



## BIOFILTRO DE AREIA COMO ALTERNATIVA DE TRATAMENTO DE ÁGUA PARA O CONSUMO HUMANO NAS COMUNIDADES RURAIS:

### *Estudo de Caso: Mussatué – Nhamitanda- Sofala*

Artemiza Amida António Ali<sup>1</sup>  
Américo da Stela Valdimir Msopela<sup>2</sup>  
Salvador Carlos Grande<sup>3</sup>

#### RESUMO

Um dos problemas enfrentados nos dias de hoje é a falta de acesso à água potável, principalmente em países ou áreas onde são precárias as condições de vida. Neste estudo o objectivo é propor a técnica de biofiltro de areia no tratamento de água para o consumo na zona de Nhamitanda, utilizando materiais baratos de fácil acesso para adequar as condições de vida das famílias. Avaliou-se portanto, a eficiência do biofiltro de areia em PVC de uso intermitente, na remoção de turbidez, condutividade eléctrica, pH, crómio, manganês, molibdénio, sólidos totais dissolvidos, nitrato, nitrito, dureza total e coliformes totais. Adoptou-se os valores preconizados pela Legislação Moçambicana e OMS em relação ao Regulamento sobre a qualidade da água para o consumo. Como resultado constatou-se que a tecnologia avaliada apresenta eficiência na remoção de todas variáveis analisadas, concluindo-se que o biofiltro de areia como solução para o tratamento é uma solução indicada, sob condição do uso de desinfectante nos primeiros dias de operação para garantir a segurança dos usuários, uma vez que não foram feitas análises neste período, e não garante-se a completa remoção dos contaminantes presentes na água.

**Palavras-chave:** Comunidades rurais; Tratamentos alternativos de água; Biofiltro de areia.

#### ABSTRACT

One of the problems faced today is the lack of access to safe drinking water, especially in countries or areas where living conditions are poor. In this study the objective is to propose the biosand filter technique in the treatment of water for consumption in the Nhamitanda area, using cheap materials easily accessible to suit the living conditions of families. Therefore, the efficiency of intermittent PVC biosand filter in the removal of turbidity, electrical conductivity, pH, chromium, manganese, molybdenum, total dissolved solids, nitrate, nitrite, total hardness and total coliforms was evaluated. The values recommended by the Mozambican Legislation and WHO in relation to the Regulation on the quality of drinking water were adopted. As a result it was found that the evaluated technology presents efficiency in the removal of all analyzed variables, concluding that

---

<sup>1</sup> Estudante finalista do Curso de Engenharia de Processos Industriais- Faculdade de Ciências e Tecnologia- Universidade Zambeze- Beira- Moçambique. Email: [hamidaaly020@gmail.com](mailto:hamidaaly020@gmail.com)

<sup>2</sup> Docente- Assistente Universitário no Departamento de Engenharia de Processos Industriais da Faculdade de Ciências e Tecnologia na Universidade Zambeze- Beira- Moçambique. Licenciado em Engenharia Química e Mestre em Engenharia e Gestão de Águas. Email: [americomsopela@gmail.com](mailto:americomsopela@gmail.com)

<sup>3</sup> Professor Auxiliar no Departamento de Engenharia de Processos Industriais da Faculdade de Ciências e Tecnologia na Universidade Zambeze- Beira- Moçambique. Doutorado em Engenharia Química Email: [salvador.cgrande@gmail.com](mailto:salvador.cgrande@gmail.com)

the biosand filter as solution For treatment, it is a suitable solution, provided the use of disinfectant in the first days of operation to ensure the safety of users, since no analysis has been performed during this period, and the complete removal of contaminants present in water is not guaranteed.

**Keywords:** Rural communities; Alternative water treatments, Biosand filter.

## 1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural indispensável à vida no planeta terra. Segundo a Resolução A/RES/64/292 das Nações Unidas, água potável é um direito de todos, mas infelizmente nem todos têm acesso a ela com a qualidade desejada.

Conforme um levantamento geral realizado pela UNICEF&WHO (2017), cerca de 2.1 bilhões de pessoas no mundo não têm acesso a serviços de saneamento básico e água potável. Os locais em que existe a falta de acesso à água potável são áreas rurais. Portanto, o consumo de água não tratada nessas áreas é comum e pode levar a doenças, invalidez e/ou morte por doença relacionada à água.

Como se pode perceber, água não potável é uma das principais causas de doenças relacionadas à água que afetam predominantemente nos países em desenvolvimento. Sendo assim, o fornecimento de tratamento adequado de água em escala doméstica, podem atenuar o prevailecimento dessas doenças.

A filtração lenta é uma alternativa que tem sido muito estudada ao longo dos últimos anos, e tem-se mostrado eficiente na remoção de microorganismos e outros parâmetros. Este tratamento é uma tecnologia antiga e consiste basicamente de um reservatório, onde se coloca, de baixo para cima, uma camada de pedregulho, areia grossa e areia fina, acima dessas camadas, tem-se uma camada de água que é responsável por promover o funcionamento do filtro descendente. Além disso, há um conjunto de válvulas para regular a taxa de filtração, no meio filtrante, há formação de uma camada biológica, a qual é a responsável pela remoção dos microorganismos e contaminantes presentes na água (HUISMAN, 1979 *apud* SHIGEOKA, 2016, p.8).

Na década de 90, o Dr. David Manz propôs a filtração lenta em escala domiciliar (FLD), denominada – *Biosand Filter*, este que também pode ser chamado de biofiltro de areia, consiste de um filtro que tem como biofiltração como processo de remoção de impurezas de um fluido, utilizando-se agentes biológicos para isso. Trata-se de filtro de areia lento, modificado para tratamento de água na residência, ou seja, em escala reduzida, e que opera de modo intermitente.

