com a área obtida para cada composto em função do tempo e concentração na coluna.

4. RESULTADOS OBTIDOS

4.1 FILTRO DE CAMADA POR GRAVIDADE

A confecção final do filtro de camadas por gravidade deu-se pelo monitoramento da turbidez do filtrado. Logo, foi escolhido o filtro que apresentou a menor turbidez em relação à amostra *in natura*, sendo as seguintes especificações: 50 cm de altura e diâmetro de 7,50 cm, preenchido por camadas de areia grossa, areia média, areia fina, carvão ativado e finalizando com uma crepina e uma camada de seixo para realizar a dispersão da água de acordo com Figura 2.

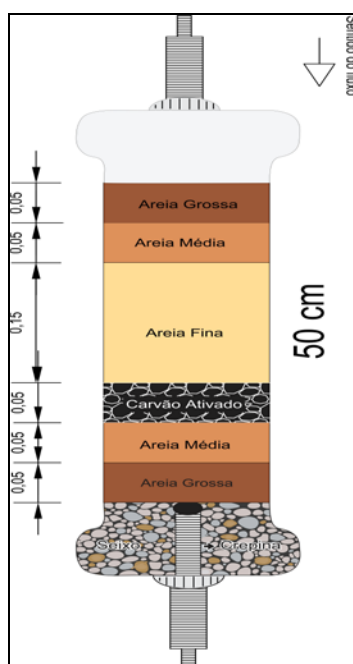


Figura 2: Constituição do filtro
 Fonte: Próprio autor

4.2 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ÁREA DE APLICAÇÃO DO TRABALHO

As comunidades do Siripá e Nossa Senhora do Perpétuo Socorro estão situadas à margem direita do Rio Amazonas e utilizam a água deste Rio para as necessidades de subsistência, isso explica o porquê do Sistema Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) de Itacoatiara (situada à margem esquerda) não atender essas comunidades. A distância de Itacoatiara - Siripá é de 2, 57 km e de Siripá – Nossa Senhora do Perpétuo Socorro é de 12,07 km, em linha reta, ou seja, distâncias significativas para uma rede de distribuição separada pelo Rio Amazonas, o que torna uma problemática comum na região Amazônica. Dentre as práticas de subsistência dessas populações, se destacam a agricultura familiar, criação de gado e aves.

Com base nas informações extraídas dos formulários, observou-se que 90 % dos comunitários possuem pequenas plantações, destes todos afirmaram usar defensivos agrícolas, 60 % das residências observadas utilizam água do Rio/Igarapé para atividades domésticas e para beber sem tratamento adequado, 40 % possuem fossa séptica, porém foi relatado que a maioria dos casos no período de cheia, as fossas ficam abaixo do nível do rio, o que torna um risco potencial para a saúde dessas pessoas. Sobre os resíduos sólidos e borra de café, a maioria alega que juntam e descartam na área urbana de Itacoatiara para a rede coletora e *in loco*, respectivamente.



Figura 3: Área de aplicação do trabalho
 Fonte: (Google Earth, 2018)

4.3 PARÂMETROS ANALISADOS

Os resultados dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos das coletas feitas com a finalidade de fazer a caracterização das águas usadas nas comunidades, dos pontos R (águas de rio) e L (águas de lago/igarapé), estão dispostos nas tabelas 1.

Tabela 1: Resultados físico-químicos e microbiológicos do dia 30/09/2017 e 28/10/2017, nas comunidades Siripá e Nossa Senhora do Perpétuo Socorro, Itacoatiara-AM.

PARÂMETROS	PONTO R (SIRIPÁ/RIO AMAZONAS)	PONTO L (N.SRA DO PERPÉTUO SOCORRO)
T (°C)	30,6	33,6
O ₂ (mg/L ⁻¹)	3,9	5,2 ± 1,4
CONDUTIVIDADE (µS)	64	73,7 ± 0,7
SALINIDADE (ppt)	0,03	0,04 ± 0
TURBIDEZ (NTU)	88,5 ± 0,4	155,5 ± 6,9
pH	7,18	7,38 ± 0,08
MICROBIOLOGICOS 1 NMP/100 mL (30.09.2017)	1600*	1600*
MICROBIOLÓGICOS 2 NMP/100 mL (28.10.07)	1600*	100>240>940

Pontos R (águas de rio); Ponto L (águas de lago/igarapé). *VMP – valor máximo permitido pelo método.

