

I-081 - COMPARAÇÃO DE FILTROS COM DIFERENTES TIPOS DE ESPESSURAS E DE DIFERENTES MATERIAIS FILTRANTESS COMO OS UTILIZADOS NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE FORMIGA-MG

Juliano Oliveira da Costa⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental e Sanitário pelo Unifor-MG. Pós graduando em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade de Itaúna.

Alex Almeida Magalhães⁽²⁾

Bacharel em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (1996). Mestre em Química pela Universidade Estadual de Campinas (1999). Doutor em Química Analítica pela Universidade Estadual de Campinas (2003). Professor do Centro Universitário de Formiga - UNIFOR - MG.

Christiane Pereira Rocha⁽³⁾

Engenheira Química pelo Centro Universitário do sul de Minas (UNIS-MG). Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de Uberlândia – FEQUI-UFU. Doutoranda em Engenharia Química pela Universidade Federal de Uberlândia (FEQUI-UFU). Professora no Centro Universitário de Formiga (Unifor-MG).

Endereço⁽¹⁾: Rua Fidelis Marinho da Costa, 414 – Bairro Santa Luzia – Formiga – MG – CEP: 35570-000 – Brasil – Tel: (37) 3322-6890 – e-mail: juliano09costa@hotmail.com

RESUMO

A filtração é uma operação unitária que consiste na separação de uma fase sólida de uma fase fluída (líquida ou gasosa), passando esta última através de um meio permeável e poroso. Ao meio poroso e permeável dá-se o nome de filtro, este retém o resíduo sólido. O fluido que passa através do filtro designa-se filtrado. Neste trabalho avaliou-se a etapa de filtração no processo de tratamento de água para abastecimento público. Para isto, foi utilizado um sistema de filtração piloto composto por seis filtros rápidos por gravidade sendo que três filtros são compostos por areia e os outros três compostos por areia e antracito. As águas filtradas foram analisadas antes e depois da filtração para os parâmetros: turbidez, cor, pH e coliformes totais. Os coliformes totais foram analisados somente com a vazão de 1 l/min. e com a água decantada de baixa turbidez. Os filtros foram alimentados com água decantada da Estação de Tratamento de água de Formiga, e operados com taxa de filtração de 5, 4, 3 e 1 l/min., a concepção dos filtros variou em termos de material filtrante (areia e antracito), diâmetro dos grãos e de água decantada com alta turbidez e baixa turbidez. Os filtros compostos de areia, apresentaram um pior resultado em relação aos filtros compostos por areia e antracito, sendo que o filtro de areia com a vazão de 1 l/min. foi o que obteve melhor remoção da cor, turbidez e coliformes totais, com o pH permanecendo próximo de 7,00 NTU. O filtro que teve melhor resultado, para os filtros compostos apenas de areia, foi o filtro número três, e nos filtros de antracito (carvão ativado) foi o filtro número seis, ambos com uma vazão de 1 l/min. As águas filtradas apresentaram uma remoção significativa em relação aos coliformes totais, porém ainda ficaram acima do limite máximo estabelecido pela portaria 518 onde diz que a água para consumo humano tem que ser desprovida de coliformes totais, por isso, mesmo com o processo de filtração a água filtrada precisa passar pelo processo de desinfecção, para que a água esteja apta a ser consumida pela população.

PALAVRAS-CHAVE: Filtração, Turbidez, Cor, Ph, Coliformes totais.

INTRODUÇÃO

A água é o elemento fundamental da vida. Seus usos múltiplos são indispensáveis à maior parte das atividades humanas, como, abastecimento público e industrial, irrigação agrícola, produção de energia elétrica, lazer e preservação da vida aquática.

O aumento exagerado da população tem causado diversas alterações, sendo as principais: contaminação por poluentes, esgoto domésticos e industriais, lixos, dejetos químicos, industriais e de mineração, falta de controle da quantidade e qualidade da água e os problemas relacionados à poluição dos mananciais. A escassez e o uso inadequado dos recursos hídricos representam um grande risco ao desenvolvimento sustentável, à proteção do

meio ambiente, à saúde coletiva e à vida no planeta. A água pode ser um elemento natural benéfico ao homem ou um veículo pelo qual microrganismos causadores de doenças ou substâncias tóxicas podem ser disseminados.

Água potável pode ser obtida de uma fonte natural, desde que não haja nenhum tipo de contaminação em sua nascente ou percurso, e também pelo processo de tratamento físico-químico. Nas cidades, o processo de tratamento é realizado nas ETAs (Estações de Tratamento de Água). Dependendo da qualidade original da água, um ou mais processos de tratamento são aplicados. Entre os principais processos de tratamento de água, pode-se citar, coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção.

Segundo (Di Bernardi, 1993), podem ocorrer alterações diretas na qualidade da água como o aumento de matéria orgânica e matéria dissolvida, o aumento de pH e a diminuição do teor de oxigênio próximo ao sedimento. Isso leva a efeitos negativos no tratamento como o aumento de coagulante e alcalinizante para ajuste do pH de coagulação, a formação de flocos leves necessitando o uso de polímeros como auxiliar de coagulação para evitar a flotação dos mesmos, a diminuição da eficiência de remoção de flocos por sedimentação gravitacional levando ao aumento da turbidez e do número de partículas na água decantada, a obstrução do meio filtrante, a redução da carreira de filtração e aumento do consumo de água para lavagem, dentre outros.

A filtração passou a ser difundida no decorrer do século XVIII estabelecendo-se como meio eficaz de remoção de partícula da água, embora o grau de clarificação não fosse mensurável naquela época. A filtração é o processo que remove as impurezas presentes na água bruta (filtração lenta) ou na água decantada (filtração rápida) pela passagem da água em um meio granular poroso. Com base no exposto, o principal objetivo desse trabalho foi avaliar e comparar os tipos de filtros utilizados no sistema público de tratamento de água de Formiga – MG, com sistemas de filtração piloto compostos por filtros rápidos com diferentes composições.

MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa foi direcionada para elaboração de filtros de tratamento de água com vários tipos de materiais filtrantes, além de diferentes espessuras das camadas para se estabelecer quais materiais e espessuras dos mesmos apresentam melhor qualidade na remoção de partículas.

A cidade de Formiga fica localizada no Centro Oeste de Minas Gerais a 194 km da capital, possui uma área de 1503,8 km² com uma população de 65.859 habitantes. O SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto) de Formiga – MG, fica situado na rua Antonio José Barbosa nº723 no bairro Santa Luzia. Numa posição estratégica, para uma melhor chegada da água uma vez que ela segue por gravidade, devido ser um ponto mais elevado da cidade proporcionando uma melhor distribuição da água.