O crescimento demográfico na zona de Nhamitanda, localizada no distrito de Dondo, província de Sofala trouxe consigo um aumento das atividades humanas, fazendo com que se intensifique a necessidade do uso da água. Devido a falta de acesso de canais de abastecimento público da água potável, a população acaba sendo obrigada a utilizar outras fontes de abastecimento como rios. Entretanto, o uso dessa fonte alternativa sem devido tratamento pode fornecer água imprópria para o consumo e causar diversas doenças de veiculação hídrica. Diante deste cenário é de extrema importância a busca de tecnologias para garantir o fornecimento de água de qualidade. Além disso, devido à necessidade de desenvolver tecnologias de tratamento de água que sejam de baixo custo e de fácil manuseio, também é necessário pensar em alternativas para reduzir gastos para a construção dessas tecnologias. É por essa razão que o presente trabalho propõe uma técnica alternativa de tratamento de água, construída com materiais de fácil acesso para adequar as condições de vida da população. O biofiltro de areia é uma tecnologia não apenas

simples e eficaz, mas pode ser extremamente sustentável como meio de subsistências locais, produzindo soluções a partir de materiais locais.

A água contaminada põe em risco a saúde física tanto como a saúde social de todas as pessoas. Segundo WHO(2011), 80% das diarreias agudas no mundo estão relacionadas ao uso de água imprópria para consumo, não tratada, a sistema de esgoto ausente ou inadequado ou a práticas de higiene insuficientes, especialmente em países ou áreas onde são precárias as condições de vida. Estes casos resultam em 1,5 milhão de mortes a cada ano, afectando principalmente crianças menores de 5 anos, devido à desidratação. As principais doenças relacionadas à ingestão de água contaminada são: diarreia, cólera, febre tifóide, hepatite A, entre outras. Devido a inexistência de canais de abastecimento público de água potável na zona de Nhamitanda, tem havido preocupação por parte da população local no que diz respeito a qualidade da água do rio que usam para o consumo, uma vez que se consome água sem nenhum tratamento prévio, agravando com a inexistência de um centro de saúde. Como consequência, regista-se a prevalência de doenças resultantes do consumo de água não potável.

Diante deste cenário levanta-se a seguinte questão:

- *O uso de biofiltro de areia poderá contribuir na melhoria da qualidade da água na zona de Nhamitanda?*

Teve-se como hipótese, a aplicação da técnica de biofiltro de areia poderá resultar na eliminação de microorganismos patogénicos tais como bactérias, protozoários, vírus, e na melhoria da qualidade físico-química e microbiológica da água de consumo na zona de Nhamitanda, melhorando as condições de vida da população.

O Objectivo geral do trabalho é propor a técnica de biofiltro de areia no tratamento de água para o consumo na zona de Nhamitanda. E para alcançar este objectivo geral, seguiu-se os seguintes objectivos específicos:

- Caracterizar a água do consumo na zona de Nhamitanda;
- Dimensionar o biofiltro de areia;
- Avaliar o desempenho do filtro na remoção das variáveis de interesse.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **a. Tratamento da água**

O tratamento de água consiste em melhorar suas características organolépticas, físicas, químicas e bacteriológicas, a fim de que se torne adequada ao consumo humano (FUNASA, 2014, p.55).

Segundo Libânio (2010) *apud* Berbert (2016, p.18): o tratamento da água com o fim a potabilidade para consumo humano tem como objectivo a adequação da água bruta para os limites físicos, químicos, biológicos e radioactivos, estabelecidos por parâmetros de potabilidade, aos menores custos de implantação, operação e manutenção, e com menores impactos ambientais às áreas circunvizinhas.

A Estação de Tratamento de Água – ETA, geralmente é instalada quando a água bruta utilizada por uma população, especialmente nas grandes cidades, é imprópria para o consumo humano (FUNASA, 2014, p.50).

As cinco etapas necessárias para a realização do tratamento convencional ou tratamento de ciclo completo são: i) coagulação; ii) floculação; iii) decantação ou flotação; iv) filtração rápida

descendente; v) ajustes finais, que envolvem desinfecção, fluoretação, ajuste de pH e outros processos necessários. A escolha da tecnologia mais adequada deve ser guiada pelos seguintes factores: i) características da água bruta; ii) custos envolvidos; iii) manuseio e confiabilidade dos equipamentos; iv) flexibilidade operacional; v) localização geográfica e características da população (LIBÂNIO, 2010 *apud* BRAGA, 2014, p.8).

### **b. Biofiltro de areia**

Segundo Graham & Hartung (1988) *apud* Berbert (2016, p.21), na década de 80, a *Oxfam* e o *Imperial College* de Londres, colaboravam para o desenvolvimento do filtro de areia lento (*Slow Sand Filter – SSF*) sendo um equipamento para tratamento de água em comunidades em situações emergenciais, como assentamentos de refugiados. Esta escolha se deu devido à água poluída ser de origem superficial e ao baixo custo e rápida implantação, comparado a outros tratamentos.

O filtro lento em escala domiciliar ou também chamado biofiltro de areia foi desenvolvido por David Manz da Universidade de Calgary (Canadá) na década de 1990. O intuito do autor foi desenvolver um filtro eficiente, barato e em pequena escala para o tratamento de água em comunidades desfavorecidas em países em desenvolvimento. O desenvolvimento do FLD se baseou na concepção do filtro lento convencional com algumas adaptações. Essas mudanças ocasionaram em melhorias importantes como, por exemplo, a utilização do filtro conforme a necessidade do usuário (fluxo intermitente) e a possibilidade de limpeza sem necessidade de remoção e substituição da areia do filtro (MANZ, 2004 *apud* FREITAS, 2017, p.38).

De acordo com os autores acima citados pode-se perceber que o biofiltro de areia é o resultado da modificação dos filtros lentos convencionais. A técnica de biofiltro de areia é de uso intermitente, o seu grau de simplicidade verifica-se na facilidade de obtenção do material, nos baixos custos de operação, nas condições de manutenção.

Foi neste contexto que o presente estudo, propôs uma técnica simples de uso intermitente, construída com materiais de fácil acesso e baratos para ajudar as pessoas desfavorecidas nas comunidades rurais.

