

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

SANTIAGO PEREIRA NETO

**ESTUDO DA POTABILIDADE DA ÁGUA DA CHUVA APÓS
PROCESSOS DE FILTRAÇÃO E DESINFECÇÃO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO
2015

SANTIAGO PEREIRA NETO

**ESTUDO DA POTABILIDADE DA ÁGUA DA CHUVA APÓS
PROCESSOS DE FILTRAÇÃO E DESINFECÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2 (TCC 2), do curso de Engenharia Ambiental do Departamento Acadêmico de Ambiental (DAAMB), do Câmpus Campo Mourão, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr Morgana Suszek Gonçalves

Co-orientador: Prof. Dr. Eudes José Arantes

CAMPO MOURÃO

2015

FOLHA DE APROVAÇÃO

ESTUDO DA POTABILIDADE DA ÁGUA DA CHUVA APÓS PROCESSOS DE FILTRAÇÃO E DESINFECÇÃO

por

SANTIAGO PEREIRA NETO

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 30 de novembro de 2015 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a banca examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Prof^a. Dr^a. Morgana Suszek Gonçalves

Prof. Dr. Eudes José Arantes

Prof. Dr. Rafael Montanhini Soares de Oliveira

Prof^a. Dr^a. Maricir Cristina Parreira de Souza

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por conceder sempre tantas graças e vitórias em minha vida.

À Minha família, peça fundamental e única nessa caminhada. Minha MÃE Luciveri Marroni Pereira, pelo carinho, apoio e força de vontade, um exemplo de dedicação aos estudos que tive dentro de casa. Meu PAI Santiago Pereira Filho (CARECA), figura carismática e parceira, sempre dedicado a ver seus filhos estudando e buscando sempre o melhor, um exemplo de como é amar o seu trabalho e o seu próximo. E por fim o meu IRMÃO, Arthur Marroni Pereira (GORDIN) parceiro do dia a dia, praticamente gêmeo nascido em ano diferente, calmo, inteligente e sofredor pelo Palmeiras igual a mim.

Agradeço aos amigos que conheci ao longo desses 5 anos. Mas falar de amigos e não falar especialmente de 4 criaturinhas que Deus fez questão de adicionar no meu caminho e fazer dos meus dias em Campo Mourão iluminados, seria sem sal. Muito obrigado Carla Carolina da Cunha (Carlinha), pelo exemplo de bondade, doçura e parceria, obrigado Rafaela Agrela dos Reis (Rafa), pela força e determinação em vencer os problemas a cada dia e fazer deles alicerce para seu castelo. Obrigado Felipe Martins Damaceno (Monstrinho), pelo exemplo de dedicação aos estudos e perseverança naquilo que se quer conquistar. E por fim, mas não menos importante, valeu Vinícius de Oliveira Lima (Marmota), a pessoa internacional do grupo, exemplo de pessoa prestativa, parceira, alegre e que curte a vida sem deixar que nada o deixe desistir.

Agradeço imensamente aos professores da UTFPR por dividir os seus ensinamentos ao longo desses 5 anos. Principalmente aos meus orientadores nesse período. À Dr^a Cristiane Kreutz, que me deu a primeira oportunidade na Universidade. Dr^o Eudes José Arantes pela co-orientação nesse trabalho e dedicação em ajudar os alunos. Dr^o Rafael Montanhini Soares de Oliveira pelo apoio aos alunos e orientação em projeto. E por fim, e talvez mais importante e o maior presente que tive dentro da UTFPR, Dr^a Morgana Suszek Gonçalves, pois sem ela não teria chegado até esse trabalho, obrigado pela dedicação e solidariedade comigo, e pelas muitas oportunidades que me foram entregues.

Por fim agradeço a UTFPR pela o fornecimento da estrutura durante essa caminhada, para que me tornasse um Engenheiro Ambiental.

RESUMO

PEREIRA NETO, Santiago. **Estudo da potabilidade da água da chuva após processo de filtração e desinfecção**. 2015. 33 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Departamento Acadêmico de Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2015.

A aplicação de técnicas de uso da água pluvial pode minimizar o desperdício de água potável. Além disso, sob condições de tratamento adequado tal recurso pode atender o padrão de potabilidade da legislação vigente no país. Diante de tal necessidade, o presente trabalho objetivou realizar a coleta e tratamento da água da chuva que escoava pelo telhado do bloco B da UTFPR Câmpus Campo Mourão. A fim de analisar a qualidade da água antes e pós tratamento, realizou-se a filtração da água comparando-se três configurações diferentes de meio filtrante: Coluna I (areia), Coluna II (finos de carvão) e Coluna III (finos de carvão e areia); e posteriormente aplicou-se o hipoclorito de sódio em quantidade de 0,05 mL/L, para realizar-se a desinfecção. Calculou-se a eficiência do tratamento utilizando os valores de entrada e saída do sistema para os parâmetros coliformes totais e termotolerantes, turbidez, cor aparente e sólidos totais. Comparou-se o comportamento da filtração para os parâmetros pH, turbidez e cor, construindo curvas de parâmetro versus mL filtrado. A qualidade da água da chuva bruta não atendeu aos padrões de qualidade estabelecidos pela Portaria 2.914 do Ministério da Saúde, para turbidez, cor e coliformes. Posteriormente à realização do tratamento, apenas a turbidez não apresentou resultado satisfatório quando comparada com a legislação vigente, podendo ser justificado pelo carreamento de partículas dos meios filtrantes utilizados no estudo, fazendo-se necessária um aumento de vezes na lavagem do filtro. A eficiência do tratamento global foi de 100 % para coliformes e para grande parte dos ensaios de cor aparente. Para a turbidez, a melhor eficiência foi obtida na coluna III (areia e finos de carvão), na água coletada no fundo do reservatório, quando a água bruta estava com valor de turbidez mais alto. Para remoção de sólidos totais, os 3 sistemas apresentaram baixas eficiências de remoção, tendo em vista que a coluna III apresentou melhor remoção, de 38,32%. Com a aplicação desse trabalho foi possível observar que a água pluvial pode tornar-se uma alternativa para suprir a carência de disponibilidade desse recurso em alguns locais.

Palavras-chave: Água pluvial. Qualidade da água. Tratamento de água.

ABSTRACT

PEREIRA NETO, Santiago. **Study of potability of the rainwater after filtration and disinfection process**. 2015. 33 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Departamento Acadêmico de Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2015.

The application of rainwater use techniques can minimize the waste of drinking water for non-potable purposes. More over, under appropriate treatment conditions such resource can attend the potability standards of current legislation in the country. Faced with this need, this study aimed to carry out the collection and treatment of rainwater seeping through the roof of the B block of UTFPR Campus Campo Mourão. In order to analyze the quality of water before and after treatment, water filtration was carried out comparing three different configurations of filter media: Column I (sand) Column II (coal fines) and Column III (coal fines and sand); and subsequently applied to sodium hypochlorite solution in amounts of 0.05 ml / L for carrying out disinfection. It was calculated the efficiency of the treatment using the input and output system values, for parameters: thermotolerant and total coliforms, turbidity, apparent color and total solids . It was compared the behavior of filtering parameters for pH, turbidity and color, building parameter curves versus mL filtered. The quality of the raw rainwater did not attend the quality standards established by Ordinance 2914 of the Ministry of Health, for turbidity, color and coliform. After the performance of the treatment, only the turbidity did not show satisfactory results when compared to current law, and can be justified by the carrying particles of the filter media used in the study, making necessary an increase of times in the filter washing. The overall treatment efficiency was 100% for coliform and for most apparent color assays. For turbidity, the best efficiency was obtained in column III (sand and coal fines), the water collected in the bottom of the reservoir when the raw water was valued with higher turbidity. For removal of total solids, the 3 systems showed low removal efficiencies, considering that the column III showed better removal of 38.32%. With the application of this work it was observed that rainwater can become an alternative to address the lack of availability of this resource in some places, in addition to serving as an auxiliary water supply in areas.