Os resultados microbiológico, dos testes presuntivos e confirmatórios, dos coliformes totais e termotolerantes foram positivos, com geração de gás em todos os tubos analisados. A determinação de coliformes totais e termotolerantes, nos limites de confiança de 95 % do método, foi de 1600 NMP/100mL nos pontos R e L. Tal resultado é obtido pela combinação de tubos positivos, ressaltando que na primeira coleta, o resultado não apresentou valores de limites inferiores e superiores, pois obteve-se valores de NMP/ 100 mL, acima do limite determinado pela metodologia. Devido as análises terem tido um resultado elevado, analisou-se as amostras da segunda coleta, afim de confirmar a contaminação por coliformes. Os resultados deram acima de 1600 NMP/100mL da amostra R e entre 100 e 940 NMP/100 mL para L, confirmando tal contaminação. É importante destacar que apesar de ter diminuído a concentração de coliformes e termotolerantes na amostra, ainda está acima do limite máximo permitido pela Portaria de Consolidação nº 05/17 do Ministério da Saúde, a qual obriga a ausência de coliformes totais em 100 mL da amostra. Destacando-se a importância de uma forma de tratamento microbiológico para estas áreas. A partir dessa caracterização da área, observou-se a necessidade da criação de um dispositivo com baixo custo e eficiente para tratamento de água para consumo nesta região. Pode-se observar uma turbidez e condutividade elevadas, sobretudo na amostra L.

Após a caracterização das águas, partiu-se para a avaliação da eficiência do filtro proposto. As análises foram realizadas nas amostras antes e depois da filtração. Os resultados das análises microbiológica, de contaminantes emergentes e de alguns parâmetros físico-químicos estão dispostos na tabela 2.

Tabela 2: Resultados do teste de eficiência do filtro de camadas por gravidade na comunidade do Siripá (Rio Amazonas) nos meses de março e maio de 2018.

PARÂMETROS	VMP*	ANTES	DEPOIS	EFICIÊNCIA %
T (°C)	-	28,3 ± 0,07	26,65 ± 0,07	-
O ₂ (mg.L ⁻¹)	**	-	-	-
CONDUTIVIDADE (µS)	**	45,7 ± 0	141,35 ± 1,48	-
SALINIDADE (ppt)	**	0,02 ± 0	0,03 ± 0	-
TURBIDEZ (NTU)	1 UT	122,1 ± 2,2	41,15 ± 0,21	66,29
pH	6,0 - 9,5	6,69 ± 0,055	7,91 ± 0,035	-
MICROBIOLOGICOS NMP/100 mL	Ausência em 100 mL	9>26>56	<2	92,3

***VMP: Valor máximo permitido pela legislação brasileira (PRC nº 5, de 28 de setembro de 2017, Anexo XX). **Valores não estão dispostos na referida legislação.**

De acordo com a Tabela 2, o filtro mostrou-se eficiente para remoção de mais de 90% de microrganismos e 66,26 % de turbidez, porém nestas condições, a vazão foi relativamente baixa, sendo $Q=1\text{L/h}$, entretanto com o transcorrer da filtração a vazão tende a aumentar. Segundo Braga (2005), com o passar do tempo de filtração a camada de partículas aderidas ao grão coletor vai se tornando mais espessa e, conseqüentemente, os capilares formados no meio filtrante vão apresentando sessões menores e velocidades intersticiais maiores e em um dado momento o cisalhamento associado ao aumento de velocidade se sobrepõe às forças de aderência provocando o carreamento das partículas para as camadas subsequentes ou mesmo para o efluente final, caracterizando o traspasse, tal mecanismo também é abordado por Povinelli e Martins (1973) como já foi citado acima, onde o processo resulta no aumento da eficiência de remoção de partículas do sistema. Observou-se também um aumento da condutividade e do pH, isso ocorreu devido ao carvão ativado ser de origem animal composto principalmente por: fosfato tricálcico (70 – 76 %), carbonato de cálcio (7 – 9 %), sulfato de cálcio (0,1 – 0,2 %), entre outros. Quanto aos valores de condutividade, não estão referenciados pela portaria de potabilidade da água. Porém, tal parâmetro quando em excesso, torna a água desagradável ao paladar, podendo provocar incrustações nas tubulações e em valores muito elevados podem causar o acúmulo de sais na corrente sanguínea. Neste ponto surge a necessidade de melhoramento deste parâmetro e/ou uso de outro tipo de carvão ativado.