### **c. Funcionamento do biofiltro de areia**

No início da operação, a camada filtrante de areia dos filtros lentos retém partículas maiores que seus espaços vazios entre os grãos de areia, predominando assim a acção física de coar. A medida que ocorre a filtração, mais partículas ficam retidas e cada vez mais os espaços vazios no topo do meio filtrante se tornam menores. Essa redução começa a reter, além de partículas, também microrganismos. Os microrganismos retidos e a presença de oxigénio (causada pela camada permanente da água acima da camada da areia) permitem a formação de uma camada biológica aeróbica (*schmutzdecke*) no topo da superfície da areia (FREITAS, 2017, p.39).

A *schmutzdecke* auxilia na remoção de agentes patogénicos e de sólidos em suspensão por meio de aprisionamento mecânico, gerado devido à diminuição do tamanho dos poros entre os grãos de areia (KENEDY *et al.*, 2012 *apud* BERBERT, 2016, p.33).

O biofiltro de areia além de reter as partículas presentes na água, com o mesmo processo de um filtro lento, também remove os microrganismos patogénicos presentes na água. O biofiltro de areia utiliza-se de quatro processos para a remoção patogénicos: predação, aprisionamento mecânico, adsorção e a morte natural (CAWST, 2012, p. 9).

#### **d. Camada filtrante**

Para o dimensionamento de um filtro, é necessário primeiro ter o conhecimento sobre a granulometria do material a ser utilizado.

As dimensões físicas características de uma determinada areia a ser utilizada em filtros é obtida nos ensaios de distribuição granulométrica, dos materiais granulares (curva típica de distribuição de materiais filtrantes), realizado por um conjunto de peneiras padronizadas (DIEGO, 2010, p.9).

Este tipo de ensaio é fundamental, uma vez que a granulometria exerce uma forte influência na filtração da água a ser tratada, alterando a qualidade da mesma. A partir dele, é possível determinar o coeficiente de uniformidade (CU), que é a relação entre os tamanhos dos grãos correspondentes as percentagens de 60% e 10% (em massa) que passam pela peneira. Quanto menor for esse valor, mais uniforme é o material granular, e assim, maior será a penetração de impurezas e maior é a duração da carreira de infiltração (SHIGEOKA, 2016, p.21).

De acordo com Di Bernardo *et al* (1999) *apud* SHIGEOKA, (2016, p.21) esse coeficiente deve estar entre 2 e 5. Há também o tamanho efectivo ( $D_{10}$ ), que é o tamanho (em mm) da peneira que retém 10% do peso total da areia, e o valor recomendado é 0,15mm a 0,3mm.

Para os FLDs, CAWST recomenda valores menores tanto para  $D_{10}$  (0,15 a 0,20 mm) quanto para CU (1,5 e 2,5). Essa modificação na distribuição e tamanho das partículas resulta em menos penetração de impurezas e aumento na duração da carreira de filtração (FREITAS, 2017, p.45).

A esfericidade dos grãos também é outro factor importante, quanto mais irregular for a geometria dos grãos, melhor é o desempenho durante a filtração. Recomenda-se a utilização de grãos de areia que possuam arestas afiadas e angulares que permitam a formação de trajectórias tortuosas para o fluxo da água, criando assim, um maior percurso e, possibilitando uma maior retenção de sólidos suspensos e algas (DIEGO, 2010, p.11).

Há ainda a porosidade, que é a relação entre o volume de vazios e volume de sólidos da areia. Isso se relaciona directamente com a compactidade relativa, que determina o grau de compactação do leito. A compactidade de um solo granular pode ser classificada pelas expressões; fofa, medianamente compacta e compacta. A partir disso, é possível determinar a permeabilidade do solo e o volume de água que fica retido no filtro (ALMEIDA, 2004 *apud* SHIGEOKA, 2016, p.21).

Segundo CAWST (2012, p.16) a granulometria ideal da areia para o BSF é aquela que no abastecimento gera um fluxo de aproximadamente 400 L/h/m<sup>2</sup>, aceitando-se um desvio de 50 L/h/m<sup>2</sup>, não podendo ser muito superior por conta do risco de carreamento dos patogénicos. Também se indica que não seja inferior, devido a insatisfação dos usuários com a baixa vazão. As dimensões recomendadas dos meios filtrantes são as seguintes; areia fina (< 0,7 mm), areia grossa (1 – 6 mm) e cascalho grosso (6 – 15mm).

### **3 METODOLOGIA DA PESQUISA**

#### **Descrição da área em estudo**

O estudo foi realizado no povoado de Nhamitanda que se encontra situado na Província de Sofala, Distrito de Dondo, Posto Administrativo de Mafambisse, Localidade de Mutua, comunidade de Mussatué.

A comunidade de Mussatué perfaz limites ao Norte com a comunidade de Nhafo e Posto Administrativo de Savane, a Sul com a localidade de Mutua sede e Este com a comunidade de Nhampalapala e a Oeste com a comunidade de Magandafuta. A área da comunidade tem uma extensão de 4334,84 hectares e uma população estimada em 2190 habitantes, compostas por 215 famílias (ORAM, 2018). A comunidade de Mussatué é composta por 5 povoações: Nhamitanda, Mussatué 1, Mussatué 2, Chicuachicua 1, Chicuachicua 2.

### Seleção da metodologia de pesquisa

Quanto a natureza foi utilizado a pesquisa aplicada pois objectivou gerar conhecimentos para aplicação prática e foram dirigidos para solução de um problema específico.

Recolha de dados da zona escolhida: Fez-se a caracterização do local de estudo a nível geográfico, e sócio-económico. A técnica de pesquisa utilizada foi um inquérito e fez-se amostragem da água consumida no bairro.

Caracterização da qualidade da água: com vista a analisar a água do consumo da zona de Nhamitanda. Empregou-se a pesquisa laboratorial, no laboratório de Química e Águas da Universidade Zambeze para determinação dos parâmetros químicos e no laboratório da FIPAG para determinação dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos.

Dimensionamento do protótipo: construiu-se um protótipo em PVC de diâmetro 110mm, os materiais granulares que foram utilizados são: areia fina, cascalho fino e cascalho grosso.