Palavras-chave: Rainwater. Water quality. Water treatment.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 3 |
| 2 OBJETIVOS | 5 |
| 2.1 OBJETIVO GERAL | 5 |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 5 |
| 3 REVISÃO DE LITERATURA | 6 |
| 3.1 DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA..... | 6 |
| 3.2 QUALIDADE DA ÁGUA..... | 7 |
| 3.2.1 Parâmetros Físico-Químicos | 7 |
| 3.2.2 Parâmetros Biológicos..... | 8 |
| 3.2.3 Qualidade da Água da Chuva e Seus Possíveis Usos | 8 |
| 3.3 TRATAMENTO DA ÁGUA..... | 9 |
| 3.5 LEGISLAÇÃO..... | 11 |
| 4 MATERIAL E MÉTODOS | 13 |
| 4.1 ÁREA DE ESTUDO..... | 13 |
| 4.2 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL..... | 13 |
| 4.2.1 Sistema de Tratamento | 13 |
| 4.2.2 Análises Físico-Químicas e Microbiológicas | 15 |
| 4.2.3 Legislação Pertinente | 16 |
| 4.2.4 Eficiência do sistema de filtração | 17 |
| 4.2.5 Comportamento da filtração | 17 |
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES | 18 |
| 5.1 QUALIDADE DA ÁGUA PLUVIAL..... | 18 |
| 5.1.1 Qualidade da água da chuva antes do tratamento | 18 |
| 5.1.2 Qualidade da água da chuva após o tratamento | 20 |
| 5.2 EFICÊNCIA DO SISTEMA DE TRATAMENTO..... | 22 |
| 5.3 COMPORTAMENTO DA FILTRAGEM | 24 |
| 5.3.1 pH..... | 25 |
| 5.3.2 Turbidez | 26 |
| 5.3.3 Cor aparente | 27 |
| 6 CONCLUSÃO | 28 |
| REFERÊNCIAS | 29 |

1 INTRODUÇÃO

A água é responsável pela composição de aproximadamente 70% do globo terrestre, entretanto, apenas cerca de 2,5% desse total é água doce (TOMAZ, 2009). Com influência vital para os seres vivos, tem importância em diversas atividades, como: irrigação, abastecimento domiciliar, produção de alimentos, vestuários, geração de energia elétrica, lazer, além de outras finalidades.

Com o aumento populacional, e o conseqüente maior consumo de água, faz-se necessária a busca por fontes alternativas não vinculadas ao sistema de abastecimento público. O aproveitamento da água da chuva demonstra-se uma opção notável para residências, prédios comerciais, indústrias e outros estabelecimentos. Considerando o fato de que a água pluvial se perde por infiltração no solo, escoamento superficial e em galerias pluviais, o simples armazenamento da mesma, pode levar a uma economia para o proprietário, além de diminuir o desperdício de água potável com fins menos nobres.

Em regiões de escassez hídrica e de difícil acesso para as companhias de saneamento, a água da chuva viabiliza um fornecimento interessante para o uso da população. Mediante realização de tratamento, é possível melhorar a qualidade da água pluvial, visando buscar padrões para fins potáveis. Um processo de filtração acompanhado posteriormente por desinfecção pode representar uma melhora na qualidade deste recurso.

A baixa qualidade da água disponível, para expressiva parcela da população do semi-árido no nordeste brasileiro, devido a condições precárias ou inexistentes de saneamento básico reflete significativamente na taxa de mortalidade infantil dessa região do país (CIRILO; MONTENEGRO; CAMPOS, 2010).

Situações de escassez e baixa qualidade da água, vão contra os direitos da população da região como disposto no artº 2, inciso I da lei nº 9443 de 1997 "assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões adequados aos respectivos usos" (BRASIL, 1997).

Reconhecendo a importância de analisar e aumentar as alternativas para o uso da água pluvial, com foco em fins potáveis para a população, este estudo teve por objetivo avaliar a qualidade da água da chuva, coletada na saída da calha do

bloco B da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Campo Mourão, antes e após processo de tratamento por filtração e desinfecção.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar um sistema de filtração e cloração para aproveitamento da água da chuva para fins potáveis.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Coletar a água da chuva no bloco B da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Campo Mourão;
- Caracterizar a água da chuva coletada a partir de parâmetros físico-químicos e microbiológicos: coliformes totais e termotolerantes, cloro residual livre, turbidez, cor aparente, pH e sólidos (sedimentáveis, totais, fixos e voláteis);
- Avaliar a eficiência de tratamento da água da chuva utilizando filtros de diferentes composições, tendo como meio filtrante areia e finos de carvão vegetal, e por fim, desinfecção com hipoclorito de sódio;
- Observar o comportamento das colunas de filtração através de curvas de parâmetro versus mL filtrado;
- Comparar os resultados com a legislação pertinente e enquadrar o uso da água tratada.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA

A água doce no globo terrestre se divide em: 68,9% nas calotas polares, 29,9% águas subterrâneas, 0,266% representa águas superficiais e 0,934% está na biomassa e vapor na atmosfera. O continente asiático e a América do Sul são responsáveis por mais da metade da produção hídrica mundial, sendo respectivamente 31,6% e 23,1% do total de 1 milhão e 448 mil m³, sendo que o Brasil representa 12% desse total (TOMAZ, 2003).

De acordo com o mesmo autor, ainda que o Brasil apresente uma disponibilidade hídrica de cerca de 5.610 Km³/ano, há uma disparidade entre a oferta e o consumo. A região norte possui 68,5% das águas brasileiras, mas apenas 7,40% da população nacional. Em contrapartida, a região sudeste possui apenas 6% para suprir 42,61% da população, e a região nordeste com apenas 3,3% para abastecer 28,23% dos habitantes do país.

Como alternativa para atenuar a escassez de água, países como Japão, Austrália, Estados Unidos e Alemanha, passaram a desenvolver sistemas para o aproveitamento da água da chuva, através de pesquisas em novas tecnologias e na gestão de grandes cidades (BASTOS, 2007). Hagemann (2009) acrescenta que, o grande potencial de aproveitamento da água da chuva associado à necessidade de se buscar fontes alternativas para abastecimento, fomentam a realização de obras que viabilizem tal aproveitamento.

3.2 QUALIDADE DA ÁGUA

3.2.1 Parâmetros Físico-Químicos

Em escala adimensional que varia de 0 a 14, o pH é o balanceamento entre os íons OH^- e H^+ , que qualifica a água em ácida, básica ou neutra. A presença de fatores como gás carbônico e substâncias alcalinas, influencia de forma que a água apresente um caráter ácido ou básico, respectivamente. Em sistemas de distribuição para abastecimento, é interessante que a água apresente valores próximo de 7, visto que, em casos de pH baixo há possibilidade de corrosão da tubulação, e em níveis altos, ocorrem incrustações nos encanamentos (JAQUES, 2005).

A coloração da água é alterada em razão da presença de sólidos dissolvidos no meio, podendo ser classificada em cor aparente e cor real, em que, a primeira é sem a remoção da turbidez e a real é posterior à centrifugação, com a ausência de turbidez (HAGEMANN, 2009). A unidade de medida da cor aparente é a uH (Unidade Hazen).

A turbidez é determinada pela dispersão ou absorção da luz, geralmente pela presença ou ausência de partículas sólidas em suspensão de diferentes tamanhos. Níveis elevados desses sólidos apresentam desvantagens para a qualidade da água, como alteração do sabor e odor, além da queda da eficiência da cloração (JAQUES, 2005). A determinação da medida de turbidez é através do uT (unidade de turbidez).

Os sólidos totais representam todas as impurezas contidas na água, exceto os gases dissolvidos (HAGEMANN, 2009). Os sólidos voláteis são constituídos por componentes orgânicos, já os sólidos fixos apresentam na sua composição constituintes inorgânicos. Os sólidos sedimentáveis, de acordo com Von Sperling (1996), são aqueles que sedimentam no período de uma hora, seguindo o método de cone de Imhoff, podendo ser orgânicos ou inorgânicos.

Considera-se como cloro residual, a fração de cloro que não foi consumido em reações com compostos orgânicos ou inorgânicos presente na água (BRASIL, 2006). Os derivados do cloro produzem cloraminas, após reagir com a amônia, sendo chamado de cloro residual combinado. Posteriormente o cloro ao oxidar a

cloramina, reduz os teores de cloro combinado, aumentando os teores de cloro residual livre, que é mais eficiente na desinfecção (MACEDO, 2004).

3.2.2 Parâmetros Biológicos

A avaliação dos parâmetros biológicos é de extrema importância, pois responde de maneira eficiente sobre a presença de possíveis patógenos, que em circunstâncias de consumo do recurso contaminado pela população, pode acarretar em doenças como: febre tifóide, cólera, leptospirose, entre outras.

Os coliformes totais e termotolerantes, são os principais parâmetros biológicos utilizados. Os totais não são patógenos, mas indicam a possível presença de seres patógenos, e podem ser encontrados em ambientes não contaminados como solo e água. Os termotolerantes são compostos por grupos patógenos, e são de origem predominante do intestino de seres humanos e outros animais de sangue quente, tendo como principal representante a *Escherichia coli* (HAGEMANN, 2009).

