

Universidade do Minho
Escola de Engenharia

José Miguel Pinheiro Guimarães

Análise da turvação da água num dispositivo de *first flush* com filtro incorporado para utilização em Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais

Dissertação de Mestrado

Mestrado Integrado em Engenharia Civil

Trabalho efectuado sob a orientação da

Orientadora: Professora Doutora Maria Manuela
Carvalho de Lemos Lima

Outubro 2014

AGRADECIMENTOS

Os agradecimentos aqui mencionados são dirigidos às pessoas que contribuíram significativamente para a realização desta dissertação.

Gostaria de agradecer primeiramente à Professora Doutora Maria Manuela Carvalho de Lemos Lima pela disponibilidade, orientação e empenho demonstrados ao longo desta dissertação, bem como pelas sugestões que me forneceu para uma melhor metodologia de trabalho.

Gostaria também de agradecer ao técnico do laboratório de Hidráulica de Engenharia Civil, Sr. Rui Oliveira, por todos os conselhos dados ao longo deste trabalho e também pelo apoio e disponibilidade prestados na resolução da parte experimental e laboratorial desta dissertação.

Agradeço ao Professor Júlio Ferreira da Silva por ter disponibilizado o turbidímetro Hach 2100 Q is utilizado na realização dos ensaios.

Queria agradecer ao departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho pelos recursos e condições fornecidos ao longo desta dissertação.

Gostaria de agradecer de forma especial aos meus Pais e Irmão, que me acarinharam e incentivaram na resolução deste trabalho.

Queria também agradecer à Sara Castro por toda a compreensão, apoio e carinho dados ao longo da resolução desta dissertação.

Por fim, gostava de agradecer a todos os meus amigos pela força e ajuda dada ao longo do meu percurso académico.

RESUMO

Face à crise ambiental, social e económica sentida globalmente, provocada pelo aumento populacional das últimas décadas, é necessário contrariar esta crise mudando alguns aspectos no dia-a-dia do Homem. Nesta dissertação abordar-se um aspecto muito importante no combate a essa crise sentida globalmente que é a utilização e aproveitamento da água pluvial. O aumento da população mundial tem como consequência uma maior necessidade de água, tanto para consumo doméstico, agrícola ou industrial. Por isso, é necessário tomar medidas para o uso eficiente deste bem essencial, que é esgotável.

Esta dissertação aborda um tema que foca na poupança de água nos usos domésticos, sendo a água potável substituída por água pluvial em fins menos nobres, tais como as descargas sanitárias, rega, lavagem de veículos e de roupa. Esta poupança é conseguida através de um Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais. A viabilidade do uso da água da chuva é demonstrada pela significativa redução do volume da água fornecida pelo sistema de abastecimento, tendo como consequência a diminuição dos custos em relação à água potável bem como a redução do risco de cheias em casos de episódios de pluviosidade intensos.

A metodologia de ensaio adoptada nesta dissertação consiste na recolha de amostras de água armazenada nos depósitos do dispositivo de *first flush* com filtro incorporado desenvolvido para se proceder a análise da sua turvação através do turbidímetro Hach 2100 Q is. É também analisada a turvação da água de entrada, que é uma mistura de resíduos, folhas e água.

Nesta dissertação realizam-se experiências com diferentes volumes de água, de resíduos e número de folhas. Foram utilizadas diferentes combinações destes três factores para estudar a variação da turvação da água nas diferentes etapas do dispositivo de *first flush* com filtro incorporado desenvolvido.

Com a realização deste trabalho conclui-se que utilizando o dispositivo de *first flush* com filtro incorporado desenvolvido os valores de turvação de água nos diferentes depósitos do dispositivo desenvolvido vão diminuindo ao longo do seu percurso, que todas as folhas e resíduos de maiores dimensões introduzidos nos ensaios ficam retidos no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem e que a turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem não sofre alterações significativas consoante do volume de água introduzido.

Palavras-Chaves: Águas pluviais; Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais; SAAP

ABSTRACT

With this environmental, social and economic crisis felt globally, caused by the increase of the population in recent decades, it is necessary to counter this crisis by changing some aspects in the human being daily activities. In this dissertation it is discussed a very important aspect for the combat of this crisis felt worldwide which is the use of rainwater. The increase of the world population results in a bigger need for water, for domestic, agricultural and industrial consumption. Therefore, it is necessary to take measures to use the water more efficiently because it is an exhaustible natural resource.

This dissertation addresses a theme that focuses on saving water in domestic use, replacing the drinking water by rainwater in less noble purposes such as toilet flushing, irrigation, washing vehicles and clothing. This savings are achieved through a Rainwater Harvesting System. The feasibility of using rainwater its demonstrated by the significant reduction of the volume of water supplied by the purveyance system, resulting in the reduction of costs in relation to drinking water as well as reducing the risk of flooding in the event of intense rainfall.

The test methodology adopted in this thesis is to collect samples of water stored in the deposits of the first flush device with a filter incorporated developed to analyze the water turbidity with the turbidimeter Hach 2100 Q is. It is also analyzed the turbidity of the entry water, which is a mixture of waste, leaves and water.

In this thesis, experiments are carried out with different volumes of water, waste and number of leaves. Different combinations of these three factors were used to study the variation of the turbidity of the water in various stages of the first flush device with incorporated filter developed.

With this work it is possible to conclude that using the first flush device with incorporated filter developed the values of turbidity of the water stored in the different deposits suffer a decrease along the course, that all the leaves and bigger size residues introduced into the rehearsals are held on the first deposit of washing waters and the turbidity of the water stored in the second deposit of washing waters does not change with the volume of water introduced.

Keywords: Rainwater; Rainwater Harvesting System; first flush

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE TABELAS	xix
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xxi
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Enquadramento temático	1
1.2 Objectivos da dissertação.....	2
1.3 Estrutura da dissertação	2
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 Aproveitamento da água pluvial	3
2.2 Vantagens e Desvantagens do Aproveitamento das Águas Pluviais	6
2.3 Usos da Água Pluvial Armazenada	7
2.4 Valores de Consumos por Dispositivos	7
2.5 Qualidade da Água.....	9
2.5.1 Medidas de protecção da qualidade da água pluvial armazenada	10
2.5.2 Tratamento da Água Pluvial Armazenada.....	11
3 COMPONENTES E MANUTENÇÃO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS	12
3.1 Superfície de captação	12
3.2 Órgãos de Condução.....	13
3.3 Dispositivos de primeira lavagem (<i>First Flush</i>).....	14
3.3.1 Dispositivos <i>first flush</i> existentes	15

3.4	Reservatórios de Armazenamento de Água pluvial	17
3.5	Técnicas de Tratamento.....	17
3.6	Manutenção de um Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais	19
4	CASO DE ESTUDO – DESENVOLVIMENTO DO DISPOSITIVO DE <i>FIRST FLUSH</i> COM FILTRO INCORPORADO, MATERIAIS E METODOLOGIA DE ENSAIO.....	20
4.1	Configuração do dispositivo de <i>first flush</i> com filtro incorporado desenvolvido	20
4.2	Constituição do dispositivo de <i>first flush</i> com filtro incorporado desenvolvido.....	22
4.3	Área de telhado abrangida pelo dispositivo de <i>first flush</i> com filtro incorporado desenvolvido	26
4.4	Funcionamento do dispositivo de <i>first flush</i> com filtro incorporado desenvolvido..	26
4.5	Metodologia Experimental	27
4.5.1	Procedimento	27
4.5.2	Limpeza do Dispositivo de <i>First Flush</i> com filtro incorporado desenvolvido..	32
4.5.3	Equipamento de medição da turvação	33
4.5.4	Condições experimentais	33
5	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	35
5.1	Análise da Turvação da Água	35
5.1.1	Volume de Resíduos – 50 mL.....	36
5.1.2	Volume de Resíduos – 75 mL.....	46
5.1.3	Volume de Resíduos – 125 mL.....	56
5.1.4	Volume de Resíduos – 250 mL.....	66
5.1.5	Volume de Resíduos – 400 mL.....	76

5.1.6	Volume de Resíduos – 600 mL	85
6	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	86
6.1	Conclusão.....	86
6.2	Sugestões para trabalhos futuros.....	88
	REFERÊNCIAS	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 – 1º Exemplo de Dispositivo <i>first flush</i>	16
Figura 3.2 – 2º Exemplo de Dispositivo <i>first flush</i>	16
Figura 3.3 – 3º Exemplo de Dispositivo <i>first flush</i>	17
Figura 4.1 – Esquema do dispositivo de <i>first flush</i> com filtro incorporado desenvolvido	21
Figura 4.2 – Primeiro e Segundo Depósito de Águas de Lavagem.....	22
Figura 4.3 – Aplicação da rede/filtro.....	23
Figura 4.4 – Rede/filtro	23
Figura 4.5 – Folhas Retidas no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem.....	24
Figura 4.6 – Disco de encaixe	24
Figura 4.7 – Demonstração do mecanismo com efeito tampão.....	24
Figura 4.8 – Disco de encaixe aplicado no Segundo Depósito de Águas de Lavagem.....	25
Figura 4.9 – Funcionamento do tampão com o Segundo Deposito de Águas de Lavagem cheio	25
Figura 4.10 – Dispositivo de <i>first flush</i> com filtro incorporado desenvolvido.....	26
Figura 4.11 – Amostra de Água Limpa	27
Figura 4.12 – Exemplo da quantidade de resíduos utilizada nos ensaios.....	28
Figura 4.13 – 20 Folhas de tamanhos variados	29
Figura 4.14 – 40 Folhas de tamanhos variados	29
Figura 4.15 – Mistura de folhas com Resíduos	29
Figura 4.16 – Mistura aquosa de Resíduos e folhas denominada de Água de Entrada.....	30

Figura 4.17 – Amostra de Água de Entrada.....	30
Figura 4.18 – Amostras de Água de Entrada, água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem, água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem e água armazenada no Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais	31
Figura 4.19 – Amostras introduzidas nos frascos	32
Figura 4.20 – Turbidímetro utilizado.....	33
Figura 5.1 – Amostras de água com um Volume de Resíduos de 50 mL e 20 folhas	36
Figura 5.2 – Amostras de água com um Volume de Resíduos de 50 mL e 40 folhas	36
Figura 5.3 – Média da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de <i>first flush</i> com filtro incorporado desenvolvido para um Volume de Água V1, um Volume de Resíduos de 50 mL e 20 folhas presentes na solução aquosa	38
Figura 5.4 – Média da turvação água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de <i>first flush</i> com filtro incorporado para um Volume de Água V2, um Volume de Resíduos de 50 mL e 20 folhas presentes na solução aquosa.....	39
Figura 5.5 – Média da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de <i>first flush</i> com filtro incorporado para um Volume de Água V3, um Volume de Resíduos de 50 mL e 20 folhas presentes na solução aquosa.....	40
Figura 5.6 – Média da turvação água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de <i>first flush</i> com filtro incorporado para um Volume de Água V1, um Volume de Resíduos de 50 mL e 40 folhas presentes na solução aquosa.....	42
Figura 5.7 – Média da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de <i>first flush</i> com filtro incorporado para um Volume de Água V2, um Volume de Resíduos de 50 mL e 40 folhas presentes na solução aquosa.....	43
Figura 5.8 – Média da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de <i>first flush</i> com filtro incorporado para um Volume de Água V3, um Volume de Resíduos de 50 mL e 40 folhas presentes na solução aquosa.....	44
Figura 5.9 – Amostras de água com um Volume de Resíduos de 75 mL e 20 folhas	46