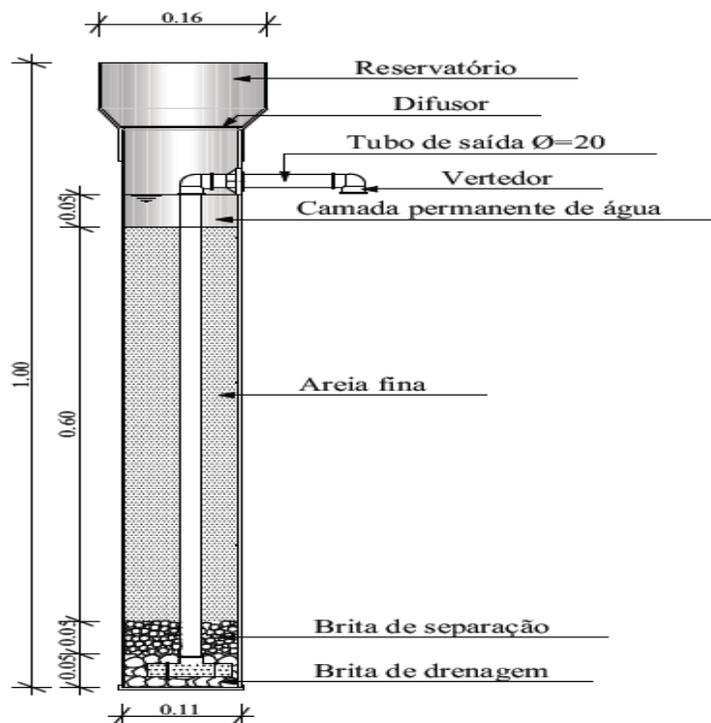
### Dimensionamento de protótipo do biofiltro de areia

Para o projecto escolheu-se a tubulação de PVC com diâmetro de DN110 com uma altura de 1m. A tabela 3.1 apresenta os dados referentes ao filtro nestas dimensões. A figura 3.1. ilustra um corte do filtro e as suas respectivas dimensões em *m* e as camadas do filtro.

**Tabela 3. 1** - Dados do biofiltro de areia em PVC - DN 110

Elementos do filtro	Diâmetro (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Altura (cm)	Volume (L)
Reservatório	16,00	201,06	5	1,01
Areia fina	11,00	95,03	60	5,70
Brita de separação	11,00	95,03	5	0,48
Brita de drenagem	11,00	95,03	5	0,48

Fonte: Autores



**Figura 3. 1** - Corte do filtro de PVC DN 110  
**Fonte:** Autores

Tendo como base a vazão recomendada pela CAWST fez-se através da comparação das áreas a vazão prevista para tubulação PVC de diâmetro 110 mm.

Demonstração do cálculo da vazão do filtro de DN110:

Dados:

$$A_{(CAWST)} = 625 \text{ cm}^2$$

$$A_{DN110} = 95,03 \text{ cm}^2$$

$$\dot{V}_{(CAWST)} = 400 \text{ ml/min}$$

$$\dot{V}_{DN110} = ?$$

Resolução:

$$\begin{array}{r} 625 \text{ cm}^2 \text{ ————— } 400 \text{ ml/min} \\ 95,03 \text{ cm}^2 \text{ ————— } x \\ X = 60,82 \text{ ml/min} \\ \dot{V}_{DN110} = 60,82 \text{ ml/min} \end{array}$$

Onde:

$A_{(CAWST)}$  – Área transversal da CAWST

$A_{DN110}$  – Área do filtro em PVC de DN110

$\dot{V}_{(CAWST)}$  – Vazão do filtro da CAWST

$\dot{V}_{DN110}$  – Vazão do filtro em PVC de DN110

### Procedimento construtivo

O filtro foi construído com um tubo PVC de diâmetro 110mm. Posicionou-se verticalmente uma secção de 1m de altura do tubo PVC de DN110, mediu-se cerca de 20cm na parte superior do tubo e fez-se um furo com auxílio de um berbequim, para fazer passar o tubo de saída da água. Fez-se a marcação dos pontos das camadas granulares e camada permanente de água; 5 cm da camada de cascalho grosso, 5 cm de camada de cascalho fino, 60 cm de camada de areia fina e 5 cm de camada permanente de água.

O colector de água foi feito basicamente com adaptador tipo T e juntou-se no adaptador duas secções de PVC 1/2", para otimizar a colecta de água. Colou-se as duas secções de 3cm de tubo de diâmetro de 1/2" no adaptador T.

Utilizou-se uma união redução 160 × 110 que serve como reservatório e ligou-se na secção de 1m. A figura 3.2. mostra a estrutura do filtro finalizada.



**Figura 3. 2** - Estrutura do filtro de DN110  
**Fonte:** Autores

Depois de montar-se o filtro, introduziu-se os materiais granulares (areia fina, e britas) dentro do filtro. A areia fina utilizada foi obtida na zona de Nhamitanda, e extraiu-se nas margens do rio Mussatué. O objectivo é propor uma técnica de tratamento de água, entretanto a técnica deve adequar-se as condições de vida da população, e os materiais devem ser de fácil acesso, por essas razões achou-se por bem utilizar areia proveniente desta zona com vista a reduzir os gastos para construção da técnica e adequar as condições de vida das famílias.

Todos materiais foram lavados e separados bem com objectivo de retirar substratos (argila, barro, material orgânico) presentes na areia para garantir areia não contaminada. Com muito cuidado foi-se colocando os materiais granulares dentro do filtro, 5cm camada de drenagem, 5cm camada de separação e 60 cm de camada de areia fina. De seguida encaixou-se a união de redução

na secção de 1m de tubo de PVC de 110mm que serve do corpo do filtro, colocou-se o difusor dentro da união e limpou-se todo filtro e a concepção do filtro foi realizada.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Resultados do inquérito

Desenvolveu-se um levantamento através de aplicação do inquérito em 20 residências localizadas na zona de Nhamitanda distrito de Dondo, que acolhem um total de 125 pessoas. E as questões foram dirigidas aos representantes dos agregados familiares.