Dos 21 contaminantes orgânicos analisados, foram detectados apenas 2, sendo a cafeína e o pesticida Tebutiuron, ressaltando, de acordo com os valores dispostos na tabela 3, que já se esperavam resultados elevados de cafeína devido a contaminação com concentração conhecida antes da filtração. Os dados foram obtidos em triplicata e foram apresentados os seus respectivos desvios padrões. As primeiras análises de cafeína, apresentaram valores muito acima dos limites da curva de calibração da técnica, portanto, fez-se uma diluição 1:15. Assim, a concentração de cafeína antes da filtração foi confirmada em $17143,53 \pm 302,16 \mu\text{g.L}^{-1}$ e após a filtração verificou-se uma retenção de 99, 28 %. Com relação ao pesticida Tebutiuron, este foi identificado apenas no espectro de massa antes da amostra passar pelo filtro, porém não foi possível determinar a concentração por estar abaixo do Limite de Detecção do método, mas depois que amostra passou pelo filtro não obteve-se nenhum sinal desta substância. Logo, verifica-se resultados promissores em relação a retenção de cafeína, para um filtro de camadas de areia por gravidade, que podem ser extrapolados para demais substâncias orgânicas, como o Tebutiuron.

Tabela 3: Resultados do teste de eficiência na comunidade do Siripá (Rio Amazonas) no mês de maio de 2018.

AMOSTRAS	CAFEÍNA ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	PESTICIDAS ($\mu\text{g.L}^{-1}$)
	CAFEÍNA	TEBUTIURON
ANTES	>>ACA	Espectro
DEPOIS	ACA	ND
ANTES (DILUÍDO)	$17143,53 \pm 302,16$	ND
DEPOIS (DILUÍDO)	$123,7367 \pm 7,41$	ND
LD	4,53	2,23
LQ	13,72	6,77

***ND: Não detectado; *ACA: Concentração muito acima da curva analítica; *espectro: identificado no espectro de massa; *LD: limite de detecção; LQ: limite de quantificação.**

5. CONCLUSÃO

As comunidades ribeirinhas no estado do Amazonas vivem em uma situação mais agravante quando comparado com os centros urbanos, enquanto as cidades possuem um saneamento básico deficiente, os ribeirinhos não possuem nem água encanada na maioria das vezes e o tratamento da água é apenas a decantação, em raros casos utilizam hipoclorito de sódio em quantidades aleatórias. Tendo conhecimento disso, esse trabalho foi aplicado em duas comunidades que usam água do rio/igarapé diretamente sem ou pouco tratamento.

O filtro de camadas por gravidade apresentou os seguintes resultados relevantes: removeu 92,3 % de microrganismos, 66, 29 % de turbidez e 99, 28 % de cafeína. Portanto o filtro desenvolvido foi eficiente para a remoção de microrganismos e cafeína, porém com uma vazão pequena ($Q = 1 \text{ L/h}$) e houve aumento dos parâmetros condutividade e pH, mas entende-se que esses resultados são promissores dentro do contexto da realidade do Amazonas, direcionado para comunidades ribeirinhas sem acesso a rede de distribuição de água.