PARÂMETROS ANALISADOS

A presença de substâncias dissolvidas ou em suspensão altera a cor da água, dependendo da qualidade e da natureza do material presente. Normalmente, a cor na água é devida a ácidos húmicos e tanino, originados de decomposição de vegetais e assim, não representa risco algum à saúde, portanto, sua presença na água pode fazer o consumidor procurar fontes de água de aspecto mais agradável (RICHTER; AZEVEDO NETTO, 1991). A cor foi obtida em Unidade Internacional de Hanzen (uH), que é o mesmo que 1mgPt-Co/L (concentração de platina e cobalto da água), e foi medida em um aparelho multiparametro da marca Hanna modelo HI83200 Ion Specific Meter.

A turbidez é a alteração da penetração da luz pelas partículas em suspensão, que provocam sua difusão e absorção (MACÊDO, 2007). O aparelho utilizado para medir a turbidez foi um turbidímetro da marca fast tracker que foi previamente calibrado.

O pH é usado para expressar a intensidade de uma condição ácida ou alcalina de uma solução. No abastecimento de água o pH intervém na coagulação química, controle de corrosão abrandamento e desinfecção, nos sistema de abastecimento de água, o pH geralmente está entre 6,5 e 9,5 (SILVA, 2001), A análise do pH foi feita no pHmetro da marca Denver.

As bactérias do grupo coliforme são consideradas os principais indicadores de contaminação fecal. O grupo coliforme é formado por um numero de bactérias que inclui os gêneros *Klebsiella*, *Escherichia*, *Serratia*, *Erwenia* e *Enterobactéria*. A determinação da concentração dos coliformes é de grande importância como parâmetro indicador de microrganismos patogênicos, que são responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica como febre tifóide, cólera, entre outras (MACÊDO, 2007). Para determinar Coliformes Totais utilizou-se o método dos tubos múltiplos que determina a presença e ausência em meio de cultura. Em cinco tubos de ensaio colocou-se 10 ml do caldo lactosado de concentração dupla, e nos outros dez tubos 10 ml de caldo lactosado de concentração simples pipetou-se 10 ml nos tubos de concentração dupla, 1 ml em cinco tubos de concentração simples e 0,1ml nos demais.

COMPARAÇÃO

Foi feito uma comparação entre os filtros montados neste trabalho e os filtros do SAAE para se saber qual filtro obteve melhor remoção de turbidez, cor, coliforme totais e se o pH permaneceu próximo de 7, e estabelecer qual filtro seria melhor para o tratamento de água.

MATERIAIS FILTRANTES

Para a realização desta pesquisa utilizou-se uma água já decantada pelo SAAE, e um tubo de vidro de 150 mm e com 50 cm de altura, para a realização do filtro, sendo adaptado a ele um cano para se retirar a água filtrada e um registro para regular a vazão, o material filtrante usado foi composto de areia, seixos e antracito de diferentes granulometrias, conforme indicado na TAB. 1, Sendo que: A1 - AREIA: 1; A2 - AREIA: 2; S1- SEIXOS 1; S2- SEIXOS; S3 - SEIXOS; S4 - SEIXOS 4; S5 - SEIXOS 5; S6 - SEIXOS 6.

Tabela 1: Granulométrias dos materiais filtrantes utilizados.

Nome	Granulometrias (mm)
S1	50,00 a 31,40
S2	25,40 a 19,00
S3	19,00 a 12,70
S4	12,70 a 7,90
S5	7,90 a 6,40
S6	6,40 a 3,20
A1	3,20 a 1,41
A2	1,00 a 0,80
Antracito	0,90 a 1,00

MONTAGEM DOS FILTROS

Os filtros foram feitos apresentando uma espessura de 10 cm de cada um dos materiais filtrantes utilizados. Cada filtro foi composto por 4 ou 5 tipos de materiais filtrantes e um outro filtro composto de 9 tipos de materiais filtrantes com uma espessura de 5 cm de cada material.

O primeiro filtro é considerado ter uma taxa de filtração alta, pelo fato de ser feito com granulometrias grosseiras (seixos). O meio filtrante foi composto de 4 camadas, de 10 cm cada uma, com a granulometria decrescendo no sentido do escoamento, dos seixos: S2, S3, S4, conforme mostrado na FIG. 1(a). Este filtro é considerado como um filtro de pouca remoção de turbidez.

O Filtro 2 é considerado um filtro com uma taxa de filtração Média, pois suas camadas de filtração apresentam materiais médios e uma camada de areia. O material granular foi disposto em camadas de 10 cm cada, com os materiais filtrantes S2, S4, S6 e A1, sendo que as granulometrias são decrescentes no sentido do escoamento da água, conforme mostrado na FIG. 1 (b).

O Filtro 3 foi composto também por quatro camadas de 10 cm cada de materiais filtrantes, sendo eles: S6, S5, A1 e A2. É considerado um filtro com uma taxa de filtração baixa, devido sua composição granulométrica

possuir duas camadas de areia sendo uma muito fina e outra nem tanto, decrescendo também no sentido do escoamento, conforme mostrado na FIG. 1 (c).

Já o Filtro 4 foi composto por cinco camadas de materiais filtrantes, na seguinte ordem: S2 – 10 cm, S3 – 10 cm, S4 – 10 cm, Antracito – 4 cm e S2 – 10 cm. Tal filtro pode ser considerado um filtro com uma taxa de filtração alta, devido a composição de seus materiais filtrantes e por conter ainda uma camada de carvão, com o material filtrante decrescendo no sentido do escoamento, conforme demonstrado na Fig. 1 (d).

O Filtro 5 (Fig. 1e) foi considerado um filtro com uma taxa de filtração média por conter em sua composição granulometrias médias. Tal filtro tem em sua composição os seguintes materiais filtrantes: S6 – 10 cm, S4 – 10 cm, S2 – 10 cm, Antracito – 4 cm e A1 – 10 cm.

Finalmente, o Filtro 6 foi composto pelos seguintes materiais filtrantes: S5 – 10 cm, S6 – 10 cm, A1 – 10 cm, Antracito – 4 cm e A2 – 10 cm. Pode ser considerado um filtro com uma taxa de filtração Baixa, devido sua composição conter duas camadas de areia, sendo uma mais fina e a outra nem tanto e uma de carvão, decrescendo também no sentido do escoamento, conforme apresentado na Fig. 1 (f).