O questionário aplicado apresentava questões claras e objectivas, eram no total 9 questões elaboradas de formas semiabertas e fechadas com intuito de caracterizar a área em estudo quanto ao nível de escolaridade das famílias, actividades principais que as famílias praticam, a fonte de água que as famílias usam, se os moradores empregam algum tratamento antes do consumo, as condições que usam para o seu armazenamento individual e as possíveis doenças que mais assolam pela ingestão da água disponível.

Em Nhamitanda o agregado familiar em média é composta por 6. E o nível de escolaridade máximo é de ensino primário completo (7<sup>a</sup> classe).

A actividade principal das famílias de Nhamitanda é agricultura e a fonte de água para o consumo da população é o rio Mussatué.

Como resultado final do inquérito feito na zona de Nhamitanda, nota-se que o nível socioeconómico dos moradores locais é baixo. Os moradores praticam agricultura para subsistência. A principal fonte de água para o consumo e outras actividades é rio, e o risco de contaminação é alto, pois a água é consumida sem nenhum tratamento prévio.

### Funcionamento do protótipo de biofiltro de areia em PVC

O protótipo de biofiltro de areia com diâmetro de 110mm deveria apresentar uma vazão de 60,82 ml/min, a tabela 4.1 mostra os valores das vazões dos dias avaliados. Durante o período de operação a vazão real foi aproximada a vazão prevista, com um pequeno desvio. O desvio da vazão ocorreu devido a retenção das partículas na superfície filtrante, pois ao longo do tempo os espaços entre os grãos de areia ficam obstruídos com sólidos suspensos, diminuindo assim a taxa de fluxo.

Fez-se os cálculos das vazões do protótipo em PVC de diâmetro 110mm a cada 5 dias. Para o primeiro dia o tempo necessário para escoamento de 1l foi de 14 min, portanto a vazão foi de 71,43 ml/min.

**Tabela 4. 1 - Vazão por dia do protótipo DN110**

Dias	Vazão (ml/min)
1	71, 43
6	69, 11
11	68, 98
16	68, 53
21	66, 87
26	66, 87
31	63, 35
36	61,33
41	60,17
46	51,56

Fonte: Autores

### Resultados de análises laboratoriais

Os resultados dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água bruta e tratada analisados encontram-se na tabela abaixo:

**Tabela 4. 2 - Características da água bruta (AB) e água tratada (AT)**

Análises das características Físicas						
Parâmetros	1ª Fase		2ª Fase		3ª Fase	
	AB	AT	AB	AT	AB	AT
Condutividade eléctrica ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	221	107	239	109	234	99
Turbidez (NTU)	16,5	2,45	31,9	3,17	20,17	2,20
Análises das características Químicas						
Parâmetros	1ª Fase		2ª Fase		3ª Fase	
	AB	AT	AB	AT	AB	AT
Crómio (mg/l)	0,04	0,02	0,15	0,04	0,19	0,03
Dureza total da água (mg/l)	32	30	40	28	30	24
Manganês (mg/l)	2,8	0,09	1,6	0,06	0,8	0,01
Molibdénio (mg/l)	0,20	0,04	0,79	0,03	0,22	0,01
Nitritos (mg/l)	0,016	0,009	0,011	0,006	0,140	0,025
Nitratos (mg/l)	1,5	0,12	2,1	0,8	1,6	0,2
pH	7,4	7,3	8,3	7,1	7,6	7,0
Sólidos totais dissolvidos (mg/l)	171	59	120	52	113	47
Análises das características Microbiológicas						
Parâmetros	1ª Fase		2ª Fase		3ª Fase	
	AB	AT	AB	AT	AB	AT
Coliformes totais	Presente	Ausente	Presente	Ausente	Presente	Ausente

Fonte: Autores

## Discussão dos resultados

Para a discussão dos resultados obtidos em laboratório, utilizou-se as exigências recomendadas pela Legislação Moçambicana e OMS em relação ao Regulamento sobre a qualidade da água para o consumo. De seguida apresenta-se a tabela 4.3 que traz a comparação das análises laboratoriais:

**Tabela 4.3** - Tabela comparativa das análises laboratoriais

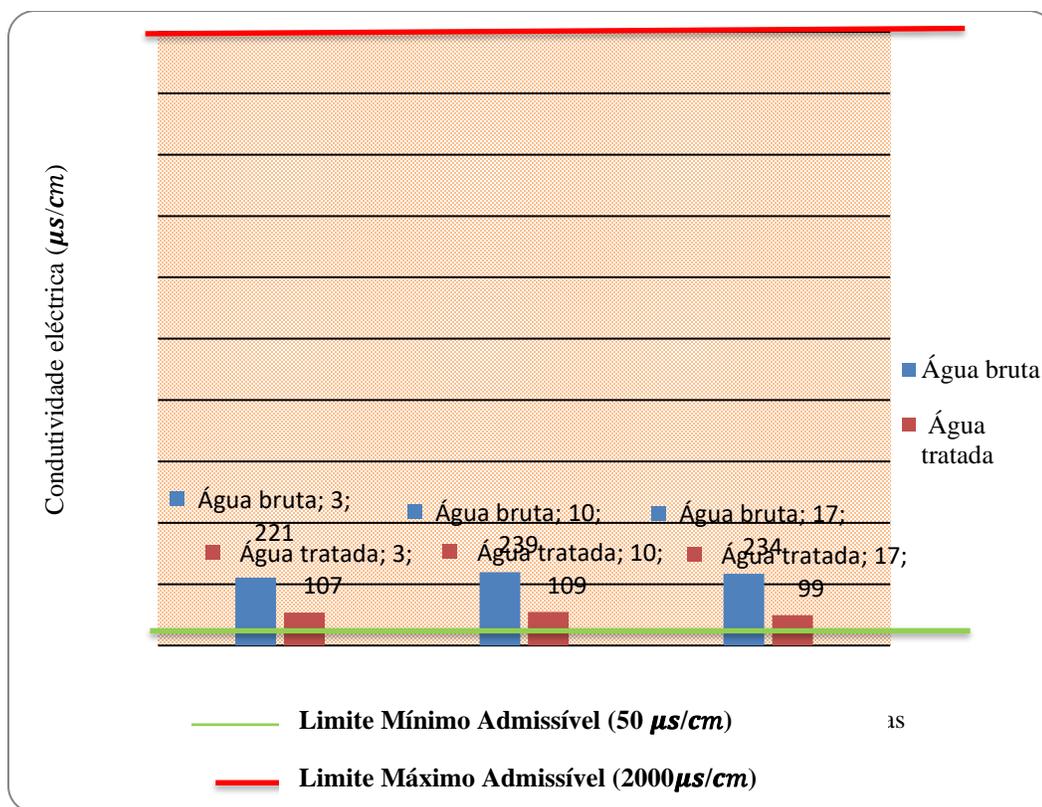
Análises das características Físicas		
Parâmetros	Água bruta	Água tratada
	$\bar{X}$	$\bar{X}$
Condutividade eléctrica ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	231	105
Turbidez (NTU)	22,86	2,67
Análises das características Químicas		
Parâmetros	Água bruta	Água tratada
	$\bar{X}$	$\bar{X}$
Crómio	0,38	0,03
Dureza total da água (mg/l)	34	27
Manganês (mg/l)	1,73	0,05
Molibdénio (mg/l)	0,40	0,03
Nitritos (mg/l)	0,06	0,013
Nitratos (mg/l)	1,7	0,37
pH	7,8	7,1
Sólidos totais dissolvidos (mg/l)	135	53