3.2.3 Qualidade da Água da Chuva e Seus Possíveis Usos

A qualidade da água da chuva depende da localização do sistema de captação, sofrendo influência diretamente da poluição do ar, meteorologia e da vegetação do local. Ao entrar em contato com gases presentes na atmosfera, como óxidos de nitrogênio, gás carbônico e dióxido de enxofre, a água da chuva reage formando ácidos que diminuem o pH (TOMAZ, 2003).

Em regiões com índices elevados de poluição atmosférica, a água da chuva apresenta contaminação por micro-organismos e poluentes no ar como: dióxido de enxofre, óxidos de nitrogênio e alguns metais pesados (TOMAZ, 2003). Mas a boa qualidade da água fica conservada devido ao fato de que o primeiro milímetro de precipitação que deve ser descartado, na maioria das vezes, consegue limpar o ar (ANDRADE NETO, 2013).

Segundo Bastos (2007), ocorre uma queda de qualidade da água, no percurso do telhado até o reservatório devido à contaminação por fezes de animais ou outras impurezas. Em áreas de captação no solo, há o risco de contaminação por óleo combustível, sendo interessante o descarte das primeiras águas coletadas pelo sistema.

Segundo a Portaria 2.914 de 2011 do Ministério da Saúde, no Art. 5º incisos I e II, água para consumo humano é considerado a água potável (água que atende o padrão estabelecido na Portaria e que não ofereça ameaça a saúde humana), utilizadas na ingestão, limpeza e preparação de alimentos, além da higiene pessoal, independente da origem dessa água, logo enquadra-se aqui a água da chuva (BRASIL, 2011).

O uso da água pluvial é de grande importância para evitar desperdícios com água potável para fins menos nobres, como lavagem de calçadas e automóveis, descargas sanitárias, jardinagem e combate ao fogo. Esse aproveitamento é essencial, para que não ocorra o abuso do consumo de água com ótima qualidade em determinadas regiões dos municípios e em outras, ocorra a ingestão de água contaminada pelos moradores (HIRT; SANTOS, 2011).

Reconhecendo essa importância, os municípios que adaptarem os sistemas de abastecimento público, para fins não potáveis aproveitando a água da chuva e, para consumo humano a água tratada, contribuiriam significativamente na economia financeira, garantiriam um serviço de melhor distribuição entre a população, e além disso, à longo prazo, prezariam pela disponibilidade desse recurso para gerações futuras (HIRT; SANTOS, 2011).

3.3 TRATAMENTO DA ÁGUA

3.3.1 Filtração e Desinfecção

O processo de filtração é caracterizado pela passagem da água por um meio filtrante, para que seja removido partículas suspensas, coloidais e micro-organismos, substâncias estas que ficam retidas nos poros do elemento filtrante

(BASTOS, 2007). É a última etapa de processo do tratamento de água, antes da desinfecção (MAGALHÃES, 2005).

O mecanismo de contenção de partículas é por tempo limitado, devido o preenchimento dos poros, que influencia diretamente no aumento da perda de carga no processo. É determinado o fim da operação, quando os sólidos interrompem completamente o fluxo da água (MAGALHÃES, 2005).

Segundo a Fundação Nacional de Saúde (2014), a desinfecção é a etapa que tem a função de inibir o metabolismo dos micro-organismos patogênicos com uso de elementos químicos ou físicos, para que não ocorra o crescimento desses organismos na água de abastecimento público.

A aplicação do cloro no tratamento de água possui vantagens econômicas em relação a outros agentes de desinfecção, além de ser eficiente na inativação da maioria dos patógenos dispersos na água, dispõe de potencial residual ao longo da distribuição, fazendo com que a água não sofra contaminação em contato com as tubulações. O Cl é utilizado na forma de gás, hipoclorito de sódio ou hipoclorito de cálcio (TELLES; COSTA, 2010).

Com a aplicação de processos de filtragem em areia ou de carvão ativado, aplicando posteriormente a técnica de desinfecção por meio de fervura, cloração ou radiação UV, se faz possível o uso potável da água pluvial (FENDRICH; OLIYNIK, 2002).

3.3.2 Meios Filtrantes

Um dos meios filtrantes mais utilizados em tratamento da água, a areia tem a capacidade de reter as partículas suspensas, que passam pelos espaços entre os grãos, sendo aderidas por atração gravitacional das partículas de matéria e a atração eletrostática no caso de partículas de cargas opostas (MACEDO, 2000).

Outro meio filtrante frequentemente utilizado no tratamento de água é o carvão antracito, que neste trabalho será substituído pelo finos de carvão vegetal.

Segundo Maia (2010), o finos de carvão é responsável por 15% de dez toneladas de carvão produzido no Brasil. Esse percentual torna-se um passivo ambiental para a indústrias, pois é um subproduto que geralmente não é aproveitado

nos empreendimentos que consomem grande quantidade de carvão vegetal, como é o caso da indústria siderúrgica.

3.5 LEGISLAÇÃO

O Brasil ainda carece de uma legislação federal específica, direcionada ao reuso da água ou aproveitamento de águas pluviais. A fim de especificar a utilização da água da chuva e de reuso, algumas leis municipais no estado do Paraná foram criadas.

Na capital do estado, Curitiba, é aplicada a Lei 10.785/2003, a qual estabelece o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações (PURA), que indica o aproveitamento de água de chuva em atividades com fins não potáveis como jardinagem e lavagem; e das águas advindas de máquinas de lavar, chuveiro, tanque ou banheira, de forma que sejam utilizadas nos vasos sanitários para descarga.

Com o mesmo foco que a capital do estado, no município de Maringá determinou-se a Lei 6345/2003, com características semelhantes ao PURAE em relação às águas servidas e aproveitamento de água de chuva (MARINGÁ, 2003). O município estabeleceu do mesmo modo, a Lei 6076/2003 que dispõe sobre a utilização das águas originárias de estações de tratamento de esgoto, para algumas atividades como lavagem de ruas e outros locais públicos, e para irrigação.

A fim de diminuir o desperdício, o município de Maringá estabeleceu a Lei Nº 6.339/2003, que determina que prédios de empreendimentos não residenciais (imobiliários, públicos e privados), devem ter fechamento automático ou acionamento por sensor para válvulas, registro e torneiras, que estiverem no banheiro. Outro ponto de destaque é o uso do volume reduzido da descarga.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas, por meio da NBR 15527, apresenta requisitos para aproveitamento da água da chuva em coberturas de construções em meio urbanizado, para uso não potável (ASSOCIAÇÃO..., 2007).

Para avaliar a potabilidade de água, a principal legislação é a determinada pela Portaria 2.914 de 2011 do Ministério da Saúde, onde são dispostos

procedimentos para gestão da qualidade da água para consumo humano e o padrão de potabilidade da mesma.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo constitui-se no bloco B da Universidade Tecnológica Federal, Câmpus Campo Mourão, localizado na coordenada 24°3'39.16 Latitude Sul 52°23'9.44 Longitude Oeste, de onde foi coletada a água da chuva que escoava pelo telhado, em balde de 20 litros.

De acordo com Maack (2002) ao mencionar a classificação de Köppen (1948), o clima de Campo Mourão é o Cfa (clima subtropical úmido mesotérmico), caracterizado por verões quentes e geadas pouco frequentes, sem estação seca bem definida e com tendência das chuvas se concentrarem no verão.

A média de precipitação anual do município está na faixa de 1600 à 1800 mm, temperatura média variando entre 20 e 21°C durante o ano; no mês mais frio a média se encontra próximo aos 18°C e no mês de maiores temperaturas, a média ultrapassa os 22°C. Além disso, dispõe de umidade relativa determinada oscilando entre 75 à 80% no ano (INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ, 2000).

4.2 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

4.2.1 Sistema de Tratamento

Para realização da etapa de tratamento, foram utilizadas 3 colunas de filtração de 70 cm, confeccionadas com tubos de PVC, que funcionaram de formas isoladas: uma contendo areia (diâmetro na faixa de 0,45 a 0,55 mm) , uma contendo finos de carvão oriundo de madeira (diâmetro na faixa de 0,90 a 1,10 mm) e a última contendo areia e finos de carvão. A granulometria escolhida foi com base em (PIVELI; FILHO, 2015). As dimensões e a composição dos meios filtrantes, das colunas de filtragem podem ser observadas na Figura 1.