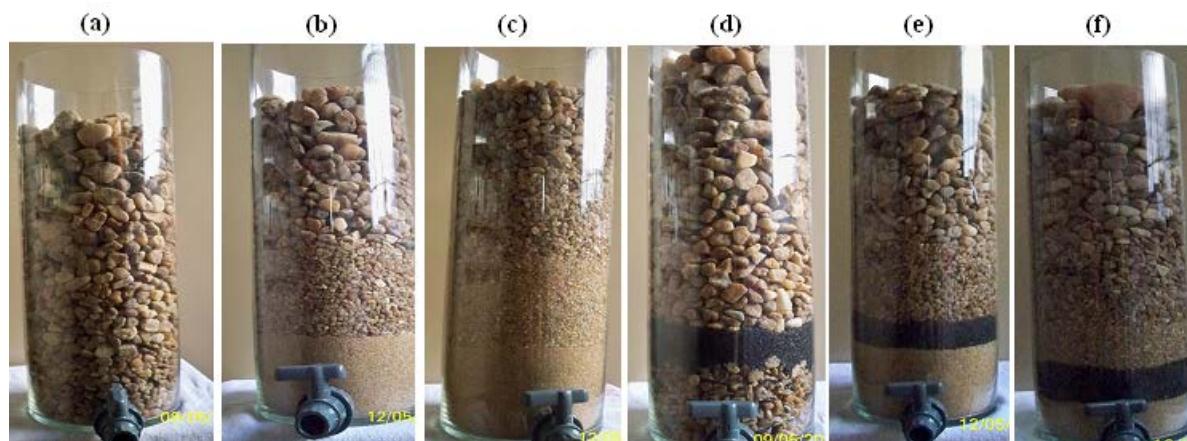


FIGURA 1: (a) Filtro de areia utilizando materiais grosseiros, (b) Filtro de areia utilizando materiais médios, (c) Filtro de areia utilizando materiais finos, (d) Filtro de areia e carvão utilizando materiais grosseiros, (e) Filtro de areia e carvão utilizando com materiais médios e (f) Filtro de areia e carvão utilizando materiais médios

VAZÕES UTILIZADAS

Foram utilizadas 4 tipos de vazões para cada filtro montado e apresentando uma turbidez diferente em cada vazão e em cada filtro, as vazões utilizadas foram as seguintes: 1 l/min.; 3 l/min.; 4 l/min.; 5 l/min.

Estas vazões foram testadas em todos os filtros e as águas testadas apresentaram turbidez alta e baixa. Algumas vazões foram melhores em remoção de turbidez, cor e coliformes totais, sendo que as vazões de 1 l/min. apresentando um melhor resultado que as vazões de 3 l/min. e de 4 l/min. e a vazão de 5 l/min.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos resultado dos 6 filtros, com turbidez alta e baixa da água de entrada, gerou-se gráficos para apresentar os resultados obtidos de turbidez, cor, pH e coliformes totais da água tratada, sendo que a análise de coliformes foi feita somente para o melhor resultado de cada filtro, no caso a vazão de 1l/min. se apresentou boa com turbidez alta e baixa.

FILTRO 1

Nas análises realizadas neste trabalho, foram testadas uma água com a turbidez baixa (TAB. 8) e alta (TAB. 9) apresentando resultados diferentes que foram representados em gráficos. Como é possível perceber houve

diferença das amostras em relação a granulometria dos materiais filtrantes, montagem dos filtros e diferentes vazões sendo alguns compostos também por finas camadas de antracito. Para todos os casos, a vazão de 5 l/min. apresentou uma taxa de turbidez elevada em relação as outras vazões, este fato pode ser explicado devido a vazão ser alta afetando assim a sua eficiência. Nas outras amostras, como a vazão de 1 l/min. os filtros apresentaram uma taxa de turbidez menor que as demais.

Tabela 8: Síntese dos valores obtidos para baixa turbidez.

Filtros	Média da turbidez baixa antes da filtração(NTU)	Média da turbidez baixa após filtração (NTU)	Classificação de acordo com a Portaria 518 (NTU)
1	8,13	5,89	> 1
2	8,87	3,52	> 1
3	8,29	2,48	> 1
4	8,30	4,00	> 1
5	7,81	2,30	> 1
6	8,94	0,62	< 1

Tabela 9: Síntese dos valores obtidos para alta turbidez.

Filtros	Média da turbidez alta antes da filtração (NTU)	Média da turbidez alta após filtração (NTU)	Classificação de acordo com a Portaria 518 (NTU)
1	15,29	7,37	> 1
2	15,28	3,75	> 1
3	17,07	2,56	> 1
4	15,88	4,84	> 1
5	15,03	2,32	> 1
6	14,07	0,65	< 1

O filtro 1 composto somente por seixos apresentou uma turbidez mais elevada que os demais filtros. A turbidez na vazão de 5l/min. se apresentou muito elevada (7,55 NTU) em relação as demais vazões (3,25 NTU – 1l/min; 6,01 NTU – 3 l/min; 6,75 NTU – 4 l/min), ficando claro que a vazão prejudicou a eficiência do filtro.

Este filtro foi testado também com uma taxa de turbidez elevada apresentando pouca redução na turbidez na amostra de 5 l/min. que teve vazão de entrada de 15,36 NTU de turbidez e de saída de 9,36 NTU. A utilização do filtro foi descartada com relação a turbidez porque nenhuma vazão atingiu o parâmetro exigido na Portaria 518 do Ministério da Saúde, que é de 1NTU.

Os valores obtidos para cor, na água de saída foram de 3 uH, 35 uH, 43 uH e 45 uH, para as vazões de 1 l/min, 3 l/min, 4 l/min e 5 l/min, respectivamente, para água com turbidez baixa. Já com a turbidez elevada a cor obteve mudanças apresentando-se mais elevada, em comparação à filtração de baixa turbidez, obtendo os valores de 59 uH, 65 uH, 70 uH e 80 uH, para as vazões de 1 l/min, 3 l/min, 4 l/min e 5 l/min, respectivamente. Percebe-se, que com o valor da água entrando no filtro com uma turbidez baixa o filtro apresentou uma melhor redução da cor, e água com a turbidez elevada apresentou uma cor elevada. Isso pode ser explicado devido ao fato do filtro conter materiais grosseiros como seixos. É importante salientar que a análise de cor é muito sensível podendo ter apresentado alteração devido a qualquer fator não identificado. Apesar de não apresentar risco direto à saúde a alteração obtida pode colocar em questionamento a confiabilidade do tratamento.