Figura 5.10 – Amostras de água com um Volume de Resíduos de 75 mL e 40 folhas.....	46
Figura 5.11 – Média da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de <i>first flush</i> com filtro incorporado para um Volume de Água V1, um Volume de Resíduos de 75 mL e 20 folhas presentes na solução aquosa	48
Figura 5.12 – Média da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de <i>first flush</i> com filtro incorporado para um Volume de Água V2, um Volume de Resíduos de 75 mL e 20 folhas presentes na solução aquosa	49
Figura 5.13 Média da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de <i>first flush</i> com filtro incorporado para um Volume de Água V3, um Volume de Resíduos de 75 mL e 20 folhas presentes na solução aquosa	50
Figura 5.14 – Média da turvação água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de <i>first flush</i> com filtro incorporado para um Volume de Água V1, um Volume de Resíduos de 75 mL e 40 folhas presentes na solução aquosa	52
Figura 5.15 – Média da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de <i>first flush</i> com filtro incorporado para um Volume de Água V2, um Volume de Resíduos de 75 mL e 40 folhas presentes na solução aquosa	53
Figura 5.16 – Média da turvação água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de <i>first flush</i> com filtro incorporado para um Volume de Água V3, um Volume de Resíduos de 75 mL e 40 folhas presentes na solução aquosa	54
Figura 5.17 – Amostras de água com um Volume de Resíduos de 125 mL e 20 folhas.....	56
Figura 5.18 – Amostras de água com um Volume de Resíduos de 125 mL e 40 folhas.....	56
Figura 5.19 – Média da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de <i>first flush</i> com filtro incorporado para um Volume de Água V1, um Volume de Resíduos de 125 mL e 20 folhas presentes na solução aquosa	58
Figura 5.20 – Média da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de <i>first flush</i> com filtro incorporado para um Volume de Água V2, um Volume de Resíduos de 125 mL e 20 folhas presentes na solução aquosa	59

Figura 5.21 – Média da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de <i>first flush</i> com filtro incorporado para um Volume de Água V3, um Volume de Resíduos de 125 mL e 20 folhas presentes na solução aquosa.....	60
Figura 5.22 – Média da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de <i>first flush</i> com filtro incorporado para um Volume de Água V1, um Volume de Resíduos de 125 mL e 40 folhas presentes na solução aquosa.....	62
Figura 5.23 – Média da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de <i>first flush</i> com filtro incorporado para um Volume de Água V2, um Volume de Resíduos de 125 mL e 40 folhas presentes na solução aquosa.....	63
Figura 5.24 – Média da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de <i>first flush</i> com filtro incorporado para um Volume de Água V3, um Volume de Resíduos de 125 mL e 40 folhas presentes na solução aquosa.....	64
Figura 5.25 – Amostras de água com um Volume de Resíduos de 250 mL e 20 folhas	66
Figura 5.26 – Amostras de água com um Volume de Resíduos de 250 mL e 40 folhas	66
Figura 5.27 – Média da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de <i>first flush</i> com filtro incorporado para um Volume de Água V1, um Volume de Resíduos de 250 mL e 20 folhas presentes na solução aquosa.....	68
Figura 5.28 – Média da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de <i>first flush</i> com filtro incorporado para um Volume de Água V2, um Volume de Resíduos de 250 mL e 20 folhas presentes na solução aquosa.....	69
Figura 5.29 – Média da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de <i>first flush</i> com filtro incorporado para um Volume de Água V3, um Volume de Resíduos de 250 mL e 20 folhas presentes na solução aquosa.....	70
Figura 5.30 – Média da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de <i>first flush</i> com filtro incorporado para um Volume de Água V1, um Volume de Resíduos de 250 mL e 40 folhas presentes na solução aquosa.....	72

Figura 5.31 – Média da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de <i>first flush</i> com filtro incorporado para um Volume de Água V2, um Volume de Resíduos de 250 mL e 40 folhas presentes na solução aquosa	73
Figura 5.32 – Média da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de <i>first flush</i> com filtro incorporado para um Volume de Água V3, um Volume de Resíduos de 250 mL e 40 folhas presentes na solução aquosa	74
Figura 5.33 – Amostras de água com um Volume de Resíduos de 400 mL e 20 folhas	76
Figura 5.34 – Amostras de água com um Volume de Resíduos de 400 mL e 40 folhas	76
Figura 5.35 – Média da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de <i>first flush</i> com filtro incorporado para um Volume de Água V1, um Volume de Resíduos de 400 mL e 20 folhas presentes na solução aquosa	78
Figura 5.36 – Média da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de <i>first flush</i> com filtro incorporado para um Volume de Água V2, um Volume de Resíduos de 400 mL e 20 folhas presentes na solução aquosa	79
Figura 5.37 – Média da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de <i>first flush</i> com filtro incorporado para um Volume de Água V3, um Volume de Resíduos de 400 mL e 20 folhas presentes na solução aquosa	80
Figura 5.38 – Média da turvação água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de <i>first flush</i> com filtro incorporado para um Volume de Água V1, um Volume de Resíduos de 400 mL e 40 folhas presentes na solução aquosa	82
Figura 5.39 – Média da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de <i>first flush</i> com filtro incorporado para um Volume de Água V2, um Volume de Resíduos de 400 mL e 40 folhas presentes na solução aquosa	83
Figura 5.40 – Média da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de <i>first flush</i> com filtro incorporado para um Volume de Água V3, um Volume de Resíduos de 400 mL e 40 folhas presentes na solução aquosa	84

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 – Consumos unitários e anuais por dispositivo ou utilização	8
Tabela 3.2 – Técnicas de tratamento de água pluvial.....	18
Tabela 3.3 – Frequência da manutenção dos componentes dos SAAP	19
Tabela 4.1 - Dimensões dos depósitos do dispositivo de <i>first flush</i> com filtro incorporado desenvolvido.....	22
Tabela 4.2 – Combinações de volume de água, resíduos e número de folhas utilizadas nos ensaios realizados	34
Tabela 5.1 – Valores de Turvação com Volume de Resíduos de 50 mL e 20 folhas presentes na solução aquosa	37
Tabela 5.2 - Valores de Turvação com Volume de Resíduos de 50 mL e 40 folhas presentes na solução aquosa	41
Tabela 5.3 – Percentagem de redução da turvação da água nos diferentes depósitos em comparação com a turvação da Água de Entrada.....	45
Tabela 5.4 - Valores de Turvação com Volume de Resíduos de 75 mL e 20 folhas presentes na solução aquosa	47
Tabela 5.5 - Valores de Turvação com Volume de Resíduos de 75 mL e 40 folhas presentes na solução aquosa	51
Tabela 5.6 - Percentagem de redução da turvação da água nos diferentes depósitos em comparação com a turvação da Água de Entrada.....	55
Tabela 5.7 - Valores de Turvação com Volume de Resíduos de 125 mL e 20 folhas presentes na solução aquosa	57
Tabela 5.8 - Valores de Turvação com Volume de Resíduos de 125 mL e 40 folhas presentes na solução aquosa	61

Tabela 5.9 - Percentagem de redução da turvação da água nos diferentes depósitos em comparação com a turvação da Água de Entrada	65
Tabela 5.10 - Valores de Turvação com Volume de Resíduos de 250 mL e 20 folhas presentes na solução aquosa.....	67
Tabela 5.11 - Valores de Turvação com Volume de Resíduos de 250 mL e 40 folhas presentes na solução aquosa.....	71
Tabela 5.12 - Percentagem de redução da turvação da água nos diferentes depósitos em comparação com a turvação da Água de Entrada	75
Tabela 5.13 - Valores de Turvação com Volume de Resíduos de 400 mL e 20 folhas presentes na solução aquosa.....	77
Tabela 5.14 - Valores de Turvação com Volume de Resíduos de 400 mL e 40 folhas presentes na solução aquosa.....	81

LISTA DE ABREVIATURAS

ANQIP - Associação Nacional da Qualidade de Instalações Prediais

ONU - Organização das Nações Unidas

PNUEA - Plano Nacional para Uso Eficiente da Água

SAAP - Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais

ETA – Especificação Técnica

INAG – Instituto Nacional da Água

UNT - Unidades Nefelométricas de Turvação

OMS – Organização Mundial de Saúde

AL – Turvação da Água Limpa

MAL – Média da Turvação da Água Limpa

AE – Turvação da Água de Entrada

MAE – Média da Turvação da Água de Entrada

PDAL – Turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem

MPDAL – Média da Turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem

SDAL – Turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem

MSDAL – Média da Turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem

DAAP – Turvação da água armazenada no Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais

MDAAP – Média Turvação da água armazenada no Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento temático

A água é um recurso muito importante para a existência de vida no planeta. Segundo Bertolo (2006) apenas 3% de toda a água existente na terra é água doce, sendo os restantes 97% água salgada. Desses 3% de água doce, apenas 1% está disponível para o Homem.

Devido a esta escassez de água doce, essencial para a existência de vida no planeta, é necessário poupar e preservar este recurso vital. O aproveitamento das águas pluviais surge como uma boa alternativa para poupar água de boa qualidade em actividades que não requeiram uma água de tão boa qualidade.

O aproveitamento das águas pluviais para usos urbanos é uma prática muito antiga que tem sido cada vez menos exercida, muito devido à expansão dos sistemas de abastecimento público de água e também devido à falta de informação das populações acerca dos Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais e do estado das reservas de água doce disponíveis.

Porem, prevê-se um aumento desta prática em todo o Mundo com o objectivo de conservar a água doce, de conservar o ciclo urbano de água e de usar a água de forma mais eficiente e racional.

O abastecimento de água potável em várias zonas do planeta tem vindo a ser cada vez mais difícil de se realizar, havendo muitos países que já sofrem de escassez de água e com a tendência de que o número de países com essa escassez aumente. O abastecimento de todas as zonas do planeta é o grande desafio para o ser humano no século XXI.

Segundo Victorino (2007) esta escassez deve-se essencialmente ao crescimento da população. Outros factores que contribuem para essa escassez são avanço tecnológico e industrial que fez com que houvesse mudanças nos hábitos diários das populações, aumentando os consumos de água, o aumento das áreas urbanas e o facto da água ser um recurso finito.

A água pluvial pode substituir a água de boa qualidade em algumas actividades diárias, conduzindo assim para o uso mais racional e eficiente da água de boa qualidade pretendido.

O valor da água a nível económico, financeiro e social tem vindo a aumentar visto que a água é um recurso finito e essencial para a existência de vida no nosso planeta.

1.2 Objectivos da dissertação

Esta dissertação tem como objectivos o estudo da utilização das águas pluviais e identificar as vantagens e desvantagens da utilização da água pluvial nas actividades praticadas diariamente pelo ser humano. Tem ainda como objectivo o estudo da turvação nas diferentes etapas do dispositivo de *first flush* com filtro incorporado desenvolvido, que foi construído à escala real no laboratório de Hidráulica e Recursos Hídricos da Universidade do Minho, em Azurém. São também objectivos desta dissertação o desenvolvimento de um dispositivo de *first flush* com filtro incorporado económico que cumpra todos os requisitos necessários à sua utilização e que seja adaptável a uma habitação em reabilitação e o incentivo à utilização de um SAAP.

Este trabalho tem ainda como objectivos mostrar ao leitor em que é que consiste um Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais, no âmbito de o informar acerca dos seus componentes e o seu funcionamento e alertar o leitor acerca das vantagens a nível ambiental da utilização deste sistema, sensibilizando-o para uma utilização racional da água potável e promover o uso eficiente da água.

1.3 Estrutura da dissertação

Esta dissertação está dividida em 6 capítulos. O capítulo 1 é o capítulo introdutório desta dissertação onde é feito um enquadramento temático, onde são mencionados os objectivos desta dissertação e onde é feita a descrição da estrutura desta dissertação.

O capítulo 2 é o capítulo que serve as bases teóricas da realização desta dissertação. É onde se encontra a revisão bibliográfica.

O capítulo 3 é o capítulo onde se encontra a descrição dos componentes do SAAP, sendo referenciados os seus materiais e as suas funções.

O capítulo 4 é o capítulo onde se descreve a configuração do dispositivo de *first flush* com filtro incorporado desenvolvido, assim como os materiais que o constituem. Descrevem-se igualmente os equipamentos e a metodologia de ensaio.