Fonte: Autores

### ➤ Condutividade eléctrica

Ao analisar os resultados referentes à condutividade eléctrica na entrada e saída do filtro, observa-se que o valor da média para a bruta é de  $231\mu\text{s}/\text{cm}$  e para água tratada é de  $105\mu\text{s}/\text{cm}$ , portanto, os valores encontram-se dentro do limite estabelecido pela Legislação Moçambicana para o consumo humano, que é de  $50 - 2000\mu\text{s}/\text{cm}$ . Apesar dos valores médios estarem dentro do limite recomendado, nota-se que o valor médio da água bruta é maior em relação a água tratada, contudo a técnica de biofiltro de areia demonstrou uma redução significativa da condutividade eléctrica.

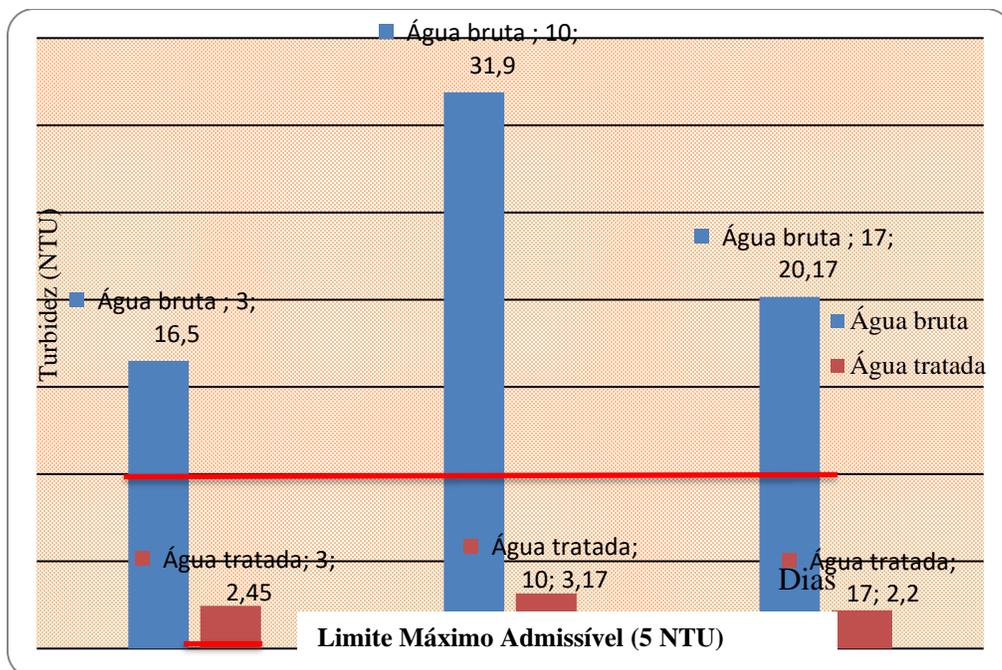
A OMS, não refere um valor padrão para este parâmetro, dando conta, no entanto, da sua importância da sua determinação.



**Gráfico 4. 1-**Valores de condutividade eléctrica na entrada e na saída do biofiltro de areia no Mês de Junho de 2019  
 Fonte: Autores

➤ **Turbidez**

O gráfico 4.2 ilustra a variação da turbidez no mês de Junho de 2019, pode-se observar que houve uma redução significativa da turbidez durante o período de operação do filtro. Constatou-se que o valor da média da água bruta encontra-se fora do valor recomendado pela Legislação Moçambicana e OMS. E para água tratada o valor médio dessa variável ficou dentro do padrão estabelecido pela Legislação Moçambicana e OMS que é de 5NTU. Portanto, pode-se aferir que o valor da média da turbidez atingiu valores satisfatórios.