Tanto para a água com turbidez baixa, como para a água com turbidez elevada, em alguns filtros o pH de entrada, da água decantada, se mostrou um pouco menor que o pH de saída isso ocorre devido a matéria orgânica presente na água, pois ela causa uma queda no pH. E com a água filtrada o pH teve um aumento, isso ocorre devido aos íons de carga positiva, como é o caso do H+ que fica retido no filtro e isso altera o pH para valores maiores. Observa-se também que as amostras analisadas obtiveram uma mudança no pH porém nos dois casos manteve-se entre 6,75 e 7,10, ficando dentro do permitido pela portaria, que é entre 6,0 e 9,5.

Foram feitas também análises de coliformes totais de entrada da água decantada e de saída com a vazão de 1 /min. pois foi a vazão que apresentou melhor resultado, obtendo uma redução de 2 NMP (Número mais provável), para 1 NMP para a diluição de 0,1 ml. Observa-se portanto que apesar deste filtro não ter

apresentado resultados significativos para redução de turbidez cor e pH ele apresentou uma pequena redução no que se refere a coliformes totais.

FILTRO 2

O filtro 2 é composto por seixos médios e uma camada de areia, e apresentou uma eficiência melhor que o filtro 1, em todas as vazões analisadas para água com baixa turbidez sendo que a vazão de 5 l/min. apresentou pouca redução de Turbidez, indo de 9,23 (NTU) para 5,10 (NTU), já a vazão de 1 l/min. apresentou uma redução significativa em relação as demais, passando de 8,42 NTU para 1,30 NTU. O filtro foi testado também com uma taxa de turbidez de entrada elevada e não apresentou resultados significativos nem com turbidez elevada e nem baixa, sendo o melhor resultado apresentado para a vazão de 1 l/min, indo de 15,59 (NTU), para 1,31 (NTU). Descartou-se, portanto, o uso deste filtro devido ao fato de não ter atendido a Portaria 518 do ministério da saúde para o parâmetro turbidez.

Em relação à cor o filtro 2 apresentou uma redução melhor que o filtro anterior para uma água de entrada com baixa turbidez, indo de 50 uH para 1 uH, 52 uH para 4 uH, 55 uH para 13 uH e de 57 uH para 13 uH, para os filtros com vazões de 1 l/min, 3 l/min, 4 l/min e 5 l/min, respectivamente. Já para a água com turbidez alta, para água de entrada, ele apresentou um bom resultado em relação a cor, apresnetando as seguintes reduções na Cor: de 123 uH para 0 uH, 130 uH para 5 uH, 120 uH para 13 uH e de 119 uH para 25 uH, para os filtros com vazões de 1 l/min, 3 l/min, 4 l/min e 5 l/min, respectivamente.

Com relação ao pH também apresentou alteração, tanto para água com turbidez elevada, como para água com turbidez baixa, ele também teve alterações, mantedo-se entre 6,70 e 7,20, portanto, ficando dentro do permitido pela portaria, que é entre 6,0 e 9,5.

Na análise feita de coliformes totais com a vazão de 1l/min. obteve-se redução significativa também para a diluição de 0,1 ml, indo de 2 NMP na água decantada para 0 NMP na água filtrada.

FILTRO 3

O filtro 3, composto por duas camadas de seixos, com granulometrias menores que os demais filtros de areia e com duas camadas de areia de granulometrias diferentes, apresentou uma filtração aceita pela Portaria 518 do ministério da saúde para uma vazão de 1 l/min, abaixando a Turbidez, para a água de entrada com turbidez baixa, de 8,22 NTU para 0,39 NTU, já para a vazão de 5 l/min. a água entrando com 8,40 (NTU) e saindo com 4,09 (NTU), ultrapassou o máximo aceito pela Portaria 518 do Ministério da Saúde que tem que ser menor que 1,00 (NTU).

Com a turbidez de entrada alta e com a vazão de 1 l/min. ele também ficou dentro do permitido pela Portaria 518, indo de 17,07 NTU para 0,40 NTU, já para a vazão de 5 l/min. houve um pequeno aumento em relação a água de baixa turbidez para o mesmo filtro, indo de 17,08 NTU para 4,25 NTU, devido provavelmente a turbidez estar mais elevada.

Em relação a cor obteve-se uma melhor redução que os filtros anteriores para a água com turbidez de entrada baixa, indo de 51 uH para 0 uH, 54 uH para 0 uH, 52 uH para 5 uH e de 51 uH para 12 uH, para os filtros com vazões de 1 l/min, 3 l/min, 4 l/min e 5 l/min, respectivamente. A cor para a água com turbidez elevada também apresentou um bom resultado, indo de 140 uH para 0 uH, 135 uH para 0 uH, 137 uH para 5 uH e de 129 uH para 13 uH, para os filtros com vazões de 1 l/min, 3 l/min, 4 l/min e 5 l/min, respectivamente.

O pH da água com baixa turbidez teve um aumento em todas as vazões, indo de 6,86 a 6,99 na água de saída, permanecendo ainda dentro do permitido pela Portaria 518. A água com turbidez elevada também obteve um aumento no pH, apresentando-se os valores de 6,98; 6,98; 6,97 e 6,95, para as vazões de 1 l/min, 3 l/min, 4 l/min e 5 l/min, respectivamente.

Com relação aos coliformes totais a água decantada de baixa turbidez também teve uma pequena alteração após a filtração, apenas para a diluição de 0,1 ml, indo de 2 NMP para 0 NMP. Para as demais diluições (10 ml e 1 ml), não houve redução de coliformes totais da água filtrada, permanecendo em 5 NMP e 4 NMP,

respectivamente. Com este resultado, após a filtração a água precisa passar pelo processo de desinfecção para que ela chegue a seu parâmetro de qualidade que pela Portaria 518 é de ausência em cada 100 ml de água.

FILTRO 4

Os filtros de camada de areia e antracito (carvão ativado) foram testados com os mesmos materiais filtrantes possuindo somente uma diferença, uma camada de 4 cm de carvão ativado, proporcionando uma diferença na taxa de filtração dos filtros, com isso, a turbidez para águas com alta e baixa turbidez, em relação a todos os filtros de areia anteriormente estudados diminuiu.

Este filtro compara-se ao filtro 1, porém com a camada de antracito. Para uma água com baixa turbidez, obteve-se uma redução na turbidez em relação ao filtro composto somente de areia que foi de 3,25 (NTU) e o filtro com a camada de antracito apresentou um resultado de 1,91 (NTU), o filtro foi testado com uma turbidez de 8,56 (NTU) e saindo com 1,91 (NTU), para a vazão de 1 l/min. Para as demais vazões estudadas, a menor vazão apresentada foi de 3,98 NTU na água filtrada, para a vazão de 3 l/min..