O capítulo 5 é o capítulo onde são apresentadas e discutidos os resultados deste trabalho. Por fim, o capítulo 6 é o capítulo onde são apresentadas as conclusões desta dissertação e algumas sugestões para trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta algumas noções acerca da prática do aproveitamento das águas pluviais, recorrendo aos sistemas de aproveitamento de águas pluviais, algumas vantagens e desvantagens do aproveitamento das águas pluviais e os potenciais usos da água pluvial nas actividades diárias do ser humano.

2.1 Aproveitamento da água pluvial

A água representa, para além de ser um recurso essencial para existência de vida na Terra, um factor importante para o desenvolvimento económico, financeiro e social de um país. Deve ser garantida uma elevada eficiência da sua utilização para evitar o desperdício deste bem muito precioso.

Foi criado em 2001 um plano, denominado de Plano Nacional para Uso Eficiente da Água (PNUEA), pelo Instituto da Água, com o objectivo de promover o uso eficiente da água em Portugal, especialmente nos sectores urbano, agrícola e industrial, contribuindo para minimizar os riscos de escassez hídrica e para melhorar as condições ambientais nos meios hídricos, sem pôr em causa as necessidades vitais e a qualidade de vida das populações, bem como o desenvolvimento socioeconómico do país.

Nem toda a água captada é realmente aproveitada, uma vez que existe uma parcela importante de desperdício associada a perdas no sistema de armazenamento, transporte e distribuição e ao uso ineficiente da água para os fins previstos.

Este plano é sustentado pelas seguintes razões (PNUEA, 2012);

- Representa um interesse económico a nível nacional, devido a que as poupanças potenciais de água corresponderem a um valor muito relevante de cerca de 0,64% do Produto Interno Bruto nacional;
- Representa um interesse a nível económico a nível empresarial devido à água ser um dos factores mais importantes na produção nos diferentes sectores de actividade económica. Uma utilização mais eficiente da água aumentará a competitividade empresarial nos mercados nacional e internacional;

- Representa um aviso ambiental, na medida em que há uma maior consciencialização da sociedade de que os recursos hídricos são finitos e que, devido a esse factor, há uma necessidade de os proteger e conservar;
- Representa uma necessidade estratégica relativamente às reservas de água no país, na medida em que não ocorram problemas graves de escassez de água;
- Representa a obrigação do país em termos de legislação comunitária, tais como a Directiva Quadro, em termos da conservação da água e da crescente aplicação de custos reais no uso da água, como a Directiva IPPC, em termos da utilização das melhores técnicas disponíveis para o uso eficiente da água nos diferentes sectores industriais;
- Representa um interesse económico para o cidadão, devido a permitir uma redução dos encargos com a utilização da água, havendo uma redução do volume consumido e uma eventual descida de escalão, sem prejudicar a qualidade de vida do agregado familiar e salvaguardando a saúde pública.

Ao reduzir os consumos de água, iremos reduzir os consumos de energia, o que tem como consequência a redução das emissões de carbono, sendo uma medida importante para a preservação do meio ambiente.

É necessário melhorar a eficiência hídrica pois representa um imperativo ambiental, visto que a água é um recurso limitado que é necessário proteger, conservar e gerir para garantir a sustentabilidade dos ecossistemas e dos serviços que estes proporcionam à sociedade em geral e para garantir a sustentabilidade de outros recursos intrinsecamente associados.

Representa uma necessidade estratégica sendo que o aumento das disponibilidades e das reservas de água no país é fundamental, representa um factor de interesse económico directo tanto como para o país como o para o consumidor, representa uma obrigação do país, em termos normas nacionais e comunitárias e representa também um imperativo ético, visto que a água é fundamental para a vida, precisa de ser gerida tendo em conta as gerações seguintes.

Tal como todos os outros países, em Portugal, as alterações do clima e a degradação ambiental fazem com que a água seja cada vez mais um recurso limitado e com um custo cada vez mais elevado. Com o aumento da ocupação humana há uma crescente impermeabilização dos solos, o que traz como consequência um aumento dos escoamentos superficiais de água resultando num aumento de inundações e diminuição das recargas das águas subterrâneas.

O preço da água tem vindo a aumentar ao longo dos anos e está prevista esta tendência continuar nos próximos anos. Em Portugal é atingido anualmente um desperdício doméstico de água de cerca 750 milhões de euros, o que representa uma situação alarmante que necessita de ser resolvida com alguma urgência. É necessário implementar medidas para um melhor aproveitamento da água.

Devido a estas situações alarmantes, o aproveitamento de água pluvial surge como uma boa medida no combate ao desperdício de água potável em actividades nas quais não seja necessário a utilização de água de boa qualidade, sendo substituída pela água pluvial, que é uma água de pior qualidade.

Este conceito de aproveitamento de água pluvial para usos urbanos não é novo no nosso país. Existem vários locais do país onde a água pluvial é utilizada em várias actividades diárias. Porém, esta prática tem vindo a sofrer um decréscimo na utilização devido ao facto da expansão dos sistemas de abastecimento público de água.

Segundo Oliveira (2007), esta pratica ganha novamente força, no âmbito da renaturalização do ciclo urbano, da conservação e da procura de soluções mais sustentáveis da água.

Casos como a Alemanha e a Inglaterra que enfrentam alguns problemas com a escassez da água, fizeram com que esses países começassem a utilizar sistemas de aproveitamento e reciclagem de águas.

Existem países, como o Japão, em que há incentivos financeiros para quem investir nesta prática do uso de sistemas de aproveitamento de águas pluviais.

O aproveitamento das águas pluviais é visto como uma prática viável a adoptar para que se consiga atingir a eficiência da utilização dos recursos hídricos referidos no PNUEA, e reduzir o consumo de água potável.

A situação ideal para esta pratica ser novamente introduzida em Portugal seria que houvesse incentivos financeiros, tal como acontece, por exemplo, no Japão, para quem aderisse a esta prática.

2.2 Vantagens e Desvantagens do Aproveitamento das Águas Pluviais

Tal como muitas outras práticas, a captação e aproveitamento de água pluvial apresenta muitas vantagens mas também tem o seu lado desvantajoso.

Segundo Bertolo (2006) e Araújo (2007), esta prática permite:

- Reduzir o consumo de água da rede pública e o custo associado;
- Reduzir os custos de exploração dos sistemas de abastecimento de água;
- Contribuir para a conservação da água;
- Reduzir a dependência que existe das reservas de água subterrânea;
- Contribuir para controlar as inundações, armazenando parte da água responsável pelo escoamento superficial;
- Evitar a utilização de água potável em usos compatíveis com qualidade inferior, como por exemplo, na lavagem de pavimentos, rega de hortas e jardins, *etc.* ;

Outras vantagens da utilização de um SAAP são:

- Baixo impacto ambiental;
- Fácil manutenção e baixos custos de operação e manutenção;
- Fácil construção;
- Redução da utilização de detergentes visto que a água pluvial tem características que permitem uma melhor lavagem com menor quantidade de detergentes;
- Não cria calcário nas máquinas de lavar roupa;
- É a água ideal para a rega;

As desvantagens do SAAP são:

- Dependência da variação temporal da precipitação;
- Dependência da área de captação;

- Elevado investimento inicial;
- Qualidade da água que se não for devidamente tratada poderá pôr em causa a saúde humana e o funcionamento das componentes do sistema;
- Necessidade de cuidado para evitar comunicação com a rede de água potável;
- Necessidade de alguma atenção à manutenção e exploração do sistema.

O aproveitamento de água pluvial deve ter um tratamento adequado (filtração e desinfecção) com alguma exigência consoante a qualidade da água e o uso a que se destina. No PNUEA (2012) é mencionado um problema que poderá surgir na sequência da aplicação desta técnica, nomeadamente, a aceitabilidade social devido ao contacto das pessoas com a água poder afectar a sua saúde.

2.3 Usos da Agua Pluvial Armazenada

Segundo a ETA 0701, a água pluvial pode ter, entre outros, os seguintes usos:

- Descarga de bacias de retrete;
- Lavagem de roupas;
- Lavagem de pavimentos;
- Lavagem de automóveis;
- Rega de zonas verdes;
- Usos industriais (torres de arrefecimento, redes de incêndio, AVAC, etc.).

2.4 Valores de Consumos por Dispositivos

No dimensionamento dos SAAP devem ser considerados os diferentes valores de consumo que os diferentes dispositivos e utilizações possuem. Na tabela 2.1 são indicados os valores de cada um desses dispositivos e utilizações, valores esses que foram estimados com base em dispositivos classificados pelo sistema ANQIP de Certificação e Rotulagem de Eficiência Hídrica de Produtos na “categoria A”, dado não se considerar coerente a utilização de um sistema de aproveitamento de água da chuva com dispositivos não eficientes.

Análise da turvação da água num dispositivo de *first flush* com filtro incorporado para utilização em Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais

Dispositivo ou utilização		Consumo unitário	Consumo anual estimado		
Autoclismos (categoria "A") ¹ em residências		24 L / (pessoa.dia)	8800 L / pessoa		
Autoclismos (categoria "A") ¹ em edifícios de serviços (escritórios, etc.)		12 L / (pessoa.dia)	4400 L / pessoa		
Autoclismos (categoria "A") ¹ em edifícios escolares		6 L / (pessoa.dia)	2200 L / pessoa		
Lavagem de roupa (maquina da categoria "A") ²		10 L / (pessoa.dia)	3700 L / pessoa		
Limpezas gerais	Lavagem de pavimentos	5 L / m ²	1000 L / pessoa ³		
	Lavagem de automóveis (self-service)	50 L / automóvel			
Zonas Verdes (valores para anos médios) ⁴	Valores totais (em 6 meses) -Abril a Setembro-	Relvados ⁵	-	450 a 800 L / m ²	
		Jardins ⁶	-	60 a 400 L / m ²	
		Campos de golfe ^{7,8}	-	200 a 450 L / m ²	
	Valores máximos (por dia) -no Verão-	Relvados ⁵	5 a 7 L / m ²	-	-
		Jardins ⁶	1,5 a 5 L / m ²	-	-
		Campos de golfe ^{7,8}	2 a 4,5 L / m ²	-	-

Tabela 2.1 – Consumos unitários e anuais por dispositivo ou utilização

Fonte: ETA 0701

1 Autoclismo de 6 litros com dupla descarga.

2 Máquina com consumo de 9 a 12 litros por kg.

3 Trata-se de uma estimativa grosseira para residências, pois o global pode variar de forma muito significativa.

4 Considera-se que, em Portugal, a rega de espaços verdes deve ser considerada como uma utilização temporalmente limitada nos SAAP, dado que as maiores necessidades de rega surgem nos períodos de estiagem mais prolongados. Por este motivo, entende-se que não há interesse em considerar valores totais superiores aos indicados como estimativas médias semestrais. Deve ainda salientar-se a tendência actual para a realização de jardins sem necessidade de rega.

5 Função do tipo de relva, do tipo de solo e da zona do país.

6 Função do tipo de culturas, do tipo de solo e da zona do país (considerando um misto de relvados e zonas arbustivas).

7 Valor médio, ponderando as áreas destinadas a *greens e tees*, a *farways e surrounds*, a *roughs e semi roughs* e a zonas de enquadramento.

8 Função do tipo de solo e da zona do país.

2.5 Qualidade da Água

A utilização de água pluvial para as diversas actividades do quotidiano do ser humano já é praticada a milhares de anos, sendo que ainda é praticada presentemente e tudo indica que futuramente também assim será. Segundo Coombes (2002), há mais de 3 milhões de australianos usam a água pluvial para beber. O risco de contrair doenças através da água pluvial armazenada nos reservatórios é pequeno mas existem vários casos em que originou doenças. Nestes casos em que a água pluvial é utilizada para beber é necessário existir um tratamento específico da água, de forma a eliminar eventuais impurezas que prejudiquem a saúde do Homem.