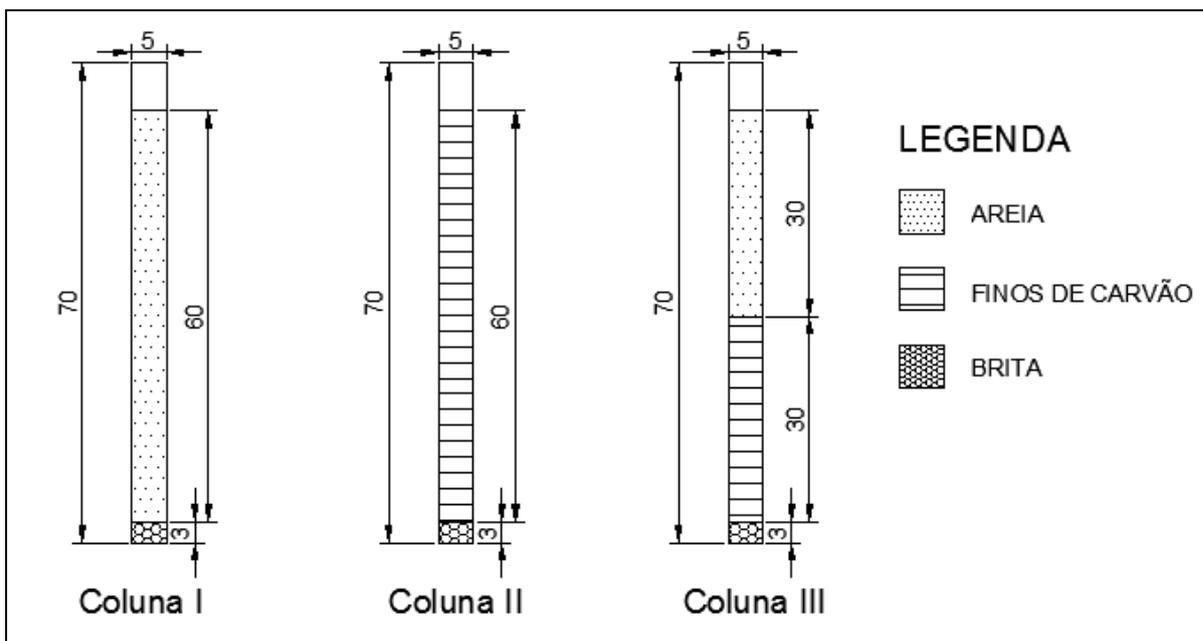


Figura 1: Dimensões (em centímetros) e composição das colunas de filtragem.
Fonte: Autoria própria.

As colunas foram fixadas em suporte universal, e para contenção dos meios filtrantes utilizou-se uma camada suporte de 3 cm de brita, e fechado na saída do filtro com tecido não tecido (TNT).

A filtragem foi realizada em escala de bancada, no laboratório de fenômenos de transporte da UTFPR, passando água da chuva em cada filtro por meio de bomba peristáltica na vazão máxima de 6 mL/min. A água filtrada foi coletada em béquer, e a cada 100 mL analisou-se cor, turbidez e pH. Na sequência, ao atingir 1 L de água filtrada aplicou-se o processo de desinfecção utilizando 0,05 mL/L de NaClO (teor ativo de 2 a 2,5%) aplicado manualmente através de micropipeta, quantidade essa determinada pela metodologia desenvolvida pela Fundação Nacional de Saúde (FUNDAÇÃO..., 2014). Com exceção de cor, turbidez e pH, o restante das análises foram realizadas no laboratório de Saneamento da UTFPR, Câmpus Campo Mourão.

Realizou-se cinco ensaios sendo os três primeiros com água coletada na superfície do reservatório de armazenamento, e os dois últimos com água retirada através de uma torneira no fundo do reservatório.

4.2.2 Análises Físico-Químicas e Microbiológicas

Coletou-se a água da chuva, manualmente com auxílio de balde de 20 L, em dias de precipitação, diretamente do tubo de queda de saída da calha de água pluvial no período de agosto a outubro de 2015. O balde ficou armazenando a água por um tempo superior a dez minutos (JAQUES, 2005). Hagemann (2009) constatou em seu estudo que com o passar do tempo de precipitação os valores dos parâmetros tendem a cair, tendo assim uma água de melhor qualidade.

As amostras foram posteriormente levadas para o Laboratório de Fenômenos de Transporte e armazenada em um recipiente de 20 L (Figura 2). Após analisar a qualidade da água da chuva bruta, utilizou-se dois L por coluna de filtração para saturar as mesmas, e posteriormente foi realizado o processo já explicado no item 4.2.1.



Figura 2: Dimensões (em centímetros) e composição das colunas de filtragem.
Fonte: A autoria própria.

No Quadro 1 estão expostos os métodos aplicados para a determinação dos parâmetros. As análises de temperatura, foram realizadas com uso de sonda multiparamétrica modelo YSI 6920 V2, e o restante dos parâmetros averiguou-se com base em Eaton et al. (2005).

| Parâmetro | Método |
|----------------------------------|----------------------------|
| Cor | Espectrofotométrico |
| Cloro residual livre | Titulométrico |
| pH | Potenciômetro |
| Sólidos totais, fixos e voláteis | Gravimétrico |
| Sólidos sedimentáveis | <i>Cone de Imhoff</i> |
| Temperatura | Sonda multiparamétrica |
| Turbidez | Turbidímetro |
| Coliformes termotolerantes | Número mais provável (NMP) |
| Coliformes totais | Número mais provável (NMP) |

Quadro 1: Métodos de análise dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos.
Fonte: A autoria própria.

4.2.3 Legislação Pertinente

Para avaliação dos parâmetros analisados, utilizaram-se como base os apresentados pela norma ABNT NBR 15527: coliformes totais e termotolerantes, cloro residual livre, turbidez, cor aparente, pH e complementado com a quantificação de sólidos (sedimentáveis, totais, fixos e voláteis).

Após a realização do tratamento e das análises, os resultados foram comparados com a NBR 15527 (ASSOCIAÇÃO..., 2007) e com a Portaria 2914 do Ministério da Saúde, a fim de observar o seu enquadramento no padrão de potabilidade (Tabela 1).

Tabela 1. Padrão dos parâmetros analisados.

| Parâmetro | Padrão ABNT NBR 15527 | Padrão Portaria 2914 de 2011 (Ministério da Saúde) |
|----------------------------|--|---|
| Coliformes Totais | Ausência em 100 mL | Ausência em 100 mL |
| Coliformes Termotolerantes | Ausência em 100 mL | Ausência em 100 mL |
| pH | 6 a 8 | 6 a 9,5 |
| Turbidez | < 2 uT (usos restritivos) < 5 uT (usos pouco restritivos) | ≤5 uT |
| Cor aparente | < 15 uH | <15 uH |
| Cloro residual livre | 0,5 a 3 mg/L | < 2 mg/L |

Fonte: Adaptado de Norma NBR 15527 (ASSOCIAÇÃO..., 2007) e Portaria 2914 (BRASIL, 2011).

4.2.4 Eficiência do sistema de filtração

A fim de avaliar-se a eficiência das diferentes colunas de filtragem, com base nos valores antes e pós tratamento, foi calculada a eficiência pela equação 1, com base no valor na entrada do tratamento (V_e) e valor na saída do tratamento (V_s).

$$E = \left(\frac{V_e - V_s}{V_e} \right) \times 100 \quad \text{Eq. (1)}$$

4.2.5 Comportamento da filtragem

Com os resultados de cada uma das colunas para os valores de pH, turbidez e cor, realizou-se a cada 100 mL de água filtrada, a construção de curvas do parâmetro *versus* mL filtrado, de forma a observar-se o comportamento das colunas de filtração em duas situações: a primeira com a média da água coletada na superfície do reservatório (ensaios 1, 2 e 3) e a segunda com a água coletada no fundo do reservatório (ensaios 4 e 5).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 QUALIDADE DA ÁGUA PLUVIAL

A qualidade da água da chuva altera-se ao longo do percurso, até o sistema de armazenamento. Geralmente a qualidade da água da chuva coletada diretamente da atmosfera tende a ter uma melhor qualidade, do que a coletada de uma superfície de captação como telhados (HAGEMANN, 2009).

5.1.1 Qualidade da água da chuva antes do tratamento

Na Tabela 2 são apresentados os resultados obtidos a cerca dos 5 ensaios realizados sobre a qualidade da água da chuva, antes do tratamento sugerido.