Já para os testes com água com turbidez elevada, nota-se que o mesmo proporcionou uma filtração um pouco mais elevada em consideração a turbidez baixa. A água entrou com uma turbidez de 15,90 (NTU) e saiu a 1,99 (NTU), com a vazão de 1 l/min., que foi a vazão na qual obteve-se melhor resultado. Para as demais vazões os valores da turbidez para a água de saída, foram de 4,99 NTU, 5,90 NTU e 6,48 NTU, para as vazões de 3 l/min, 4 l/min e 5 l/min, respectivamente.

Neste filtro a cor já apresentou um melhor resultado, para água com baixa turbidez, que o filtro composto somente por seixos, reduzindo-se de 60 uH para 0 uH, 49 uH para 29 uH, 50 uH para 35 uH e de 53 uH para 41 uH, para os filtros com vazões de 1 l/min, 3 l/min, 4 l/min e 5 l/min, respectivamente. Com a turbidez alta ele também apresentou uma taxa de remoção da cor significativa, reduzindo-se de 103 uH para 0 uH, 100 uH para 15 uH, 105 uH para 17 uH e de 109 uH para 19 uH, para os filtros com vazões de 1 l/min, 3 l/min, 4 l/min e 5 l/min,

O pH, para águas com baixa turbidez teve um comportamento diferente em relação ao pH analisado na entrada do filtro, aumentando de 6,73 para 6,8, de 6,8 manteve-se em 6,8, de 6,82 para 6,83 e de 6,85 para 6,89, para os filtros com vazões de 1 l/min, 3 l/min, 4 l/min e 5 l/min, respectivamente, mas se mantendo dentro do permitido pela Portaria 518 do Ministério da Saúde, que é entre 6,0 e 9,5. Com a turbidez elevada o pH se apresentou dentro do parâmetro permitido pela Portaria 518.

A análise de coliformes totais foi feita com uma turbidez baixa, para o quarto filtro, apresentou uma melhor redução, em relação ao filtro sem o antracito (carvão ativado), indo de 4 para 2 NMP para a diluição de 1 ml e de 2 para 0 NMP na diluição de 0,1 ml, mas ainda assim não apresentou redução na concentração de coliformes totais na diluição de 10 ml, permanecendo em 4 NMP. Como pode-se observar a camada de antracito proporcionou uma melhor redução em relação a coliformes totais, mas ainda precisa passar pela desinfecção pois ele não atingiu o recomendado pela Portaria 518 do Ministério da Saúde.

FILTRO 5

O filtro 5 é composto por três camadas de seixos médios e uma camada de antracito e uma de areia. O filtro apresentou uma eficiência melhor que o filtro 2 que é composto somente por seixos médios e uma camada de areia, para uma água de baixa turbidez em todas as vazões analisadas, sendo que a vazão 5 l/min. apresentou pouca redução na turbidez, indo de 7,89 (NTU) para 4,00 (NTU), já a vazão 1 l/min. apresentou uma redução significativa em relação aos demais filtros já analisados de camada de antracito, de 7,60 (NTU) para 0,89 (NTU). Na vazão 1 l/min para a turbidez alta ele também se apresentou abaixo do máximo aceito pela Portaria 518 do Ministério da saúde, permanecendo em 0,88 NTU para a vazão de 1 l/min. Já para as demais vazões os valores apresentados na água filtrada foram de 1,59 NTU, 2,81 Ntu e 4,01 NTU para as vazões de 3 l/min, 4 l/min e 5 l/min, respectivamente. Devido a camada de antracito fazer parte deste filtro pode-se observar que houve uma pequena diferença em relação a turbidez elevada e a turbidez baixa sendo que com a turbidez baixa ele apresentou um melhor resultado em relação a turbidez alta.

Para uma água com turbidez baixa, a cor apresentou uma melhor redução em todas as amostras em comparação ao filtro 2 de areia, indo de 43 para 0 uH, de 39 para 0 uH, de 77 para 5 uH e de 77 para 12 uH, para os filtros com vazões de 1 l/min, 3 l/min, 4 l/min e 5 l/min, respectivamente. A cor para uma água com a turbidez elevada também apresentou um bom resultado, indo de 121 para 0 uH, de 120 para 0 uH, de 125 para 6 uH e de 118 para 12 uH, para os filtros com vazões de 1 l/min, 3 l/min, 4 l/min e 5 l/min, respectivamente.

Tanto a água com turbidez baixa, quanto elevada, obteveram um aumento no pH, porém nos dois casos o pH da água manteve-se dentro do parâmetro permitido pela Portaria 518 do Ministério da Saúde.

A análise de coliformes totais apresentou uma redução em relação a água decantada de entrada e a água filtrada, para as diluições de 1 ml e 0,1 ml, indo de 4 para 2 NMP e de 2 para 0 NMP, respectivamente. Já para a diluição de 10 ml manteve-se em 4 NMP. Nota-se que ainda assim os valores obtidos encontram-se fora dos parâmetros exigidos pela Portaria 518 do Ministério da Saúde, que é de ausência em 100 ml de água.

FILTRO 6

O filtro 6 composto por duas camadas de seixos, com uma granulometria menor que os demais filtros de areia e antracito e ainda, composto por duas camadas de areia de granulometrias diferentes, sendo uma média e uma de areia fina, apresentou, para águas com baixa turbidez uma filtração aceita pela Portaria 518 do Ministério da Saúde em todas as vazões. Na vazão de 1 l/min. com turbidez baixa, a taxa de filtração foi reduzida de 8,42 (NTU) para 0,35 (NTU), e a vazão de 5 l/min. entrando com 9,52 (NTU) e saindo com 0,85 (NTU). Na vazão 1l/min com turbidez alta ele também apresentou um bom resultado diminuindo de 14,00 (NTU) para 0,36 (NTU) apresentando-se dentro do permitido pela Portaria 518 do Ministério da saúde.

A cor, para uma água com baixa turbidez apresentou-se abaixo de 1 uH em todas as amostras. A cor teve entrada no filtro com 55 (uH) e saída a 0 (uH) com a vazão de 1l/min., nas outras vazões ela também teve um bom resultado se reduzindo a 0 (uH) em todas as vazões. A cor com a turbidez elevada teve entrada no filtro com 125 (uH) na vazão de 1l/min e reduziu-se a 0 (uH), e nas outras vazões ela também se apresentou em 0 (uH) na saída do filtro.