Apesar de haver habitantes que bebam a água pluvial, é aconselhável que esta seja apenas utilizada para fins menos nobres, como por exemplo utilizar a água pluvial nas máquinas de lavar roupa, na lavagem de automóveis, nas descargas sanitárias, devido a presença de impurezas que comprometem a saúde humana.

A água pluvial é uma água natural muito macia, com dureza nula, o que é um aspecto favorável para todos os fins práticos. É uma água com poucos minerais e sais dissolvidos, tendo uma qualidade semelhante á qualidade da água destilada.

O Guidance on the use of rainwater tanks (1998) refere que a água pluvial antes de entrar em contacto com a superfície de captação é uma água limpa, suave e isenta de microorganismos e contaminantes químicos. Só depois de entrar em contacto com a superfície de captação e percorrer o caminho até ao reservatório é que há um aumento da sua contaminação química, física e microbiológica porque arrasta bactérias, algas e outros resíduos para o interior do reservatório. Porem, existem várias áreas do planeta que se encontram muito desenvolvidas a nível industrial o que faz com que a atmosfera se encontre poluída a um nível que a água pluvial é considerada imprópria para beber. Metais pesados, tais como o chumbo, causam potenciais riscos, sobretudo em áreas com densidade de tráfego elevada, ou na proximidade de indústrias de maquinaria pesada (Yaziz *et al.*, 1989; Thomas e Greene, 1993).

Apesar de existirem numerosas fontes de poluição atmosférica os níveis de contaminação da água da chuva são baixos, na maior parte do mundo, especialmente em locais rurais e ilhas.

2.5.1 Medidas de protecção da qualidade da água pluvial armazenada

Para que a qualidade da água pluvial armazenada seja preservada ou, se possível, melhorada é necessário adoptar algumas medidas para que isso aconteça. Medidas como a elaboração de um projecto adequado a cada situação, executar a manutenção necessária, operar correctamente o sistema, utilizar dispositivos *first flush* e efectuar algum tratamento da água pluvial captada caso seja necessário são algumas das medidas essenciais para não piorar a qualidade da água armazenada num SAAP.

2.5.1.1 Parâmetros essenciais para um projecto adequado de um SAAP

Um SAAP terá que ser projectado consoante as necessidades do consumidor, o local onde irá ser projectado, entre outros requisitos. É necessário então assegurar que o projecto do SAAP seja adequado a cada situação de maneira a que a qualidade da água pluvial armazenada no reservatório seja preservada. A qualidade da água armazenada tende a melhorar após o seu armazenamento desde que a presença de microorganismos, a entrada de luz e a agitação dos sedimentos acumulados no fundo do reservatório não aconteçam.

Segundo Bertolo (2006), todos os projectos de um SAAP devem incluir de maneira a que sejam adequados:

- Malhas de filtragem em todas as entradas de água de forma a impedir a entrada de insectos, sapos, cobras, entre outros seres vivos, no reservatório;
- Protecção contra a entrada de luz de forma a prevenir o crescimento de algas;
- Tubagens de saída de água dos reservatórios 5 cm acima, pelo menos, do fundo dos reservatórios;
- Um fundo de reservatório inclinado em direcção a uma depressão;
- Uma entrada com medidas que permitam a entrada de um técnico para a inspecção de forma a facilitar as operações de manutenção e limpeza do reservatório;
- Um telhado impermeável com materiais não tóxicos;
- Um sistema de filtragem e um dispositivo de *first flush* de forma impedir a entrada de uma água com elevada concentração de detritos no reservatório.

2.5.2 Tratamento da Água Pluvial Armazenada

Apenas se deve realizar o tratamento da água pluvial armazenada se a recolha higiénica e a utilização dessa água assegurarem que não irá sofrer novamente uma contaminação e se este tratamento for feito correctamente.

Os tipos de tratamento mais usuais são a filtração e a desinfecção, quer por cloro, por exposição a radiações UV ou mesmo por exposição a luz natural.

O tipo de tratamento deve variar consoante o uso pretendido para essa água. Se se pretende utilizar a água pluvial para actividades no interior das habitações, quer para usos potáveis ou não potáveis, incluindo descargas sanitárias e/ou chuveiros, deverão ser aplicadas praticas mais apropriadas e eficazes de desinfecção e filtração. Quando se pretende utilizar a água pluvial captada e armazenada para actividades exteriores, tais como lavagem de carros e rega de jardins, o tratamento já não necessita de ser tão rigoroso.

Herrmann e Schmida (1999) referem que o processo de limpeza mais eficiente para a água da chuva que escorre no telhado é a sedimentação natural que ocorre no reservatório de armazenamento de águas pluviais. Outro método de tratamento que é simples mas eficaz é evitar a mistura turbulenta no interior do reservatório de armazenamento porque é uma forma de prevenir que os sedimentos entrem na coluna de água.

3 COMPONENTES E MANUTENÇÃO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Um SAAP doméstico é constituído por vários componentes, todos eles com diferentes funções ao longo do percurso desde que a água pluvial entra em contacto com a superfície de captação até a sua utilização nas diversas actividades praticadas pelo ser humano. Neste capítulo serão mencionados todos esses componentes, bem como uma descrição das suas características e funções e como deverá ser realizada a manutenção do sistema.

3.1 Superfície de captação

Existem várias superfícies de captação dos SAAP mas a mais usual é o telhado da habitação. A qualidade da água pluvial difere antes e depois de entrar em contacto com a superfície de captação devido aos materiais utilizados na construção dessa mesma superfície, dos detritos que lá se depositam e da sua manutenção.

Como qualquer outra superfície, os telhados devem ser lavados uma ou duas vezes por ano, de preferência no fim de períodos de seca, para que a água pluvial não contenha tantos detritos. Os telhados estão sujeitos a vários tipos de detritos prejudiciais a qualidade da água pluvial tais como folhas de árvores, dejectos de gatos, pássaros e roedores e pó. Uma maneira de reduzir essa quantidade de detritos presentes nos telhados é podar as arvores que estão pendentes sobre os telhados de maneira a reduzir a quantidade de folhas e também criar barreiras que impossibilitem o acesso de animais.

Poderão existir outras aplicações montadas no telhado, tais como ar condicionado e painéis solares, em que a descarga de água não deve ser drenada para a superfície de captação da água pluvial.

Em relação aos materiais que poderão constituir os telhados, existe uma vasta variedade, como por exemplo as telhas de cimento ou argila, lâminas de liga de zinco/alumínio e de aço galvanizado, fibrocimento, lâminas de policarbonatos ou de fibra de vidro e ardósia. Independentemente dos materiais utilizados na construção das superfícies de captação, é aconselhável o desvio da primeira chuvada, porque essa chuvada contém grande quantidade de detritos e pó.

A quantidade de água recolhida depende do tamanho e da textura do telhado. Quanto maior for a impermeabilidade e quanto mais macio e liso for o material, maior é a quantidade de água recolhida.

As perdas ocorrem também nos órgãos encarregues de conduzir a água, tais como as caleiras e tubos de queda, e no armazenamento.

Porem, independentemente do material que constitui o telhado é assumido um valor de perdas na precipitação anual de 25%. Estas perdas dependem de vários factores, tais como do material e textura do telhado (o qual reduz a velocidade do escoamento), da evaporação, e de ineficiências no processo de recolha.

Segundo Bertolo (2006) existem alguns aspectos a ter em consideração aquando da escolha dos materiais a utilizar na construção dos telhados que são:

- No caso de se tratar de uma construção nova deve adoptar-se uma cobertura de metal devido à sua durabilidade e ao facto da superfície ser lisa;
- As coberturas de telha de argila e de ardósia também são apropriadas para o aproveitamento da água da chuva para utilização em água potável. Como são porosas, podem ser revestidas com pinturas especiais, evitando assim o crescimento bacteriano;
- As coberturas de fibrocimento, de placas de madeira tratada quimicamente e alguns telhados pintados ou com protecção de betume podem lixiviar materiais tóxicos na água da chuva, a qual é recomendada apenas para usos não potáveis;
- O chumbo não deve ser aplicado nem no telhado, nem na soldadura das caleiras, pois a qualidade ligeiramente ácida da água da chuva pode dissolvê-lo contaminando a mesma.

3.2 Órgãos de Condução

Após a água pluvial ser captada na superfície de captação, esta precisa de ser conduzida até ao local de armazenamento da mesma. A água pluvial que se encontra no telhado é então recolhida nas caleiras presentes no telhado e é conduzida através de tubos de queda até ao reservatório.

As caleiras recolhem a água que esta misturada com sedimentos, dejectos de animais, detritos e folhas. A acumulação destes detritos nos órgãos de condução pode proporcionar o

crescimento bacteriano e contribuir para a contaminação da água armazenada (Cunliffe, 1998). De forma a limitar a contaminação da água deverá realizar-se a inspecção regular e a limpeza dos órgãos de condução (Cunliffe, 1998 e Gee, 1993).

As caleiras devem ser inspeccionadas regularmente e limpas anualmente. Existem sistemas que separam previamente as folhas e os sedimentos antes da entrada da água pluvial no reservatório. Um exemplo de um componente que pode reter detritos de maiores dimensões e folhas é a colocação de uma malha de plástico ou de metal em toda a extensão da caleira. Porém, detritos de menores dimensões poderão continuar com o escoamento da água pluvial para os tubos de queda.

Como qualquer outro componente, os órgãos de condução também necessitam de ser devidamente dimensionados e instalados, de modo a maximizar a quantidade de água pluvial captada. As caleiras devem ter inclinação contínua e suficiente em direcção aos tubos de queda, de forma a prevenir a concentração de água, a qual pode conduzir ao aumento da acumulação de detritos, ao crescimento de algas e possivelmente proporcionar um local para criação de mosquitos.

Os materiais que podem ser utilizados para os órgãos de condução são o alumínio, o aço galvanizado, o cobre e o aço inoxidável. O cobre e o aço inoxidável são menos comuns devido ao seu custo. Convém que os tubos de queda e as caleiras sejam feitos do mesmo material. As interligações entre as caleiras e os tubos de queda são normalmente em policloreto de vinilo (PVC).

3.3 Dispositivos de primeira lavagem (*First Flush*)

Os sistemas de primeira lavagem podem ser eficazes na redução da contaminação desde que sejam conservados correctamente. Este tipo de dispositivo não é essencial para o abastecimento de água, no entanto pode melhorar significativamente a qualidade da água. Este tipo de dispositivo deverá ser operado correctamente de maneira a que não haja perda de caudal disponível e contaminação da água armazenada no reservatório. Usualmente, este tipo de dispositivos não requerem manutenção regular.

É aconselhável rejeitar as primeiras chuvadas de modo a evitar uma maior concentração de detritos na água armazenada. É aconselhável, após um longo período de seca, fazer um “bypass” das primeiras chuvadas ao reservatório. Estas primeiras chuvadas servem como água de

limpeza do telhado, que habitualmente contem grandes quantidades de pó, dejectos de animais e de folhas. São chamadas de águas de lavagem.

No caso da água da chuva ser utilizada para consumo humano, a lavagem do telhado e a eliminação da primeira chuvada (*first flush*) merecem especial atenção.

A qualidade da água do telhado melhora com a acumulação da precipitação. Yaziz *et al.*, (1989) explicam que a qualidade da água pluvial que escorre no telhado varia em função da altura de precipitação, da sua intensidade e da duração dos períodos secos antecedentes.

A quantidade de água que é considerada para ser desviada varia consoante a quantidade de sujidade a que esta sujeita a superfície de captação. Segundo o estudo desenvolvido acerca da quantidade de água proveniente da superfície de captação que deve ser considerada impropria para consumo (Levário, 2004), deverão ser desviados 0.02 L de água por 0.09 m² de área de telhado no caso de se tratar de uma superfície de captação sujeita a pouca sujidade ou deverão ser desviados 0.04 L de água por 0.09 m² de área de telhado no caso de se tratar de uma superfície de captação sujeita a muita sujidade.