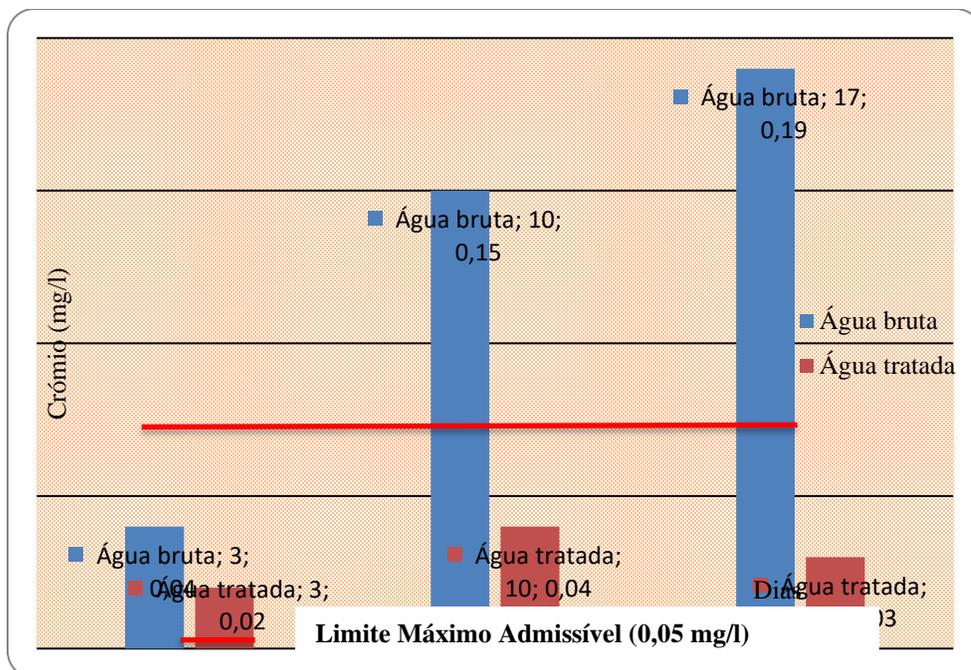


**Gráfico 4.2** - Valores da Turbidez na entrada e saída do biofiltro de areia no mês de Junho de 2019  
**Fonte:** Autores

Na experiência realizada por Freitas (2017), analisou-se a variação da turbidez de biofiltro intermitente. Ao longo dos dias de operação, a média dessa variável foi de 3,76 NTU, ficando próximo do valor encontrado para este trabalho.

### ➤ Crómio

O crómio é um metal acinzentado muito resistente a corrosão. A forma metálica não é encontrada livremente na natureza, mas obtida após o processamento industriais do minério de crómio (KLAASSEN, 2013). O limite máximo admissível pela Legislação Moçambicana e pela OMS é 0,05 mg/l. O valor médio de crómio da água bruta foi 0,3 mg/l, muito além do limite recomendado pela Legislação Moçambicana bem como pelas normas internacionais, mas após a água passar pelo biofiltro proposto, o valor médio foi de 0,03 mg/l e este encontra-se dentro do limite recomendado pela Legislação Moçambicana e normas internacionais, mostrando a eficiência da tecnologia na remoção desta variável.

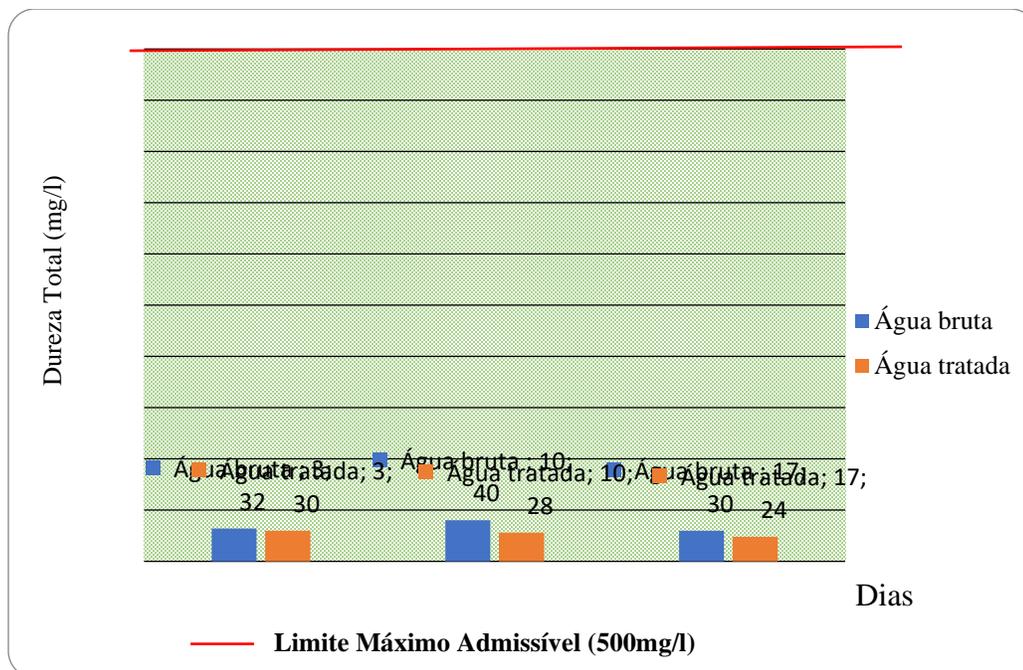


**Gráfico 4. 3** - Valores de Crómio na entrada e na saída do biofiltro de areia no Mês de Junho de 2019  
**Fonte:** Autores

➤ **Dureza total da água**

Para a dureza total da água o valor da média da água bruta é de 34 mg/l e água tratada é de 27mg/l conforme evidenciado na tabela 4.3, os valores que se encontram no intervalo 0 – 70 mg/l são classificadas como leves, entretanto os valores encontram-se dentro do limite estabelecido pela Legislação Moçambicana e OMS para o consumo humano que é de 500mg/l. Mesmo estando dentro do limite recomendado ouvi uma diminuição da dureza na saída do filtro, pois, antes do tratamento a água tinha um valor maior e este reduziu depois do tratamento.

Para o efeito de ilustração, apresenta-se o gráfico abaixo:



**Gráfico 4.** Valores de Dureza Total na entrada e na saída do biofiltro de areia no Mês de Junho de 2019  
**Fonte:** Autores

#### ➤ Análises microbiológicas

Os principais indicadores de contaminação fecal são as concentrações de coliformes totais e fecais, expressas em número de organismos por 100ml de água. A presença deles na água não representa por si só um perigo à saúde, mas indica a possível presença de outros organismos causadores de problemas à saúde (AMARAL *et al.*, 2005, p. 43).