O pH, como nos outros filtros, também teve uma pequena elevação, para a águas com baixa turbidez. O pH com turbidez baixa também teve um aumento, mas permanecendo dentro do permitido pela Portaria 518 do Ministério da Saúde, quase atingindo o pH ideal, que é próximo de 7 (NTU).

A análise de coliformes totais apresentou um dos melhores resultados em referência a todos os filtros analisados, tanto os de areia quanto o de areia e antracito, reduzindo-se de 6 para 3 NMP na diluição de 10 ml, de 4 para 0 NMP na diluição de 1 ml e permanecendo em 0 NMP na diluição de 0,1 ml.

COMPARAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS OBTIDOS PARA OS FILTROS

O filtro 6, composto por areia e antracito, obteve uma melhor remoção de turbidez, cor e coliformes totais sendo assim aceito pela portaria 518 do ministério da saúde, mas mesmo ele apresentando essas vantagens, é necessário que a água, após passar pelo processo de filtração, passe também pelo processo de desinfecção, onde será possível remover os coliformes totais presentes na água.

O Gráfico 1 apresenta, para o parâmetro Turbidez, os resultados de todos os filtros com a vazão de 1 l/min., pois esta vazão foi a que apresentou melhor resultado entre os demais.

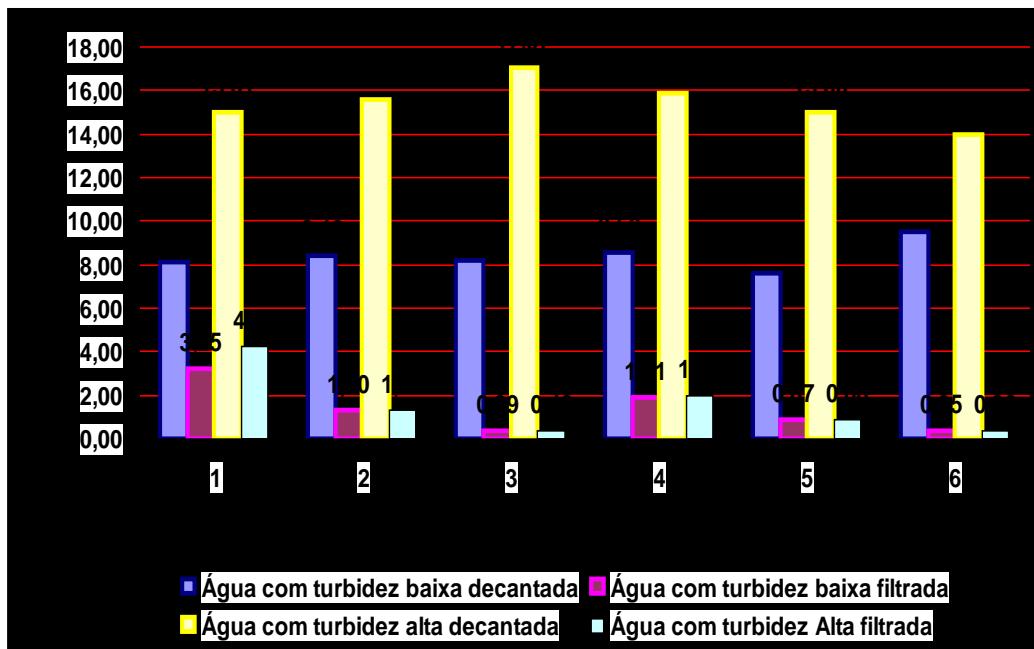


Gráfico 1: Turbidez dos filtros na vazão 1 l/min.

Analizando o Gráfico 1 pode-se observar que o filtro 6 foi o que teve melhor remoção da turbidez.

Já com relação ao pH, o Gráfico 2 apresenta os resultados obtidos para todos os filtros na vazão de 1 l/min.

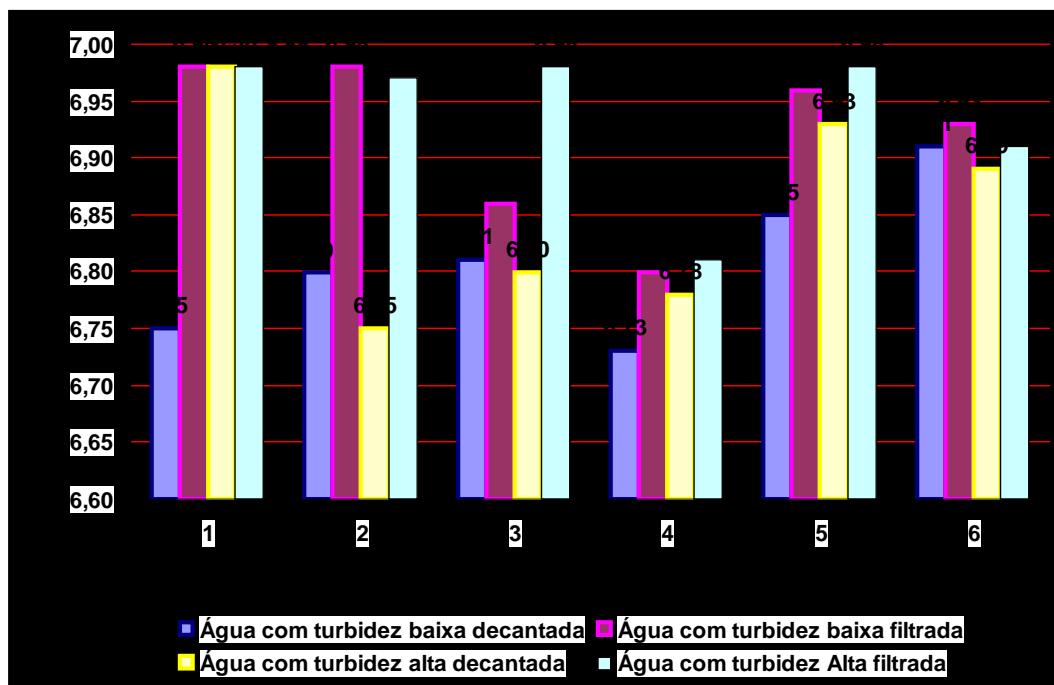


Gráfico 2: pH dos filtros na vazão 1 l/min.

Os resultados para pH demonstram que houve uma variação de filtro para filtro, mas todos os filtros se encontraram dentro do parâmetro de qualidade da água que diz que o pH tem que estar entre 6,00(NTU) e 9,5 (NTU). Nos filtros estudados ele se encontrou próximo de 7,00 (NTU) que é um pH neutro.