Segundo a ETA 0701 deverá ser considerado o desvio de um volume correspondente a 2 mm de precipitação.

A água desviada pode ser utilizada na lavagem de pavimentos e na rega de jardins.

Estes dispositivos de primeira lavagem melhoram a qualidade da água armazenada no reservatório do SAAP.

Existem vários tipos de dispositivos de primeira lavagem, mas basicamente trata-se de uma conduta vertical em PVC, com diâmetros entre 110 a 200 mm, que possuem no seu fundo uma abertura de limpeza. A instalação deste dispositivo depende do SAAP considerado.

Quando o dispositivo de primeira lavagem está completamente cheio, a água pluvial, já com uma quantidade menor de resíduos, começa a ser conduzida até ao reservatório de armazenamento.

3.3.1 Dispositivos *first flush* existentes

Já existem dispositivos de *first flush* comercializados, visto que a sua utilização num SAAP melhora a qualidade da água que vai ficar armazenada no depósito de águas pluviais.

Um exemplo de um dispositivo de *first flush* existente no mercado é o da figura 3.1 que consiste numa conduta vertical instalada no extremo montante da caleira, antes do tubo de queda. Esta conduta é em PVC, com diâmetros entre 150 a 200 mm, a qual no fundo possui uma válvula e um orifício de limpeza. Quando o tubo estiver cheio, a água da chuva passará a escoar para o tubo de queda que a levará ao depósito de armazenamento de águas pluviais.

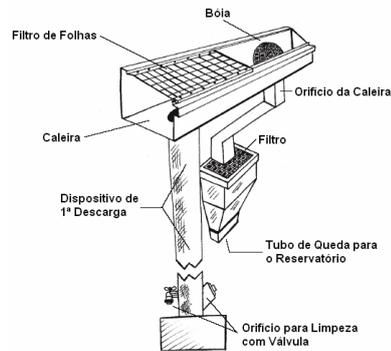


Figura 3.1 – 1º Exemplo de Dispositivo *first flush*

Fonte: Texas Guide to Rainwater Harvesting (1997)

Outro exemplo de dispositivo *first flush* comercializado é o apresentado na figura 3.2. Em relação ao seu funcionamento, a água de lavagem proveniente do telhado escoar através de um tubo vertical e é armazenada num reservatório e após o reservatório se encontrar cheio, a água da chuva passará a escoar por um tubo que a conduzirá para o depósito de armazenamento de águas pluviais.

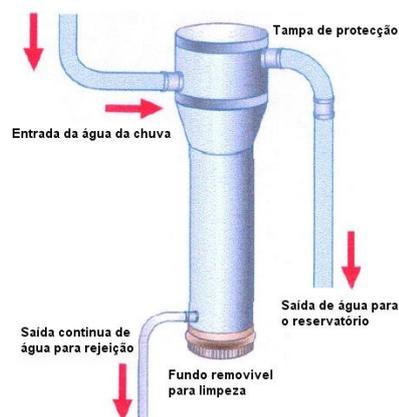


Figura 3.2 – 2º Exemplo de Dispositivo *first flush*

Fonte: May (2004)

Mais um exemplo de dispositivo *first flush* é o apresentado na figura 3.3. Este dispositivo é instalado no tubo de queda e o seu volume de armazenamento dependerá do que o seu utilizador pretender. O funcionamento deste dispositivo consiste na subida da bola que se encontra no interior do depósito á medida que a água de lavagem também sobe dentro do depósito e quando o depósito se encontrar cheio, a bola encaixará num redutor que impedirá que entre ou saia água do depósito. Após o depósito de águas de lavagem se encontrar cheio, a água escoará normalmente para o reservatório de armazenamento de águas pluviais.

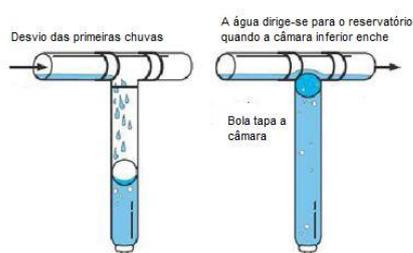


Figura 3.3 – 3º Exemplo de Dispositivo *first flush*

Fonte: www.rainharvesting.com

3.4 Reservatórios de Armazenamento de Água pluvial

Os reservatórios de armazenamento de água pluvial são um componente muito importante no SAAP. É o componente do SAAP que envolve um investimento mais significativo, portanto, deve ser dimensionado de forma adequada de forma a maximizar a eficiência do SAAP, tendo em conta a sua localização, a sua capacidade de armazenamento e os materiais utilizados.

A qualidade da água da pluvial que escoar nos telhados melhora nos reservatórios, no entanto, a qualidade da água pluvial armazenada é melhor no ponto de provisão que na superfície.

3.5 Técnicas de Tratamento

O SAAP deverá possuir um sistema de tratamento adequado para cada caso de utilização porque o sistema de tratamento depende de alguns parâmetros tais como a qualidade da água pluvial recolhida e dos requisitos de qualidade de água que são necessários cumprir para que a água seja adequada para as diferentes utilizações a que se destina.

Para que a água possa ser utilizada para fins potáveis é necessário haver uma análise prévia da água pluvial captada de modo a determinar se a água pode ou não ser utilizada para esses fins. Porém, para que a água seja potável é necessário executar vários tratamentos mais complexos como, por exemplo, a desinfecção através do cloro ou por aquecimento.

Na tabela 3.2 estão representados algumas das principais técnicas utilizadas para o tratamento da água pluvial.

Técnicas de Tratamento		
Método	Localização	Resultado
Pré-filtração		
Filtros e Filtros de folhas	Caleiras e condutas	Previne a entrada de folhas e outros detritos dentro do reservatório
Sedimentação		
Sedimentação	Dentro do reservatório	Sedimentação de partículas em suspensão
Filtração		
Em linha/ Multi-cartucho	Após a bomba	Criva os sedimentos
Carvão activado	Na torneira	Remove o Cloro
Osmose inversa	Na torneira	Remove os contaminantes
Meios combinados	Reservatório separado	Retêm partículas de matéria em suspensão
Areia	Reservatório separado	Retêm partículas de matéria em suspensão
Desinfecção		
Fervura/ Destilação	Antes da utilização	Elimina os microorganismos
Tratamentos Químicos	Dentro do reservatório	Elimina os microorganismos
Radiação UV	Depois do filtro de carvão	Elimina os microorganismos
Ozonização	Antes da torneira	Elimina os microorganismos

Tabela 3.1 – Técnicas de tratamento de água pluvial

Fonte: Texas Guide to Rainwater Harvesting (1997)

Para que o sistema funcione conforme o pretendido é necessário que seja efectuada uma manutenção cuidadosa e regular dos diferentes órgãos desse sistema visto que a qualidade da água esta directamente relacionada com a qualidade da manutenção.

Terão que haver inspecções regulares principalmente nas caleiras e nos dispositivos de primeira lavagem visto que serão os sítios onde, em princípio, se encontrará uma maior

quantidade de detritos sendo também necessário realizar a devida limpeza desses dispositivos quando estes possuam detritos que comprometam a qualidade da água recolhida.

É praticamente impossível impedir que o escoamento do telhado contribua para a existência de bactérias e de substâncias químicas inorgânicas na água pluvial armazenada no reservatório.

3.6 Manutenção de um Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais

Tal como qualquer outro sistema, o SAAP necessita que haja manutenção de todos os seus componentes. A manutenção do SAAP pode ser efectuada pelo utilizador, porem, é aconselhável que a manutenção do sistema de bombagem seja efectuada por técnicos especializados.

Segundo a ETA 0701, as manutenções semestrais devem ser efectuadas no início e no fim da época das chuvas, de forma a evitar contaminações nos componentes. Na tabela 3.3 são apresentados os componentes do SAAP e a respectiva frequência de manutenção.

Componentes	Frequência de manutenção
Filtro	Inspeção e manutenção semestrais
Sistema de desvio da primeira lavagem ou <i>First Flush</i>	Inspeção semestral e limpeza anual
Caleiras e tubos de descarga	Inspeção e limpeza semestrais
Órgãos e tratamentos de desinfecção	Inspeção mensal e manutenção anual
Sistema de Bombagem	De acordo com as indicações do fabricante
Reservatório	Inspeção anual e limpeza e higienização de 10 em 10 anos
Unidade de controlo	Inspeção semestral e manutenção anual
Canalizações e acessórios	Inspeção anual

Tabela 3.2 – Frequência da manutenção dos componentes dos SAAP

Fonte: ETA 0701

4 CASO DE ESTUDO – DESENVOLVIMENTO DO DISPOSITIVO DE *FIRST FLUSH* COM FILTRO INCORPORADO, MATERIAIS E METODOLOGIA DE ENSAIO

Neste capítulo apresentam-se a constituição, funcionamento, limpeza e configuração do dispositivo de *first flush* com filtro incorporado desenvolvido para esta dissertação bem como a metodologia de ensaio adoptada na realização dos ensaios.

4.1 Configuração do dispositivo de *first flush* com filtro incorporado desenvolvido

O dispositivo de *first flush* com filtro incorporado foi desenvolvido de maneira a satisfazer as necessidades em relação a qualidade da água armazenada no Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais.

Os objectivos do Primeiro Depósito de Águas de Lavagem são:

- Armazenar cerca de 8 L de águas de lavagem provenientes da superfície de captação;
- Servir como depósito dos resíduos encontrados nas Águas de Lavagem, pois estes vão sedimentar no fundo do depósito.

Está instalada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem uma rede de plástico que servirá de filtro. Essa rede impedirá que as folhas e os resíduos de maior dimensão presentes na Água de Entrada passem para as próximas etapas do dispositivo desenvolvido.

De maneira a que a água proveniente da superfície de captação escoasse automaticamente para o Segundo Depósito de Águas de Lavagem, após o enchimento total do Primeiro Depósito de Águas de Lavagem, foi adoptada uma configuração do dispositivo desenvolvido que permitisse esse escoamento.

O Segundo Depósito de Águas de Lavagem está munido de um engenho que servirá de dispositivo de *first flush*. Após o enchimento total do Segundo Depósito de Águas de Lavagem, o dispositivo impedirá o acesso da água ao Segundo Depósito de Águas de Lavagem, ficando armazenadas nesse depósito cerca de 8 L de águas de lavagem.

Assim sendo, os objectivos do Segundo Depósito de Águas de Lavagem e do dispositivo de *first flush* são:

- Armazenar cerca de 8 L de águas de lavagem provenientes da superfície de captação já sem folhas e uma redução de resíduos;
- Impedir que as águas de lavagem saiam do Segundo Depósito de Águas de Lavagem;
- Permitir que a água proveniente da superfície de captação escoar para o Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais, quando o Segundo Depósito de Águas Pluviais se encontrar cheio.

Após estarem armazenados aproximadamente 16 L de águas de lavagem, a água proveniente da superfície de captação começará a escoar para o Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais, que não tem capacidade de armazenamento definida pois isso já se trata de uma opção do consumidor.

Foi implementado um sistema de bypass no Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais com o objectivo de que quando este depósito se encontrasse completamente cheio, a água escoasse automaticamente para a rede de águas pluviais.

Na figura 4.1 apresenta-se um esquema do dispositivo de *first flush* com filtro incorporado desenvolvido neste trabalho, em que as setas representam o sentido do escoamento.