Realizou-se ensaios microbiológicos no laboratório de microbiologia da FIPAG. O teste microbiológico realizado foi de Coliformes totais, devido a ausência de condições para realização de análises como Coliformes fecais e *Escherichia Coli*. Usou-se o método de Petri Film para realização de análises.

Conforme evidencia a Legislação Moçambicana (2004, p.373) e OMS (WHO, 2011, p.149), a água tratada destinada ao consumo humano não deve se constatar a presença de coliformes totais, coliformes fecais e *Escherichia Coli* em cada 100ml de amostras analisadas. A tabela 4.2 demonstra os resultados obtidos no laboratório para os coliformes totais. Observa-se que existe uma eficiência na remoção dos coliformes totais, portanto a camada biológica actuou de uma forma satisfatória. No 28º dia de operação do filtro, iniciou-se a realização das análises laboratoriais, não foram feitas nos primeiros dias de operação por falta de laboratórios para efectuar as análises. Concluindo-se que este período, foi o período de maior maturidade, isto é, o período que a camada biológica desenvolveu completamente.

Analisando os resultados das análises feitas em laboratórios, conclui-se que todos os parâmetros atingiram valores satisfatórios segundo o padrão de potabilidade para água destinada ao consumo humano com tratamento. A técnica de biofiltro de areia demonstrou eficiência na remoção das variáveis analisadas, actuando de uma forma satisfatória para todas análises.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Depois dos estudos realizados pode-se elaborar as seguintes conclusões:

- Os resultados das características físico-químicas para os parâmetros: condutividade eléctrica, sólidos totais dissolvidos, dureza total, nitrato, nitrito e pH da água bruta estiveram dentro dos limites recomendados pela Legislação Moçambicana, e para os parâmetros: turvação, manganês, crómio e molibdénio estiveram acima dos limites recomendados pela Legislação Moçambicana. E os resultados das características microbiológicas da água bruta mostram que há presença de coliformes totais, portanto, esta água não pode ser consumida sem uso alternativo de tratamento, pois se se consumir assim pode trazer varias doenças de veiculação hídrica. Concluindo-se que água do consumo da zona de Nhamitanda é inapropriada sem tratamento.
- O biofiltro de areia foi construído com tubo de PVC de diâmetro 110 mm, materiais facilmente encontrados nos mercados locais e baratos. Os materiais granulares usados foram areia fina, cascalho fino e cascalho grosso.
- Com relação aos parâmetros analisados ao longo do estudo, verificou-se que o biofiltro de areia apresentou valores satisfatórios de acordo com a Legislação Moçambicana e OMS. Os resultados microbiológicos apontam uma eficiência na remoção de coliformes totais. A remoção verificou-se a partir do 28º dia de operação do filtro, pois foi a partir deste dia de operação que iniciou-se a realização de análises laboratoriais,concluindo-se que foi o período de maior maturidade.
- Porém conclui-se que o biofiltro de areia como solução para o tratamento é uma solução indicada, sob condição do uso de desinfectante nos primeiros dias de operação para garantir a segurança dos usuários, uma vez que não foram feitas análises neste período, e não garante-se a completa remoção dos contaminantes presentes na água.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AMARAL, L. A; Júnior. O. D. R; FILHO, A. N; SOUZA, M. C. I. de; ISA, H., (2005). **Água utilizada em suinocultura como factor de risco à saúde humana e animal**. Arquivos Veterinária, Jaboticabal, SP, v. 21.

BERBERT, A.C., (2016).**Uso da Dinâmica dos Fluidos Computacional como Auxiliar na Avaliação das Configurações de Saída em Filtro de Bioareia em operação Intermitente ou Contínua**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade estadual de Maringá.

BRAGA, F. P., (2014). **Estação de tratamento de água do município de juiz de Fora – MG**. Monografia (licenciatura em Engenharia Sanitária e Ambiental) –Universidade federal de juiz de foraJuiz de Fora.

CENTRE FOR AFFORDABLE WATER AND SANITATION – CAWST, (2012). **Biosand Filter Construction Manual**, Calgary: Canada. Disponível em <[www.cawst.org](http://www.cawst.org)> Acesso em: 15 de Janeiro de 2019.

DIEGO, L.A., (2010). **Sistema de potabilização da água**. Monografia (Licenciatura em Engenharia Mecânica) – Universidade Eduardo Mondlane.

Diploma Ministerial n° 180/ 2004 de 15 de Setembro. **Boletim da República n° 37/ 04- I Série.** Conselho de Ministro de Moçambique.

FREITAS, B. L. S., (2017).**Filtros lentos em escala domiciliar como alternativa de tratamento de águas com riscos microbiológicos em comunidades isoladas.**Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) – Universidade de São Paulo.

FUNASA, (2014).**Manual de Controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS.** 1ª ed., Ministério de saúde, fundação Nacional de saúde. – Brasília.

KLAASSEN, C.D., (2013).**Metais: Gerenciamento da toxicidade.**8ª ed., São Paulo: Atheneu. Resolução da Assembleia Geral da ONU. Resolução A/RES/64/292. Disponível em <[www.un.org/ga/search/view\\_doc.asp?symbol=A/RES/64/292](http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/64/292)> Acesso em: 06 de Março de 2019.

SHIGEOKA, C. Y., (2016).**Filtração em escala Domiciliar operada em fluxo contínuo como alternativa de tratamento de água em fluxo contínuo como Alternativa de tratamento de água para comunidades isoladas do Brasil.** Monografia (licenciatura em Engenharia Ambiental) – Universidade de São Paulo, São Carlos/SP.

World Health Organization – WHO, (2011). **Guidelines for drinking-water quality.** 4ªed. Geneva.

World Health Organization (WHO), United Nations Children’s Fund (UNICEF), 2017.**Progress on drinking water, sanitation and hygiene: 2017 update and sdg baselines.** Genebra: Anna Grojec.