Tabela 2. Valores das análises da água da chuva sem tratamento.

| Parâmetro | Ensaio 1 | Ensaio 2 | Ensaio 3 | Ensaio 4 | Ensaio 5 |
|----------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| pH | 7,61 | 6,9 | 7,25 | 7,42 | 7,21 |
| Turbidez (UT) | 0,43 | 0,70 | 0,91 | 23,3 | 18,43 |
| Temperatura (°C) | 22,1 | 19,8 | 20,3 | 21,9 | 21,7 |
| Cor (uH) | 0 | 20 | 10 | 50 | 30 |
| Sólidos sedimentáveis (mL/L) | 0 | 0 | 0 | 0,2 | 0,1 |
| Sólidos totais (mg/L) | 0 | 0 | 0 | 596 | 430 |
| Sólidos fixos (mg/L) | 0 | 0 | 0 | 560 | 412 |
| Sólidos volatéis (mg/L) | 0 | 0 | 0 | 36 | 18 |
| Coliformes totais (NMP) | 280 | 350 | 280 | 500 | 350 |
| Coliformes termotolerantes (NMP) | 350 | 350 | 350 | 900 | 500 |

Fonte: A autoria própria.

Tendo como base legal a Portaria 2.914 do Ministério da Saúde, o pH deve estar entre 6 e 9,5. Em todos os ensaios esse padrão foi atendido, tendo como valor mínimo 6,9 e máximo 7,61. Em relação à norma ABNT NBR 15527 de 2007, o pH também atendeu o exigido, que é de valores na faixa de 6 a 8.

Valle et al. (2007), ao analisar a água da chuva em Blumenau no estado de Santa Catarina, coletada em um telhado de cerâmica, obteve pH com valor médio igual a 5,73. Em análises desenvolvidas por Bastos (2007), no município de Vitória - ES, o pH apresentou uma média de 6,8, em água coletada na superfície de uma cisterna. Em Macéio - AL, Souza et al. (2009), fez o levantamento da qualidade da água da chuva coletada na parte inferior de uma cisterna, onde obteve valor médio para o pH de 7,62.

Para a turbidez o padrão máximo é de 5 uT, e apenas 3 ensaios (1, 2 e 3) atenderam essa legislação, variando os valores de 0,43 a 0,91 uT, ensaios esses que foram coletados na superfície do reservatório. Os ensaios 4 e 5, apresentaram 23,3 e 18,43 uT respectivamente, valor de turbidez mais elevado, podendo ser justificado pois o primeiro foi coletado após longo período sem chuva e ambos foram coletados do fundo do reservatório de armazenamento. Comparando com a ABNT NBR 15527 de 2007 os ensaios 1, 2 e 3 atendem a faixa menor que 2 uT que possibilita o uso da água para atividades restritivas, ao contrário dos ensaios 4 e 5, que não se enquadraram nem na classe dos menos restritivos, pois ultrapassaram os 5 uT.

A cor aparente foi atendida apenas nos ensaios 1 e 3, com valores de 0 e 10 uH respectivamente. Ressaltando que a legislação exige que não ultrapasse os 15 uH.

Conforme estudo de BASTOS (2007) os valores médios de turbidez e cor aparente, foram 2,9 uT e 11,9 uH respectivamente. Valores próximos ao encontrado em outro estudo, que respectivamente apresentou 3,69 uT e 10,20 uH (Souza et al., 2009). Já em estudo realizado por Valle et al. (2007), o parâmetro turbidez apresentou 4,38 uT de média e cor aparente apresentou valor médio de 33,0 uH. Em água coletada em São Carlos - SP, por Schjumann (2010), o valor médio de turbidez foi de 14,57 uT e de cor aparente 48,79 uH.

Em relação aos sólidos totais, os ensaios em que a água foi coletada na superfície teve valores iguais a zero e já os coletados próximos ao fundo, apresentaram 596 e 430 mg/L respectivamente. A água pluvial coletada por Souza et al. (2009) apresentou concentração de sólidos totais variando entre 10,00 mg/L e 198,00 mg/L. Já na pesquisa feita em área rural do município de Concórdia em Santa Catarina, apresentou um valor médio de 24,19 mg/L (PALHARES et al., 2012).

Em relação às análises de coliformes, nenhum dos ensaios atendeu a ABNT NBR 15527 de 2007, que exige ausência em 100 mL e no teste de tubos múltiplos. Os valores de NMP variaram de 280 a 500 para coliformes totais. Para coliformes termotolerantes os valores ficaram entre 350 e 900.

Para os parâmetros microbiológicos, Valle et al. (2007) constatou em seu trabalho uma média de 3474,02 NMP para coliformes termotolerantes e para coliformes totais um valor médio de 200 NMP. No estudo de May (2009) em água pluvial armazenada em uma cisterna, a média de coliformes totais superou os termotolerantes, sendo 3000 e 220 NMP, respectivamente. Com resultados parecidos Souza et al. (2009), apresentou como média de coliformes totais 2830 NMP, e 277 NMP para termotolerantes.

Com o levantamento da qualidade da água da chuva, coletada no bloco B da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Campo Mourão, tem-se que não é interessante o uso para fins potáveis como, ingestão, banho e higienização das mãos, necessitando-se de um tratamento prévio, principalmente a desinfecção, devido à constatação de patógenos. Tendo em vista o espaço físico do Câmpus, a aplicação desse uso para fins como a irrigação de gramados ou de outras atividades sem contato direto com os seres humanos seria de grande valia.

5.1.2 Qualidade da água da chuva após o tratamento

Os dados das análises após os processos de filtração e desinfecção para as colunas I, II e III, para os cinco ensaios estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Valores finais das análises da água da chuva após o tratamento.

| Parâmetro | I | | | | | II | | | | | III | | | | |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 |
| pH | 7,02 | 7,42 | 7,23 | 7,21 | 7,08 | 7,01 | 6,92 | 7,01 | 7,26 | 7,04 | 7,49 | 6,98 | 6,98 | 7,29 | 7,11 |
| Tur. (UT) | 8,15 | 6,46 | 6,8 | 4,6 | 6,26 | 7,21 | 7,88 | 6,2 | 8,8 | 6,1 | 11 | 9,9 | 12,7 | 13,3 | 9,17 |
| Temp. (°C) | 22,3 | 19,9 | 21 | 22,1 | 21,9 | 22,4 | 19,7 | 20,5 | 21 | 21,6 | 22 | 19,6 | 20,3 | 21,8 | 21,9 |
| Cor (uH) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 10 |
| SS (mL/L) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ST (mg/L) | 0 | 0 | 0 | 370 | 290 | 0 | 0 | 0 | 468 | 340 | 0 | 0 | 0 | 354 | 275 |
| SF (mg/L) | 0 | 0 | 0 | 362 | 281 | 0 | 0 | 0 | 414 | 312 | 0 | 0 | 0 | 316 | 244 |
| SV (mg/L) | 0 | 0 | 0 | 8 | 9 | 0 | 0 | 0 | 54 | 28 | 0 | 0 | 0 | 38 | 31 |
| CL (mg/L) | 1 | 0,9 | 1,1 | 0,9 | 1,1 | 1 | 0,9 | 1 | 0,9 | 1 | 0,9 | 1,1 | 1,1 | 0,9 | 0,9 |
| CS (NMP) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CT (NMP) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tur. = Turbidez; Temp. = Temperatura; Cor = Cor aparente; SS = Sólidos sedimentáveis; ST= Sólidos totais; SF = Sólidos fixos; SV = Sólidos volatéis; CL= Cloro residual livre; CS= Coliformes totais ; CT=Coliformes termotolerantes.

Fonte: Autoria própria.

Comparando a água da chuva após o tratamento com a portaria 2.914 do Ministério da saúde, foi possível constatar que apenas na coluna I (somente areia) durante o ensaio 4 a turbidez atendeu os padrões esperados que é de 5 UT. Os valores no ensaio 1, 2 e 3 foram mais baixos para água sem tratamento, pois a água da chuva estava com qualidade considerável para esse parâmetro. O motivo do aumento na turbidez pode ser o carreamento de partículas do material filtrante. Já nos ensaios 4 e 5, em que os valores estavam elevados, a filtragem melhorou a qualidade da mesma. O valor estimado pela norma ABNT NBR 15527 de 2007, para usos restritivos é de no máximo 5 uT, e apenas o ensaio 4 para coluna I atendeu esse limite.

Os valores de pH atenderam a legislação estabelecida e a norma ABNT NBR 15527. E a cor aparente apresentou valor acima do padrão estabelecido apenas no ensaio 1, para a coluna III. Foi constatada a presença de sólidos totais apenas nos ensaios 4 e 5 (fundo do reservatório), e a coluna II foi a que apresentou os maiores valores em ambos ensaios.