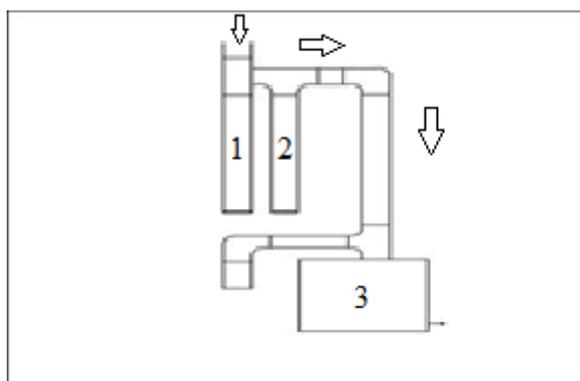


Figura 4.1 – Esquema do dispositivo de *first flush* com filtro incorporado desenvolvido

1 - Primeiro Depósito de Águas de Lavagem

2 - Segundo Depósito de Águas de Lavagem

3 - Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais

4.2 Constituição do dispositivo de *first flush* com filtro incorporado desenvolvido

No âmbito da realização deste trabalho foi criado um dispositivo de *first flush* com filtro incorporado de forma a ser possível realizar os ensaios pretendidos.

O dispositivo de de *first flush* com filtro incorporado desenvolvido é constituído por 2 depósitos. O primeiro e o segundo depósito são constituídos por um tubo em PVC, com 110 mm de diâmetro e com 850 mm de comprimento. Estes depósitos possuem na sua extremidade inferior uma tampa que é possível retirar para se efectuar a limpeza dos mesmos.

Na tabela 4.1 apresentam-se as dimensões do Primeiro e Segundo Depósito de Águas de Lavagem e a sua capacidade de armazenamento.

Depósitos / Dimensões	Diâmetro interno (mm)	Comprimento (mm)	Volume de Armazenamento (L)
Primeiro Depósito de Águas Lavagem	110	850	8
Segundo Depósito de Aguas Lavagem	110	850	8

Tabela 4.1 - Dimensões dos depósitos do dispositivo de *first flush* com filtro incorporado desenvolvido

Na figura 4.2 apresentam-se o Primeiro e Segundo Depósito de Águas de Lavagem do dispositivo de *first flush* com filtro incorporado desenvolvido.



Figura 4.2 – Primeiro e Segundo Depósito de Águas de Lavagem

Entre o tubo de queda proveniente do telhado e o primeiro depósito existe um “T” em PVC com 110 mm de diâmetro que faz a ligação entre estes dois componentes. A outra extremidade deste “T” faz ligação com a próxima etapa do dispositivo.

Entre o primeiro depósito e a etapa seguinte do dispositivo desenvolvido existe uma rede de plástico, colocada em torno do tubo como mostram as figuras 4.3 e 4.4, com aberturas de 2 mm, que servirá de filtro, impedindo que as folhas e as partículas suspensas no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem passem para as restantes etapas do dispositivo desenvolvido.



Figura 4.3 – Aplicação da rede/filtro

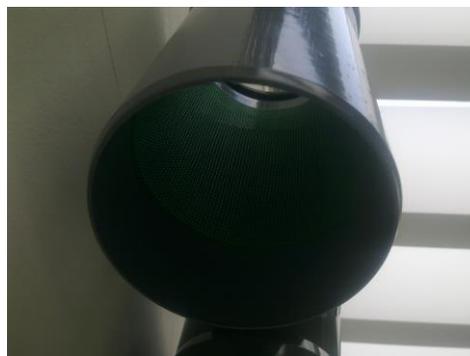


Figura 4.4 – Rede/filtro

Na figura 4.5 é possível verificar que as folhas introduzidas nos ensaios ficam retidas no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem devido á existência do filtro na ligação desse depósito com o resto do dispositivo.



Figura 4.5 – Folhas Retidas no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem

A ligação entre o Segundo Depósito de Águas de Lavagem e o restante dispositivo é feita através de um “T” em PVC com 110 mm de diâmetro.

No Segundo Depósito de Águas de Lavagem existe um mecanismo que servirá de tampão para que a água que entre nesse depósito não saia para as etapas seguintes do dispositivo. Nas figuras 4.6, 4.7, 4.8 e 4.9 apresentam-se os componentes e o funcionamento do mecanismo.



Figura 4.6 – Disco de encaixe



Figura 4.7 – Demonstração do mecanismo com efeito tampão



Figura 4.8 – Disco de encaixe aplicado no Segundo Depósito de Águas de Lavagem



Figura 4.9 – Funcionamento do tampão com o Segundo Depósito de Águas de Lavagem cheio
A extremidade a jusante do “T” esta ligada a um “Curva” em PVC com 110 mm.

A extremidade a jusante da “Curva” esta ligada a um tubo de queda em PVC com 110 mm que permite o acesso ao Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais, materializado em laboratório por um bidão.

Na extremidade desse tubo existe um “T” em PVC com 110 mm de diâmetro que fará a ligação ao Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais e à rede de águas pluviais. Esta ligação à rede de águas pluviais é necessária no caso do Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais se encontrar completamente cheio, o que fará com que o excesso de água escoe para a rede.

Na figura 4.10 apresentam-se todos os componentes do dispositivo de *first flush* com filtro incorporado desenvolvido.



Figura 4.10 – Dispositivo de *first flush* com filtro incorporado desenvolvido

4.3 Área de telhado abrangida pelo dispositivo de *first flush* com filtro incorporado desenvolvido

O dispositivo de *first flush* com filtro incorporado desenvolvido pode servir duas áreas distintas de telhado, consoante o nível de sujidade a que a superfície de captação esteja sujeita.

O dispositivo de *first flush* com filtro incorporado desenvolvido consegue desviar e armazenar cerca de 16 L de água considerada como água de lavagem.

Para um telhado sujeito a pouca sujidade o dispositivo desenvolvido poderá ser utilizado numa área de telhado de, aproximadamente, 77,5 m².

Utilizando a mesma metodologia de calculo, para um telhado sujeito a muita sujidade o dispositivo desenvolvido poderá ser utilizado numa área de telhado de, aproximadamente, 38,7 m².

Para diminuir ou aumentar a quantidade de água de lavagem a ser desviada, deverão ser alteradas as dimensões do Primeiro e Segundo Depósito de Águas de Lavagem consoante o que o utilizador pretender.

4.4 Funcionamento do dispositivo de *first flush* com filtro incorporado desenvolvido

A água será inicialmente captada pela superfície de captação, escoando pelo tubo de queda que está ligado ao dispositivo de *first flush* com filtro incorporado desenvolvido.

As primeiras águas a entrar no dispositivo são consideradas como águas de lavagem. Essas águas entrarão directamente no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem sem qualquer tipo de tratamento prévio. São águas com elevada quantidade de resíduos.

Após o Primeiro Depósito de Águas de Lavagem se encontrar cheio, a água proveniente da superfície de captação começará a escoar para a etapa seguinte do dispositivo desenvolvido, o Segundo Depósito de Águas de Lavagem. O filtro colocado no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem impedirá que as folhas e os resíduos sólidos suspensos passem para as restantes etapas do dispositivo, ficando assim retidos no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem.

Quando o Segundo Depósito de Águas de Lavagem se encontrar cheio, a água proveniente da superfície de captação começará a escoar para a etapa seguinte do dispositivo, o Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais.

4.5 Metodologia Experimental

4.5.1 Procedimento

Primeiramente, é recolhida uma amostra da água da torneira, denominada de Água Limpa, que se apresenta na figura 4.11, para se proceder à análise da sua turvação. Esta amostra é introduzida num frasco próprio do turbidímetro utilizado para medir a turvação nestes ensaios.



Figura 4.11 – Amostra de Água Limpa

Após ser analisada a turvação da Água Limpa, faz-se uma mistura aquosa com resíduos e folhas, mistura essa denominada de Água de Entrada. Para isso mede-se a quantidade de resíduos e de folhas necessária e pretendida para a realização do ensaio. O resíduo escolhido

para os ensaios foi terra, de forma a simular o tipo de sujidade que possa eventualmente existir nas superfícies de captação.

Na figura 4.12 apresenta-se um exemplo da quantidade de resíduos utilizada na realização dos ensaios.



Figura 4.12 – Exemplo da quantidade de resíduos utilizada nos ensaios

Para a realização dos ensaios foram utilizadas os volumes de 50, 75, 125, 250, 400 e 600 mL de resíduos, de forma a estudar e analisar os diferentes valores de turvação para as diferentes quantidades de resíduos.

Após a medição da quantidade de resíduos, procede-se a introdução de folhas na mistura aquosa. Foram utilizadas para 18 ensaios 20 folhas e para outros 18 ensaios 40 folhas, de forma a estudar o comportamento do sistema com um número diferente de folhas. As folhas têm tamanhos variados, sendo que metade das folhas são introduzidas inteiras e a outra metade partidas em pedaços sem tamanho estabelecido. Nas figuras 4.13 e 4.14 apresentam-se as folhas utilizadas nos ensaios.



Figura 4.13 – 20 Folhas de tamanhos variados



Figura 4.14 – 40 Folhas de tamanhos variados

Na figura 4.15 apresenta-se a mistura das folhas com a quantidade de resíduos escolhida para a realização do ensaio.



Figura 4.15 – Mistura de folhas com Resíduos

Para a realização da mistura aquosa, misturou-se os resíduos e as folhas com aproximadamente 12 L de água. Essa mistura apresenta-se na figura 4.16.



Figura 4.16 – Mistura aquosa de Resíduos e folhas denominada de Água de Entrada

Após a Água de Entrada estar preparada, esta é mexida e é recolhida uma amostra dessa água para um goblé para se proceder a análise da sua turvação, tal como se apresenta na figura 4.17.



Figura 4.17 – Amostra de Água de Entrada

Posteriormente, é introduzida a Água de Entrada no dispositivo. A Água de Entrada irá encher por completo o Primeiro Depósito de Águas de Lavagem e cerca de metade do Segundo Depósito de Águas de Lavagem.

Após a introdução da totalidade da Água de Entrada, introduz-se no sistema a quantidade pretendida de Água Limpa. Para a realização dos ensaios foram utilizados 3 volumes diferentes de Água Limpa. Foram utilizados para 12 ensaios 12 L de Água Limpa adicionais, para outros 12 ensaios 18 L de Água Limpa adicionais e para outros 12 ensaios 22 L de Água Limpa adicionais. Estes volumes de Água Limpa somados com os 12 L da Água de Entrada perfazem os volumes totais dos ensaios denominados de V1, V2 e V3 que correspondem, respectivamente, a 24, 30 e 34 L.

Após a introdução do volume total pretendido para o ensaio, é retirada toda a água do Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais. Esta água retirada é mexida e é retirada uma amostra para um goblé para se proceder a análise da sua turvação.

Posteriormente, retira-se a água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem. Esta água retirada é mexida e é retirada uma amostra para um goblé para se proceder a análise da sua turvação.

De seguida, retira-se a água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem. Esta água retirada é mexida e é retirada uma amostra para um goblé para se proceder a análise da sua turvação.

Na figura 4.18 apresentam-se as amostras de água recolhidas dos diferentes depósitos do dispositivo de *first flush* com filtro incorporado desenvolvido.



Figura 4.18 – Amostras de Água de Entrada, água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem, água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem e água armazenada no Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais

Após ser retirada toda a água do sistema, procede a análise da turvação da água presente nos diferentes depósitos do dispositivo. São em frascos próprios do turbidímetro utilizado para a análise da turvação as diferentes águas recolhidas para os goblés dos diferentes depósitos do dispositivo de *first flush* com filtro incorporado desenvolvido.

Na figura 4.19 apresentam-se as amostras de água dos diferentes depósitos do dispositivo de *first flush* com filtro incorporado desenvolvido inseridas nos frascos do turbidímetro.



Figura 4.19 – Amostras introduzidas nos frascos

Posteriormente, introduz-se no turbidímetro um frasco de cada vez e retira-se o valor de turvação apresentado. É essencial agitar o frasco com a amostra de água antes de se proceder a análise da mesma.

Para a obtenção de resultados mais concretos, retiram-se 3 valores do turbidímetro, calculando-se de seguida o seu valor médio. Através desse cálculo obtém-se a média da turvação da Água Limpa (MAL), a média da turvação da Água de Entrada (MAE), a média da turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem (MPDAL), a média da turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem (MSDAL) e a média da turvação da água armazenada no Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais (MDAAP).