Para a cor também foi gerado um gráfico onde mostra a cor de entrada do filtro e a cor de saída tanto para a filtração com agua de alta turbidez quanto para a filtração com água de baixa turbidez (GRAF.3).

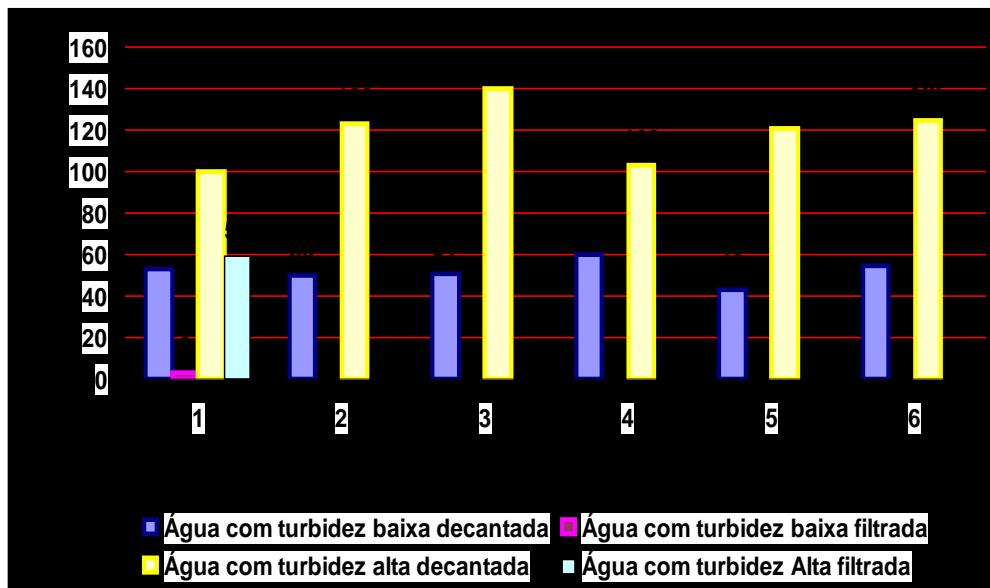


Gráfico 3: Cor (uH) dos filtros de vazão 1 l/min.

Nas filtrações com turbidez alta e baixa a cor permaneceu em 0 (uH) em quase todos os casos, com exceção do filtro 1, onde a cor ficou elevada devido ao material do filtro conter somente seixos, prejudicando assim a eficiência do filtro.

No GRAF. 4, mostra-se a análise de coliformes totais, lembrando que, foi escolhida a amostra da vazão 1 l/min. por ter obtido melhor resultados das análises. O gráfico foi elaborado com a diluição de 0,1 ml também por ter apresentado um melhor resultado.



Gráfico 4: Coliformes Totais (NMP) dos filtros na vazão 1 l/min.

Como pode-se observar o filtro com a camada de antracito foi o que obteve melhor remoção dos coliformes totais, sendo assim o filtro 6 foi o que teve melhor resultados em todas as análises feitas neste trabalho.

RENDIMENTO DO FILTRO

Observando os dados obtidos nas filtrações, foi realizada uma previsão estatística com base nos dados experimentais. O modelo visa verificar se existe uma relação entre as variáveis turbidez alta e baixa e cor. Nos gráficos a seguir pode-se perceber o valor de R^2 obtidos pela Equação (1):

$$y = a \cdot x + b$$

(1)

Sendo nos GRAFs. 5 (a) e 6 (a) As variáveis X e Y apresentados por:

- X= Valor médio feito em porcentagem entre as turbidez baixas.
- Y= Valor médio feito em porcentagem entre as turbidez Altas.

E para os GRAFs. 5 (b) e 6 (b)As variáveis X e Y apresentados por:

- X= Valor médio feito em porcentagem entre a cor baixa.
- Y= Valor médio feito em porcentagem entre a cor Alta.

Foi feita uma média entre os filtros com relação a cor e turbidez, e em seguida uma regra de três para mostrar o rendimento de cada filtro com turbidez alta e baixa antes e após a filtração da água assim obtive-se os resultados e gerou um gráfico para melhor demonstração do seu rendimento onde o filtro apresentou um $R^2 = 0,9826$. Pode-se observar que o filtro obteve uma boa remoção de turbidez, conforme o GRAF. 5 (a).

Para a cor foi realizado o mesmo processo de cálculo apresentando uma remoção, representada por um $R^2 = 0,7531$ conforme o GRAF. 5 (b).

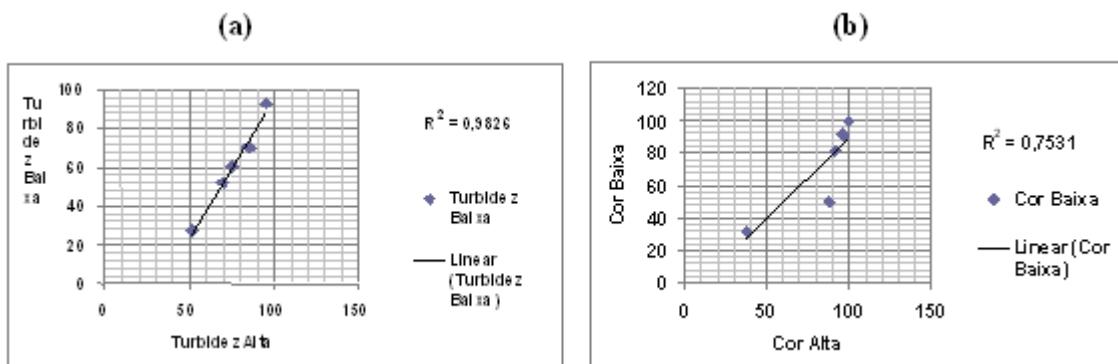


Gráfico 5: (a) Turbidez (NTU) da média dos filtros em porcentagem e (b) Cor (uH) da média dos filtros em porcentagem.

A medida que a turbidez tem uma queda a cor também apresenta uma queda ficando assim entendido que, quando a turbidez está elevada provavelmente a cor também se apresentará elevada.

A vazão que obteve melhor resultado em todos os filtros analisados foi a vazão de 1 l/min. onde foi feito também um cálculo para demonstrar melhor o rendimento dos filtros na vazão de 1 l/min. O GRAF. 6 (a) apresenta o rendimento do filtro para esta vazão, com turbidez elevada e baixa, antes e após a filtração da água, obtendo-se para a turbidez um $R^2=0,9801$ e para a cor um $R^2=1$. Esta vazão apresentou um resultado de 98% de eficiência e com isso considerou-se o filtro foi excelente removedor de turbidez.