Em relação à desinfecção foram analisados os parâmetros coliformes e cloro residual livre. Os coliformes totais e termotolerantes foram satisfatórios tendo em vista que após a desinfecção com hipoclorito de sódio, não houve resultado positivo em nenhum teste microbiológico, atendendo a legislação. Assim como para cloro

residual livre, que deve apresentar no mínimo 0,5 mg/L para que seja efetivo no tratamento e no máximo 5 mg/L para que não ocorra problemas para a saúde humana.

Com a aplicação do tratamento alguns parâmetros como sólidos totais, coliformes e cor aparente atenderam a Portaria 2.914 do Ministério da Saúde, na maioria dos ensaios. Mas para o uso para fins potáveis a qualidade deveria ser melhorada em relação à turbidez para atendimento à legislação (5 uT).

5.2 EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE TRATAMENTO

A fim de determinar a eficiência do tratamento para os parâmetros utilizados, comparou-se os dados dos valores de água da chuva sem tratamento com os valores de saída do tratamento para cada coluna.

Para o parâmetro turbidez os ensaios coletados na superfície do reservatório, não apresentaram-se eficientes pois os valores da água da chuva bruta estavam menores do que 1uT, devido essa água estar sem grande quantidade de sólidos em suspensão, e após o tratamento os valores subiram podendo ser justificado pelo carreamento de material do filtro como frações de areia ou pó do carvão. Já nos últimos ensaios coletados no fundo do reservatório (4 e 5), observou-se uma melhor eficiência dos sistemas de tratamento (Tabela 4).

Tabela 4. Valores de eficiência do tratamento para o parâmetro turbidez.

| Coleta | Superfície | | | Fundo | | |
|-----------------------|-------------------|----|-----|--------------|-------|-------|
| Coluna | I | II | III | I | II | III |
| Eficiência (%) | 0 | 0 | 0 | 73,14 | 64,56 | 46,58 |

Na coluna I (composta somente de areia) obteve-se eficiência média de 73,14%, na remoção de turbidez. A coluna II (composta apenas de carvão) demonstrou uma média de remoção de 64,56%. A coluna que apresentou a menor

taxa de remoção de sólidos suspensos foi a coluna III (composta de carvão e areia), onde a média dos ensaios foi de 46,58%.

No trabalho desenvolvido por Junior et al. (2010), em que utiliza uma caixa d'água de 250 litros como filtro com a composição de brita, geotêxtil e areia, a remoção de turbidez foi de 79,12%. Ao utilizar um filtro composto somente por areia May (2009), alcançou eficiência média de 75,75%.

Talvez o uso da etapa de coagulação antes da filtração poderia melhorar o rendimento na remoção de turbidez. Lacerda et al. (2011) utilizando sulfato de alumínio como agente coagulante, ao comparar o valor de turbidez com e sem o uso do sulfato de alumínio, os valores com coagulação foram entre 1,32 e 1,94 uT, e sem esse processo foram de 6,88 a 7,15 uT. Carvalho (2008) aplicando o uso de coagulantes orgânicos como a quitosana, constatou no tratamento de água de rio, a diminuição de 894 para 1 uT (CARVALHO, 2008).

Quanto ao tratamento dos sólidos dissolvidos (cor aparente), todas as colunas apresentaram 100 % de eficiência para as coletas feitas na superfície do reservatório. Para a coluna I e II, nas coletas realizadas no fundo do reservatório o valor médio das eficiências foi de 100%. Com 83,33% a coluna III, apresentou o menor resultado de remoção de cor aparente (Tabela 5).

Tabela 5. Valores de eficiência do tratamento para cor aparente.

| Coleta | Superfície | | | Fundo | | |
|-----------------------|-------------------|-----|-----|--------------|-----|-------|
| Coluna | I | II | III | I | II | III |
| Eficiência (%) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 83,33 |

Na análise feita por Junior et al. (2010), a remoção da cor aparente apresentou valor médio de 77,04%. May (2009) conseguiu uma menor eficiência com uma média de 62,03 %.

A água pluvial coletada na superfície do reservatório, teve valor de sólidos totais igual a zero antes e pós tratamento, por isso não foi calculada a eficiência do tratamento. Já a água coletada para os ensaios 4 e 5 (fundo do reservatório), após o tratamento apresentou valores de eficiência baixos, tendo em visto que a maior

eficiência média foi de 38,32 para a coluna composta de areia e fino de carvão (TABELA 6)

Tabela 6. Valores de eficiência do tratamento para sólidos totais.

| Coleta | Superfície | | | Fundo | | |
|-----------------------|-------------------|----|-----|--------------|-------|-------|
| Coluna | I | II | III | I | II | III |
| Eficiência (%) | - | - | - | 35,23 | 21,20 | 38,32 |

Quando comparado com o trabalho de Junior et al. (2010) para a remoção de sólidos totais, a eficiência das colunas foram baixas, pois no trabalho citado a eficiência média foi próxima a 86%.

Após o processo de filtração nas colunas, foi aplicada a desinfecção, a qual apresentou eficiência de 100% em todos os ensaios, sendo assim recomendado o uso do hipoclorito de sódio, que se usado em doses indicadas não causa danos à saúde humana e é de fácil acesso em estabelecimentos comerciais.

Rocha et al. (2011) em seu experimento, obteve resultados semelhantes aplicando cloro estabilizado utilizado em desinfecção de piscinas e também sistema UV. Os dois sistemas atingiram 100% de eficiência na remoção de coliformes totais e termotolerantes em água da chuva coletada de um telhado de cimento amianto. May (2009), ao utilizar duas dosagens de hipoclorito de sódio, 0,06 e 0,09 mL por litro de água da chuva, obteve resultado semelhante (100% de eficiência) ao presente trabalho que utilizou 0,05 ml/L.

5.3 COMPORTAMENTO DA FILTRAGEM

Para observar o comportamento da filtração ao longo do tempo, foram construídos gráficos de parâmetro analisado *versus* mL filtrado.

5.3.1 pH

Na Figura 3 estão representados os gráficos de comportamento do pH de acordo com a quantidade de mL de água filtrada, para a água coletada na superfície do reservatório (Figura 3A) e no fundo do reservatório (Figura 3B).

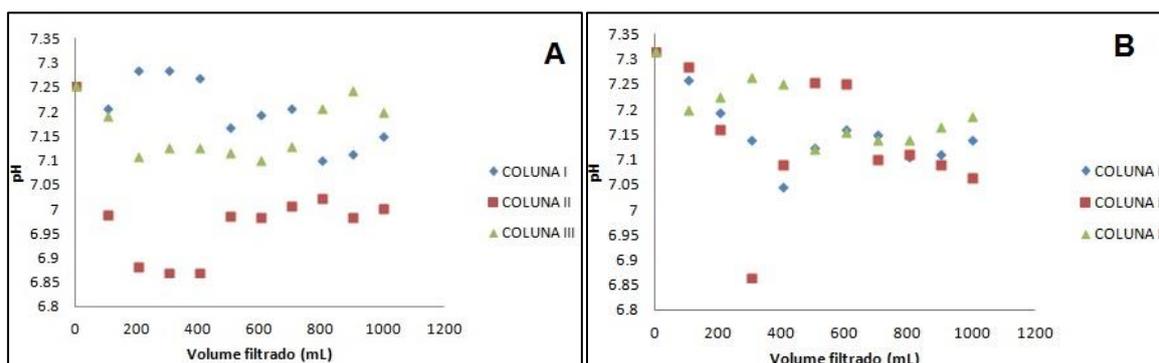


Figura 3: Gráfico do comportamento do pH para as colunas de filtragem. A. Água coletada na superfície do reservatório. B. Água coletada no fundo do reservatório.
 Fonte: Autoria própria.

A coluna I (somente areia) apresentou comportamento diferente entre as duas situações durante a série. Na água coletada na superfície teve um pequeno acréscimo no valor inicial do pH, até que se estabilizou e terminou a série em 7,15. Para a água coletada no fundo do reservatório, o valor decresceu até 7,04 e teve os últimos 100 mL filtrados com pH próximo de 7,15.

Com a composição de somente finos de carvão, a coluna II demonstrou uma queda em ambas situações. Mas ficaram com valores semelhantes no final da série, sendo 7,04 para a água coletada na superfície do reservatório de armazenamento e 7,06 para coletada no fundo do reservatório.