4.5.2 Limpeza do Dispositivo de *First Flush* com filtro incorporado desenvolvido

De maneira a que o dispositivo de *first flush* com filtro incorporado desenvolvido funcione correctamente, o sistema deve ser limpo após a realização de cada ensaio. O sistema é limpo através do esvaziamento do Primeiro e Segundo Depósito de Águas de Lavagem. Estes depósitos estão munidos com fundos com tampas, tampas essas que basta serem retiradas com cuidado para que os depósitos esvaziem completamente. Após o esvaziamento dos depósitos procede-se á limpeza dos mesmos, removendo-se as folhas e resíduos presentes nos depósitos. Retira-se a rede e lava-se o sistema com água limpa.

É necessário também limpar o Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais com água limpa, para se poder realizar outros ensaios.

4.5.3 Equipamento de medição da turvação

Apresenta-se na figura 4.22 o turbidímetro utilizado na medição da turvação da água nos ensaios. O turbidímetro é o Hach 2100 Q is, que analisa valores de turvação, em UNT, entre 0 e 1000. Antes de se inserir o frasco da amostra a analisar, é necessário limpar o frasco de forma a conservar o aparelho.



Figura 4.20 – Turbidímetro utilizado

4.5.4 Condições experimentais

Neste trabalho são realizados 36 ensaios, em que em cada ensaio são utilizados combinações diferentes de volumes de água, de volume de resíduos e número de folhas introduzidos. Na tabela 4.1 apresentam-se as diferentes combinações utilizadas na realização dos ensaios. Os volumes de água V1, V2 e V3 correspondem, respectivamente, a 24, 30 e 34 L de água introduzidos no dispositivo desenvolvido.

Análise da turvação da água num dispositivo de *first flush* com filtro incorporado para utilização em Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais

Ensaio	Volume de Água	Número de Folhas	Volume de Resíduos (mL)
1	V1	20	50
2	V2		
3	V3		
4	V1	40	
5	V2		
6	V3		
7	V1	20	75
8	V2		
9	V3		
10	V1	40	
11	V2		
12	V3		
13	V1	20	125
14	V2		
15	V3		
16	V1	40	
17	V2		
18	V3		
19	V1	20	250
20	V2		
21	V3		
22	V1	40	
23	V2		
24	V3		
25	V1	20	400
26	V2		
27	V3		
28	V1	40	
29	V2		
30	V3		
31	V1	20	600
32	V2		
33	V3		
34	V1	40	
35	V2		
36	V3		

Tabela 4.2 – Combinações de volume de água, resíduos e número de folhas utilizadas nos ensaios realizados

5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo apresentam-se os resultados obtidos nos ensaios realizados para a análise da turvação (UNT) da água ao longo do dispositivo de *first flush* com filtro incorporado desenvolvido para este trabalho.

A componente experimental deste trabalho consiste no estudo da variação da turvação nas diferentes etapas do dispositivo desenvolvido consoante a quantidade de resíduos, folhas e água utilizadas para cada ensaio.

Os resultados serão apresentados consoante as quantidades de resíduos utilizados. Os volumes de água V1, V2 e V3 representam, respectivamente, a quantidade de 24, 30 e 34 L de água utilizados nos ensaios. Consoante as áreas da superfície de captação estimadas na secção 4.3 desta dissertação (38,7 m² a 77,5 m²), os volumes de água de 24, 30 e 34 L utilizados correspondem, respectivamente, a 0.62, 0.775 e 0.878 mm de precipitação para uma superfície de captação sujeita a muita sujidade e 0.31, 0.39 e 0.44 mm de precipitação para uma superfície de captação sujeita a pouca sujidade.

5.1 Análise da Turvação da Água

Nesta secção apresentam-se fotografias de amostras de água presente nos diferentes depósitos do dispositivo desenvolvido em diferentes ensaios realizados e os valores de turvação da água ao longo de cada ensaio. As fotografias servem como forma de comparação da cor da água nas diferentes etapas do dispositivo desenvolvido.

Nas fotografias estão representados 4 goblés que correspondem, da esquerda para a direita, á Água de Entrada, á água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem, á água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem e á água armazenada no Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais. São apresentadas somente 2 fotografias para cada Volume de Resíduos, uma com 20 folhas e outra com 40 folhas, devido a semelhança de cor que existe nos ensaios realizados com o mesmo Volume de Resíduos.

Nas tabelas estão representados os valores de turvação da Água Limpa (AL), da média da turvação da Água Limpa (MAL), de turvação da Água de Entrada (AE), da média da turvação da Água de Entrada (MAE), de turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem (PDAL), da média da turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de

Águas de Lavagem (MPDAL), de turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de lavagem (SDAL), da média da turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem (MSDAL), de turvação da água armazenada no Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais (DAAP) e da média da turvação da água armazenada no Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais (MDAAP).

5.1.1 Volume de Resíduos – 50 mL

- Observação da turvação nas diferentes etapas do dispositivo desenvolvido

Na figura 5.1 apresentam-se as diferentes amostras de água armazenada nas diferentes etapas do dispositivo desenvolvido para um Volume de Resíduos de 50 mL e 20 folhas presentes na solução aquosa.



Figura 5.1 – Amostras de água com um Volume de Resíduos de 50 mL e 20 folhas

Na figura 5.2 apresentam-se as diferentes amostras de água armazenada nas diferentes etapas do dispositivo desenvolvido para um Volume de Resíduos de 50 mL e 40 folhas presentes na solução aquosa.



Figura 5.2 – Amostras de água com um Volume de Resíduos de 50 mL e 40 folhas

- Medição da turvação nas diferentes etapas do dispositivo desenvolvido

Na tabela 5.1 apresentam-se os resultados dos ensaios realizados para o estudo da turvação da água presente nos depósitos do dispositivo desenvolvido com um Volume de Resíduos de 50 mL e 20 folhas presentes na solução aquosa.

Volume de água	Turvação (UNT)									
	AL	MAL	AE	MAE	PDAL	MPDAL	SDAL	MSDAL	DAAP	MDAAP
V1	2.01	1.98	242.00	246.67	256.00	257.00	102.00	104.33	15.40	14.93
	1.97		247.00		254.00		105.00		14.80	
	1.95		251.00		261.00		106.00		14.60	
V2	1.98	2.02	231.00	232.33	251.00	248.33	112.00	115.33	12.30	11.87
	2.02		234.00		248.00		116.00		11.90	
	2.06		232.00		246.00		118.00		11.40	
V3	1.89	1.91	229.00	231.00	262.00	257.33	121.00	119.67	11.30	10.90
	1.91		231.00		254.00		118.00		10.80	
	1.93		233.00		256.00		120.00		10.60	

Tabela 5.1 – Valores de Turvação com Volume de Resíduos de 50 mL e 20 folhas presentes na solução aquosa

Na figura 5.3 apresenta-se a variação dos valores médios da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo desenvolvido para um volume de água V1.

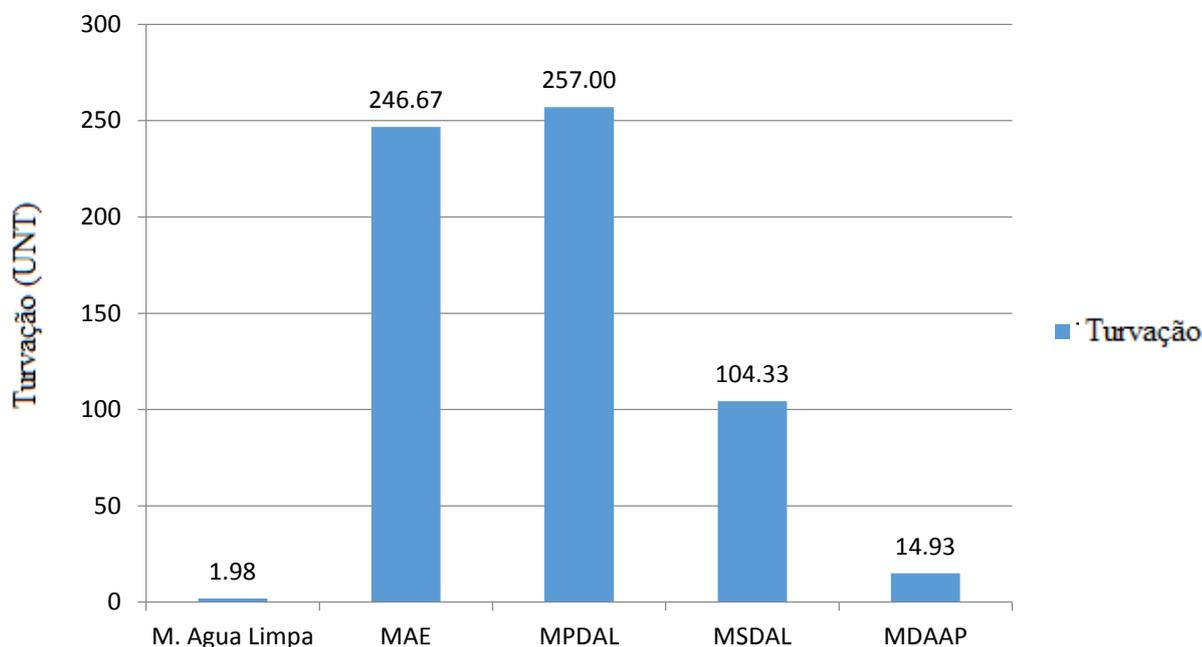


Figura 5.3 – Média da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de *first flush* com filtro incorporado desenvolvido para um Volume de Água V1, um Volume de Resíduos de 50 mL e 20 folhas presentes na solução aquosa

Através da análise da figura 5.3 verifica-se que há um aumento de 244.69 UNT da turvação da Água Limpa para a turvação da Água de Entrada, que há um aumento de 10.33 UNT da turvação da Água de Entrada para a turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem, que há uma diminuição significativa de 152.67 UNT da turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem para a turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem e que há uma diminuição de 89.4 UNT da turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem para a turvação da água armazenada no Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais.

Na figura 5.4 apresenta-se a variação dos valores médios da turvação da água á entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo desenvolvido para um volume de água V2.

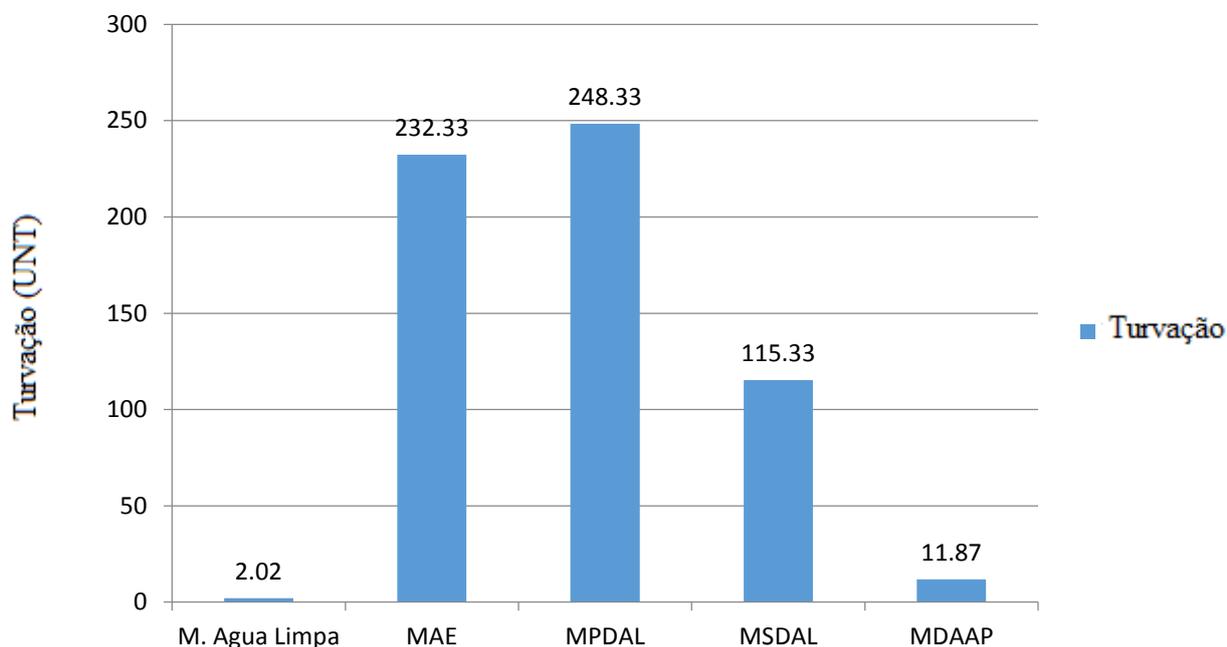


Figura 5.4 – Média da turvação água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de *first flush* com filtro incorporado para um Volume de Água V2, um Volume de Resíduos de 50 mL e 20 folhas presentes na solução aquosa

Através da análise da figura 5.4 verifica-se que há um aumento de 230.31 UNT da turvação da Água Limpa para a turvação da Água de Entrada, que há um aumento de 16 UNT da turvação da Água de Entrada para a turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem, que há uma diminuição significativa de 133 UNT da turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem para a turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem e que há uma diminuição de 103,46 UNT da turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem para turvação da água armazenada no Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais.