No GRAF. 6 (b) destaca-se a cor com a vazão de 1 l/min. onde ela apresentou uma remoção de 100% da cor aparente, ficando claro que a vazão que obteve uma melhor remoção de cor e turbidez foi a vazão e 1 l/min.

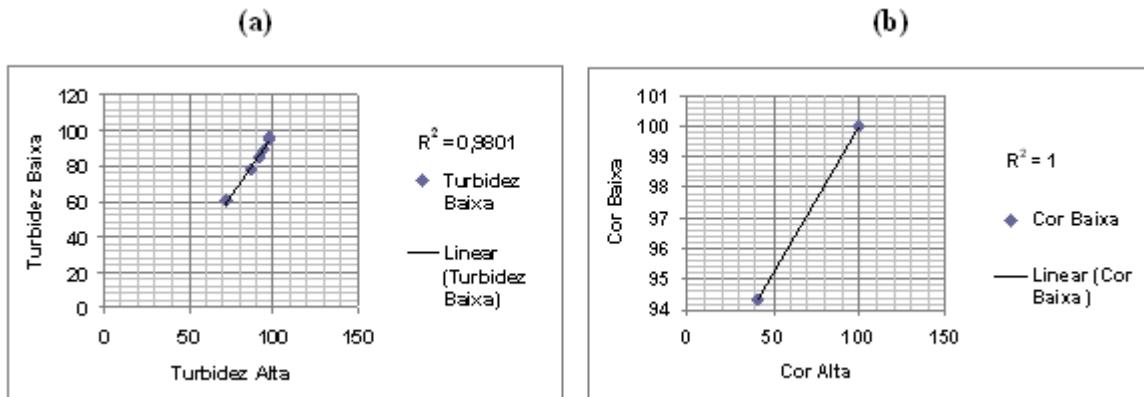


Gráfico 6: (a) Turbidez (NTU) dos filtros de vazão 1 l/min. em porcentagem e (b) Cor (uH) dos filtros de vazão 1 l/min. em porcentagem.

Com a vazão de 1 l/min. o filtro 6 apresenta uma remoção satisfatória para o tratamento de água para consumo humano. Onde este filtro com apresenta vazão dentro dos parâmetros da Portaria 518 do Ministério da Saúde, que estabelece que filtros com filtração rápida tem que apresentar uma turbidez menor que 1 (NTU).

Apenas os dois pontos aparecem devido aos demais pontos estarem na linha linear da cor baixa.

COMPARAÇÃO

Dos filtros montados neste trabalho o que mais se parece com os que são utilizados no SAAE de Formiga- MG, é o filtro de numero 2 no que se refere a filtros de areia e no que se refere a filtro de antracito é o numero 5, sendo assim comparados os filtros com o do SAAE, o que possui uma melhor taxa de remoção da turbidez, cor e o pH permanecendo próximo de 7 é os filtros do SAAE, entrando com uma turbidez de 7,56 NTU e saindo com uma média de 0,40 NTU nos filtros de areia, e no filtro de antracito entrando com 7,64 NTU e saindo a 0,38 NTU, os filtro elaborados neste trabalho como o numero 2 entrou com uma turbidez considerada baixa de 8,42 NTU e saindo a 1,30 NTU isso no filtro de areia, já no de antracito teve uma entrada de turbidez a 7,60 NTU e saindo a 0,87 NTU, a cor de saída se apresentou em 0 Hz em todos os filtros e o pH se mantendo próximo de 7 tanto nos filtros do SAAE quanto nos filtros montados neste trabalho os coliformes totais não foram analisados nos filtros do SAAE por isso não foram citados, as vazões utilizadas para comparação foi a vazão de 1 l/min. devido ter apresentado um melhor resultado em relação as demais vazões testadas, lembrando que os filtros montados neste trabalho não foi utilizado dimensionamento que corresponde-se a uma certa vazão, já os filtros do SAAE todos fora feitos cálculos pra seu dimensionamento, possivelmente se os filtros do SAAE fossem elaborados de acordo com o filtro 6, ele poderia apresentar uma melhor remoção de turbidez.

CONCLUSÃO

Em todos os filtros analisados neste trabalho obteve-se bons resultados, com relação à turbidez, cor, pH e coliformes totais. Os filtros foram testados com vazões de 5 l/min., 4 l/min., 3 l/min., 1 l/min. e alguns atenderam aos parâmetros exigidos pela Portaria 518 do Ministério da saúde, para cor turbidez e pH já para coliformes totais os filtros apresentaram um bons resultado, mas após a filtração a água precisa ainda passar pelo processo de desinfecção, pois, houve presença de coliformes totais em todos eles.

Os filtros montados contem diferentes granulometrias de areia, seixos, e antracito, três dos filtros são compostos por uma camada de antracito, os demais contendo somente areia e seixos, os filtro contem 10 cm de cada material filtrante somente os filtros contendo antracito contem uma camada de 04 cm de espessura de antracito (carvão vegetal), os filtros que contem a camada de antracito, comparados com os filtros com camadas de areia e seixos, apresentaram uma melhor remoção da turbidez, cor e coliformes totais, e o pH se mantendo próximo de 7,00.

A vazão testada que apresentou melhor resultado foi a vazão de 1 l/min. por apresenta uma filtração mais lenta em referencia as demais vazões assim em todos os filtros, tanto os de areia quanto os de antracito, obtendo-se

uma boa remoção de turbidez, cor e coliformes totais e o pH apresentando próximo de 7,00. De todos os filtros testados, o filtro que apresentou melhor resultado foi o filtro 6 com a vazão de 1 l/min, pois foi o que apresentou um melhor resultado em relação aos demais filtro realizados. Mesmo com este resultado a água do filtro 6 com a vazão de 1 l/min. precisa passar pelo processo de desinfecção para que não haja presença de coliformes totais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. DI BERNADI, L. Métodos e técnicas de tratamento de água. Rio de Janeiro: ABES, 1993.
2. MACÊDO, J. A. B. de. **Água & Águas**. 3^a Edição. Belo Horizonte, Minas Gerais: CRQ-MG, 2007.
3. RICHTER, C. A.; AZEVEDO NETTO, J. M.; **Tratamento de água- Tecnologia atualizada**. São Paulo, 1991.
4. SILVA, S.A.; OLIVEIRA, R. de. **Manual de analises físico-químicas de águas de abastecimento e resíduárias**. Campina Grande, Paraíba: o Autor. 2001.