A coluna III apresentou um comportamento diferente nas duas séries, mas como nas outras colunas de filtragem, teve os últimos mL filtrados com valores próximos entre elas sendo 7,2 para a água superficial do recipiente de armazenamento e 7,18 para água no fundo.

Com o uso dos valores médios para as situações distintas, foi possível observar que os materiais filtrantes não influenciaram tanto na mudança de pH. Mas

nas duas situações na coluna III o valor foi maior que as demais, e a coluna II com o valor mais baixo.

5.3.2 Turbidez

Para interpretar melhor os dados, foram desenvolvidos gráficos de comportamento da remoção de turbidez de acordo com a quantidade de mL de água filtrada, para a água coletada na superfície do reservatório (Figura 4A) e no fundo do reservatório (Figura 4B).

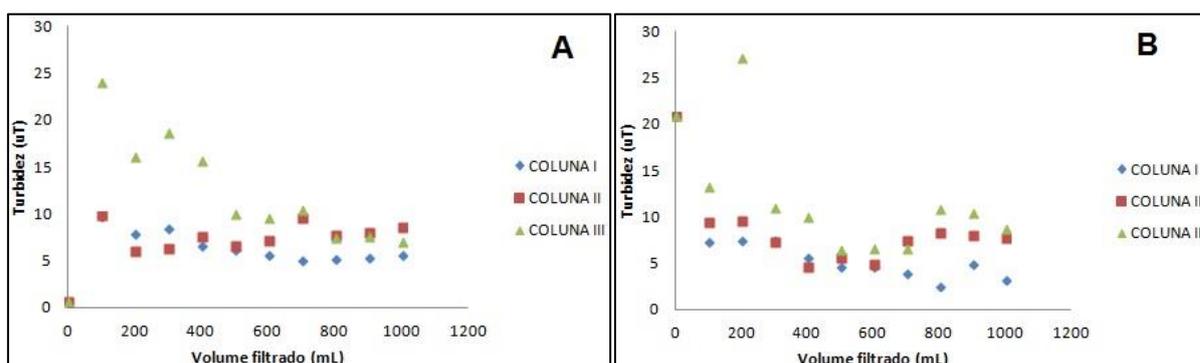


Figura 4: Gráfico do comportamento da turbidez para as colunas de filtragem. A. Água coletada na superfície do reservatório. B. Água coletada no fundo do reservatório. Fonte: Autoria própria.

Em relação à remoção de turbidez as colunas I e II apresentaram valores próximos em grande parte da série, da água coletada na superfície. Já para a coluna III houve um pico próximo a 24 uT, até que o valor diminuiu e ficou próximo as outras no final da série. Vale observar que para todas as colunas os valores ficaram acima, do valor inicial da água bruta que foi 0,68 uT de média. Isso pode ter acontecido devido ao carreamento de partículas do meio filtrante, principalmente no caso dos finos de carvão, que é um resíduo da produção de carvão vegetal.

Para a água coletada no fundo do reservatório, as colunas I e II apresentaram uma queda abaixo de 10 uT e se mantiveram sempre inferior a esse valor. Já a coluna III novamente apresentou um pico superior as demais, que nessa

ocasião foi de 27,1 uT. Mas diferente da situação da água coletada na superfície, os valores das séries terminaram todos abaixo do valor da água bruta, que nesse caso foi de 20,86 uT. Nos dois gráficos a coluna I apresentou menor valor de turbidez ao final do experimento.

5.3.3 Cor aparente

Foram elaborados gráficos do comportamento da remoção de turbidez de acordo com a quantidade de mL de água filtrada, para a água coletada na superfície do reservatório (Figura 5A) e no fundo do reservatório (Figura 5B).

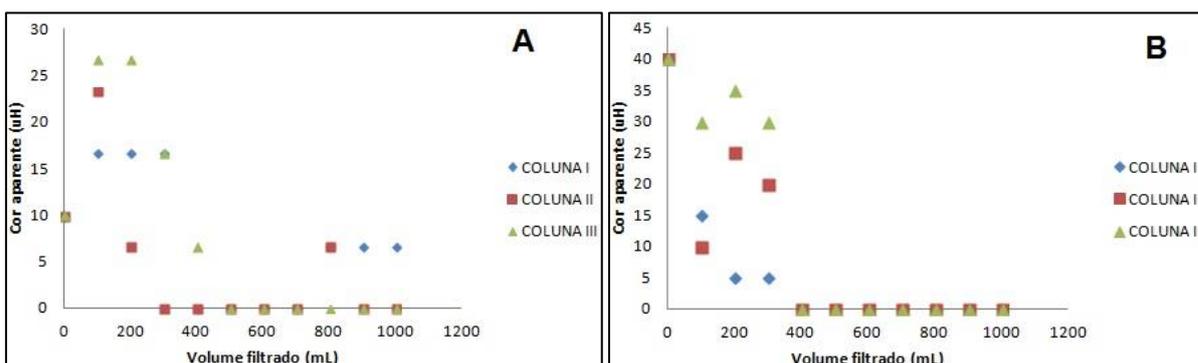


Figura 5: Gráfico do comportamento da cor aparente para as colunas de filtragem. A. Água coletada na superfície do reservatório. B. Água coletada no fundo do reservatório. Fonte: Autoria própria.

Na condição A, a coluna I apresentou um comportamento diferente das demais, foi a que teve seu pico mais baixo, chegou a 0 uH, mas depois aumentaram novamente e terminou a série com a média de 6,66 uH. As colunas II e III apresentaram picos com valores médios próximos a 25 uH, mas estabilizaram em 0 uH até o final do experimento.

Para a condição B que teve valor inicial de cor em 40, todas as colunas tiveram um decréscimo até que estabilizaram em 0 uH, a partir de 400 mL coletado.

6 CONCLUSÃO

Com o passar dos anos, um ponto questionado em diversas pesquisas científicas é a falta de legislação federal, sobre o uso e qualidade da água da chuva. Alguns projetos de lei foram criados, mas nada entrou em vigor ainda. Enquanto isso, já que não há uma imposição de leis sobre o não aproveitamento dessa fonte de água, que geralmente é perdida nas galerias das áreas urbanas, faz-se necessário contar com a consciência da população brasileira.

Neste trabalho constatou-se que a água coletada na saída do bloco B da UTFPR Câmpus Campo Mourão, não apresenta padrão de potabilidade principalmente pela presença de coliformes totais e termotolerantes. Provavelmente esses patógenos contaminaram a água em sua maioria, quando o recurso teve contato com o telhado de captação. Sendo assim, os usos indicados para essa água, são aqueles que não se tenha contato direto com os humanos.

Após o processo de tratamento a qualidade da água apresentou melhoras e os testes para coliformes deram negativo, após a desinfecção utilizando o hipoclorito de sódio. Em relação a remoção de turbidez os valores de eficiência precisa ser melhorados, pois apenas a coluna I ficou próximo ao percentual encontrado em outros trabalhos. Para a remoção de cor aparente, a eficiência foi alta tendo em vista que todas as colunas ficaram acima dos valores encontrados por outras pesquisas na área, e atendeu a legislação pertinente. O sistema de tratamento necessitaria de uma melhoria, para que seja eficiente para remover os sólidos totais.

Para o aproveitamento da água da chuva, na UTFPR Câmpus Campo Mourão, os usos sugeridos devido a qualidade encontrada após o tratamento são: lavagem de pátios, uso em descargas sanitárias, irrigação das áreas verdes do câmpus e outros que sejam de fins não potáveis.

Com a realização desse trabalho foi possível constatar, que com a aplicação de técnicas de tratamento não muito sofisticadas, pode-se chegar aos valores necessários para atender o padrão de potabilidade, mostrando a água pluvial como um recurso disponível para acabar com a falta de água de qualidade em alguns locais do mundo, onde o acesso à água potável é precário ou inexistente. Além disso, deve-se incentivar o uso para fins não potáveis, em locais onde há o desperdício de água potável com uso menos nobres.

REFERÊNCIAS

ANDRADE NETO, Cícero Onofre de. **Aproveitamento imediato da água de chuva.** Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA), Florianópolis, v. 1, n. 1. 2013. Disponível em: <<http://www.portalseer.ufba.br/index.php/gesta/article/view/7106/4878> >. Acesso em: 15 abr. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos.** Rio de Janeiro, 2007.

BASTOS , Fernanda Pereira. **Tratamento de água de chuva através de filtração lenta e desinfecção UV.** 2007. 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) –Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2007.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.**Diário Oficial da União República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 08 jan. 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm>. Acesso em: 10 abr. 2015.