Este trabalho servirá de suporte para futuros trabalhos realizados pelo grupo de pesquisa com matérias regionais que possam evitar o aumento da condutividade e pH.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. EB 2097: Material filtrante – areia, antracito e pedregulho – Especificação. 7 p, 1990.
2. BASTOS, RAFAEL KOPSCHITZ XAVIER. "Revisão da Portaria MS nº 2914/2011 Tema II-Padrão de Potabilidade e Planos de Amostragem Fundamentação e Linhas Norteadoras." (2018).
3. BRASIL. Manual de Educação para Consumo Sustentável: Ministério do Meio Ambiente; Ministério da Educação; Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor. Brasília – DF, 2005.
4. BRASIL. Manual Prático de Análise de Água. Brasília: Fundação Nacional de Saúde –FUNASA, 4 ed, 2004.
5. CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostra: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos.** São Paulo:CETESB, Brasília:ANA, 2011.
6. COSTA, E. R. H. Aumento da capacidade de estações de tratamento de água através da seleção de coagulantes e auxiliares de floculação especiais. XVIII CONGRESSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL 1995. Anais. Salvador, BA, 1995.
7. COSTA, E. R. H. Estudo de Polímeros Naturais como Auxiliares de Floculação com Base no Diagrama de Coagulação do Sulfato de Alumínio. São Carlos. 1992. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, 1992.
8. COSTA, E. R. H. Metodologia para o uso combinado de polímeros naturais como auxiliares de coagulação. XVII CONGRESSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA. 1993. Anais. Natal, RN, 1993.
9. DI BERNARDO, L. Comparação da Eficiência da Coagulação com Sulfato de Alumínio e com Cloreto Férrico - Estudo de Caso - VI SIMPÓSIO LUSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 1994. Anais. Florianópolis, 1994.
10. DI BERNARDO, L. Comunicação pessoal sobre Técnicas de Tratabilidade. 1993/1995.
11. DI BERNARDO, L. Métodos e Técnicas de tratamento de Água - V. I e II. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, Brasil, 1993.
12. FERREIRA, ANETE J.M, et al. Relatório conclusivo de auditoria operacional e ambiental em sistemas públicos de abastecimento de água do Amazonas. Departamento de Auditoria Ambiental – DEAMB, 2014.
13. FERREIRA, D. C.; LUZ, S. L. B.; BUSS, D. F. Avaliação de cloradores simplificados por difusão para descontaminação de água de poços em assentamento rural na Amazônia, Brasil. Ciência e Saúde coletiva, v. 21, n. 3, p. 767 – 776, 2016.
14. GOULART, Franciane de Almeida Brehm et al. **Contaminantes emergentes em um país emergente: estudo de caso no Rio Barigui.** 2017. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
15. IOSHIMURA, Renato Akira. **Estudo da eficiência granulométrica no processo de filtração direta com aplicação de coagulantes no tratamento de água.** 2016. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

16. KELLER, J.; BLIESNER, R.D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Van Nostrand Reinhold, 652 p, 1990.
17. LOPEZ. R.J.; ABREU, J.M.H.; REGALADO, A.P.; HERNANDEZ, J.F.G. **Riego localizado**. 2. ed. Madrid: Mundi-Prensa,. 1997. 405 p.
18. MONTAGNER, C. C.; UMBUZEIRO, G. A.; PASQUINI, C.; JARDIM, W. F. Caffeine as an indicator of estrogenic activity in source Waters. **Environmental Science: Processes & Impact**, no prelo, 2014.
19. POVINELLI, J.; MARTINS, F. **Pesquisa sobre eficiência de filtros lentos em unidades piloto**. 20 p. Congresso brasileiro de engenharia sanitária, Salvador, BA,1973. Separata. São Carlos, 1973.
20. RAIMUNDO, C. C. M. **Contaminantes emergentes em água tratada e seus mananciais: ocorrência, sazonalidade e atividade estrogênica**, 2011, 204f. Tese (Doutorado em Ciências), Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.
21. RIBEIRO, J.T.; KOWATA, E. A. **Tratamento de água por filtração direta ascendente para fins de reuso**. Campinas: Editora da Unicamp, 1998.
22. RODRIGUES, Adriana; DANIEL; BARBOSA, Mariely Helena. A Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Vigiagua) e os Objetivos do Desenvolvimento do Milênio (ODM). *Cad. Saúde Colet.* 2011; 19(4):487-492
23. RODRIGUES, Adriana; DANIEL; BARBOSA, Mariely Helena. A Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Vigiagua) e os Objetivos do Desenvolvimento do Milênio (ODM). *Cad. Saúde Colet.* 2011; 19(4):487-492
24. SAUVÉ, S.; DESROSIERS, M. A review of what is an emerging contaminant. **Chemistry Central Journal**, v. 8, n. 1, p. 1-7, 2014.
25. SODRÉ, F. F.; LOCATELLI, M. A. F.; JARDIM, W. F. Occurrence of emerging contaminants in Brazilian drinking waters: a sewage-to-tap issue. **Water Air and Soil Pollution**, v. 206, p. 57-67, 2010.
26. YANG, G. C. C. Global challenges and solutions of emerging contaminants: An editorial overview and beyond. **Chemosphere**, v. 168, p. 1222–1229, 2017.