BRASIL, Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Boas Práticas no Abastecimento de Água:** Procedimentos para minimização de riscos à Saúde. 2006. Disponível em: <http://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/boas_praticas_agua.pdf>. Acesso em:10 mai. 2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº. 2.914, de 12.12.2011. **Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.** Diário Oficial da União, Brasília, p.43-49, 04 de janeiro 2012. Seção 1.

CARVALHO, Maria José Herkenhoff. **Uso de coagulantes naturais no processo de obtenção de água potável.** 2008. 154 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.

CIRILO, José A.; MONTENEGRO, Suzana M. G. L.; CAMPOS, José N. B. **A questão da água no semiárido brasileiro.** In: BICUDO, Carlos E. de M.; TUNDISI, José G.; SCHEUENSTUHL, Marcos C. B. Águas do Brasil: análises estratégicas. São Paulo, 2010, Instituto de Botânica. p. 81-91.

CURITIBA. Lei nº 10.785 de 18 de setembro de 2003. **Cria no Município de Curitiba o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE**. Disponível em: < <http://multimidia.curitiba.pr.gov.br/2010/00086319.pdf>>. Acesso em: 05 mai. 2015.

EATON, A.D.; CLESCERI, L. S.; RICE, E.W.; GREENBERG, A. E. (Ed.). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21th ed. Washington: American Public Health Association; American Water Works Association; Water Pollution Control Federation. São Carlos, 2005.

FENDRICH, Roberto; OLIYNIK, Rogério. **Manual de utilização das águas pluviais: 100 Maneiras Práticas**. 1º ed. Curitiba: Livraria do chain Editora, 2002.

Fundação Nacional de Saúde, FUNASA. **Manual de cloração de água em pequenas comunidades utilizando o clorador simplificado desenvolvido pela Funasa**. 1. ed. Brasília, 2014. Disponível em: < http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manualdecloracaodeaguaempequenascomunidades.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2015.

HAGEMANN , Sabrina Elicker. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso**. 2009. 141 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) –Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

HIRT , Bruno Francisco; SANTOS, Diego Stalchmidt dos Santos. **Avaliação da filtração de águas pluviais para uso não potável**. 2011. 76 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia de Produção Civil) –Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

IAPAR, Instituto Agrônomo Paranaense. **Cartas Climáticas do Paraná**, 2000. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677>>. Acesso em: 26 de abr. 2015.

JAQUES , Reginaldo Campolino. **Qualidade da água da chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações**. 2005. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) –Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

JUNIOR, Hilton Ruoso et al. Filtro de areia para água da chuva com fluxo reverso. **Revista Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 7, n. 1, 2010. Disponível em: <<http://ferramentas.unipinhal.edu.br/engenhariaambiental/viewarticle.php?id=386>>. Acesso em: 20 out. 2015.

LACERDA, Victor Hugo Modesto S.; COSTA Welinton do Nascimento; CARVALHEDO, Maycon Myller Borges; COSTA, Orlene Silva da. **INFLUÊNCIA DA ALTURA DA COLUNA DE AREIA NO PROCESSO DE FILTRAÇÃO DIRETA**. In: IX Seminário de Iniciação Científica, VI Jornada de Pesquisa e Pós-Graduação e Semana Nacional de Ciência e Tecnologia, 2011, Anápolis. Disponível em: <http://www.prp2.ueg.br/sic2011/apresentacao/trabalhos/pdf/engenharias/sic/e_sic_influencia_da_altura_da_coluna.pdf>. Acesso em: 18 novembro. 2015.

MAACK, R. **Geografia Física do Estão do Paraná**. Curitiba: Imprensa Oficial do Paraná. 2002, 438 p.

MACEDO, Jorge Antônio Barros de. **ÁGUAS & ÁGUAS**. 1. ed. Juiz de Fora: ORTOFARMA, 2000.

_____. **A contaminação bacteriana VERSUS Água Potável VERSUS Portaria 14609/2000 e 518/2004**. Disponível em: <<http://www.jorgemacedo.pro.br/ECONFERENCIA%20CONTAMINACAO%20BACTERIANA%20X%20POR%205182004.pdf>>. Acesso em: 10 mai. 2015.

MAGALHÃES, Marcos Alves de. **Modelo do processo de filtração de água residuária de suinocultura em materiais orgânicos**. 2005. 102 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) –Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

MAIA, Claudia Maria Branco de Freitas. **Finos de carvão: fonte de carbono estável e condicionador de solos**. Documentos, 200. EMBRAPA, Colombo, 2010. Disponível em: < <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/30431/1/Doc200.pdf>>. Acesso em: 31 de mai. 2015.

MARINGÁ. Lei nº 6.076 de 21 de janeiro de 2003. **DISPÕE SOBRE O REUSO DE ÁGUA NÃO POTÁVEL E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS**. Disponível em: <<https://www.leismunicipais.com.br/a/pr/m/maringa/lei-ordinaria/2003/608/6076/lei-ordinaria-n-6076-2003-dispoe-sobre-o-reuso-de-agua-nao-potavel-e-da-outras-providencias>>. Acesso em: 05 mai. 2015.

MARINGÁ. Lei nº 6.339 de 15 de outubro de 2003. **DISPÕE SOBRE O REUSO DE ÁGUA NÃO POTÁVEL E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS**. Disponível em: < <http://cm-maringa.jusbrasil.com.br/legislacao/639776/lei-6339-03>>. Acesso em: 05 mai. 2015.

MARINGÁ. Lei nº 6.345 de 15 de outubro de 2003. **INSTITUI O PROGRAMA DE REAPROVEITAMENTO DE ÁGUAS DE MARINGÁ**. Disponível em:

<<https://www.leismunicipais.com.br/a/pr/m/maringa/lei-ordinaria/2003/635/6345/lei-ordinaria-n-6345-2003-institui-o-programa-de-reaproveitamento-de-aguas-de-maringa>>. Acesso em: 05 mai. 2015.

MAY , Simone. **Caracterização, tratamento e reúso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações**. 2009. 222 f. Tese (Doutorado em Engenharia)–Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

PALHARES, Julio Cesar Pascale et al. Qualidade da água de chuva armazenada em cisterna utilizada na dessedentação de suínos e bovinos de corte. **Revista Ambiente & Água**, v. 7, n. 1, 2012. Disponível em: < http://www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/view/822/pdf_622>. Acesso em: 20 out. 2015.

PIVELI, Roque Passos; FILHO, Sidney Seckler Ferreira Filho. **Filtração**. Disponível em < http://www.pha.poli.usp.br/default.aspx?id=27&link_uc=disciplina>. Acesso em: 01 dez. 2015.

ROCHA, Bárbara Cristina Castro de Melo et al. Avaliação de sistema de tratamento de águas de chuva coletadas em telhado de cimento amianto, utilizando filtração e desinfecção por UV e cloro. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 1, n. 3, 2011. Disponível em: <<http://revistas.ufg.br/index.php/reec/article/download/16818/10234>>. Acesso em: 20 out. 2015.

SCHJUMANN, Oliver Sototuka. **Estudo da viabilidade técnica da utilização de geotêxteis não tecidos para filtração da água da chuva**. 2010. 75 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

SOUZA, Victor Cantalice de; BARBOZA, Márcio Gomes; FERREIRA, Ivete Vasconcelos Lopes; MARQUES, Francisco José Albuquerque. Análise da qualidade da água da chuva armazenada num reservatório em Maceio-AL e suas possíveis utilizações. In: XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Campo Grande-MS, 2009. Disponível em: < http://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/e7c68a6c8914a4fb8e1895ea9b26ecd8_92c18c40bc054270c4cbdac8cec7cc43.pdf>. Acesso em: 18 out. 2015.

TELLES, D'Alkmin Telles; COSTA, Regina Pacca. **Reúso da água: conceitos, teorias e práticas**. 2. ed ampliada. São Paulo: Blucher, 2010.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva: Para áreas urbanas e fins não potáveis**. 2. ed. São Paulo: Navegar, 2003.

TOMAZ, Plínio. **Economia de água**. São Paulo: Navegar, 2009. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_economia_de_agua_170114/economia_de_agua.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2015.

VALLE, José Alexandre Borges et al. Captação e avaliação da água de chuva para uso industrial. **Revista de estudos ambientais**, v. 9, n. 2, jul. 2007. Disponível em: <<http://proxy.furb.br/ojs/index.php/rea/article/view/726>>. Acesso em: 20 out. 2015.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução a Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. 2^o ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária: UFMG, 1996. 243p.