Na figura 5.5 apresenta-se a variação dos valores médios da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo desenvolvido para um volume de água V3.

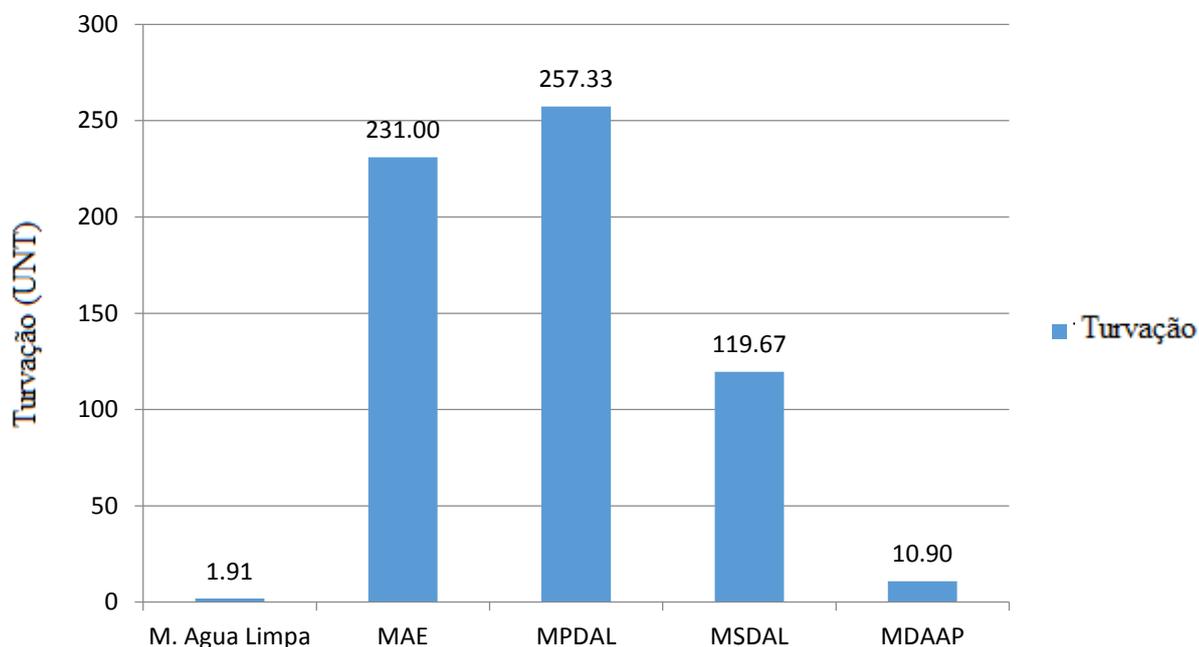


Figura 5.5 – Média da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de *first flush* com filtro incorporado para um Volume de Água V3, um Volume de Resíduos de 50 mL e 20 folhas presentes na solução aquosa

Através da análise da figura 5.5 verifica-se que há um aumento de 229.09 UNT da turvação da Água Limpa para a turvação da Água de Entrada, que há um aumento de 26.33 UNT da turvação da Água de Entrada para a turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem, que há uma diminuição significativa de 137.66 UNT da turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem para a turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem e que há uma diminuição de 108.77 UNT da turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem para a turvação da água armazenada no Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais.

Na tabela 5.2 apresentam-se os resultados dos ensaios realizados para o estudo da turvação da água presente nos depósitos do dispositivo desenvolvido com um Volume de Resíduos de 50 mL e 40 folhas presentes na solução aquosa.

Volume de água	Turvação (UNT)									
	AL	MAL	AE	MAE	PDAL	MPDAL	SDAL	MSDAL	DAAP	MDAAP
V1	2.08	2.04	239.00	236.33	241.00	243.67	128.00	127.00	14.10	13.93
	2.02		237.00		246.00		129.00		13.80	
	2.03		233.00		244.00		124.00		13.90	
V2	1.99	2.01	241.00	242.67	265.00	263.00	108.00	110.67	13.10	12.73
	2.02		245.00		261.00		113.00		12.50	
	2.01		242.00		263.00		111.00		12.60	
V3	2.05	1.99	228.00	228.00	253.00	249.33	103.00	103.33	11.60	11.47
	1.98		225.00		248.00		102.00		11.30	
	1.95		231.00		247.00		105.00		11.50	

Tabela 5.2 - Valores de Turvação com Volume de Resíduos de 50 mL e 40 folhas presentes na solução aquosa

Na figura 5.6 apresenta-se a variação dos valores médios de turvação da água á entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo desenvolvido para um volume de água V1.

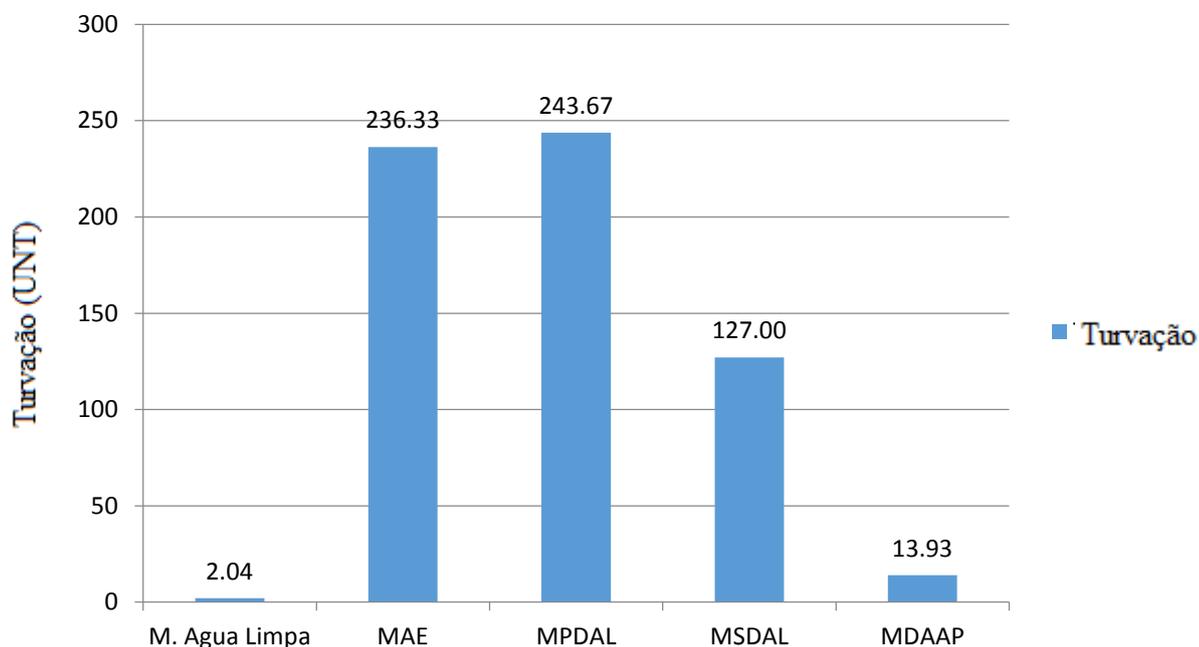


Figura 5.6 – Média da turvação água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de *first flush* com filtro incorporado para um Volume de Água V1, um Volume de Resíduos de 50 mL e 40 folhas presentes na solução aquosa

Através da análise da figura 5.6 verifica-se que há um aumento de 234.29 UNT da turvação da Água Limpa para a turvação da Água de Entrada, que há um aumento de 7.34 UNT da turvação da Água de Entrada para a turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem, que há uma diminuição significativa de 116.67 UNT da turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem para a turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem e que há uma diminuição de 113.07 UNT da turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem para a água armazenada no Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais.

Na figura 5.7 apresenta-se a variação dos valores médios da turvação da água á entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo desenvolvido para um volume de água V2.

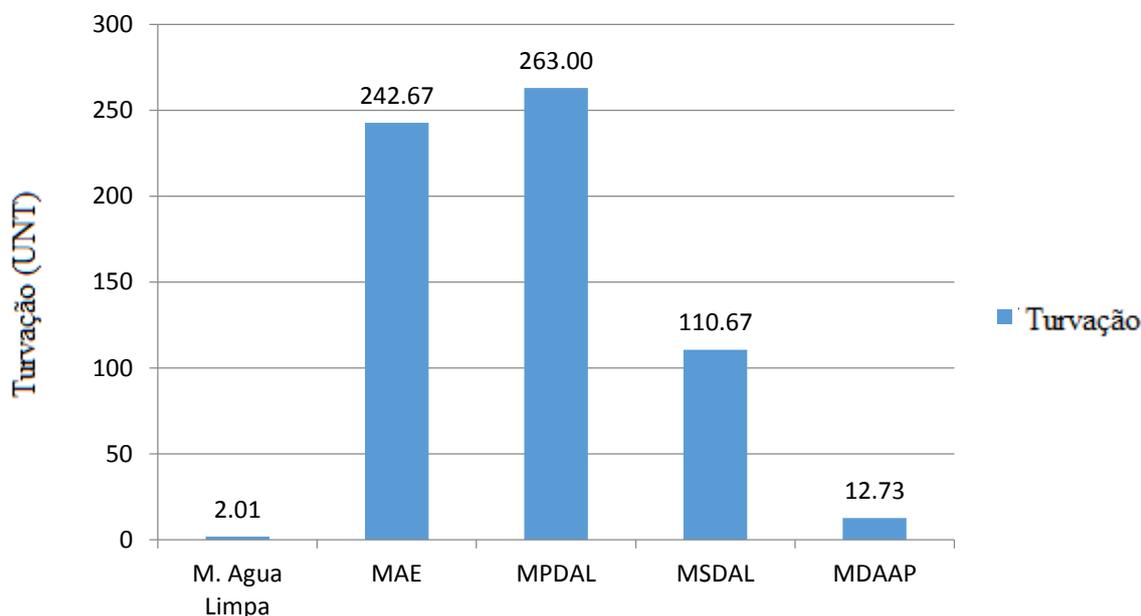


Figura 5.7 – Média da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de *first flush* com filtro incorporado para um Volume de Água V2, um Volume de Resíduos de 50 mL e 40 folhas presentes na solução aquosa

Através da análise da figura 5.7 verifica-se que há um aumento de 240.66 UNT da turvação da Água Limpa para a turvação da Água de Entrada, que há um aumento de 20.33 UNT da turvação da Água de Entrada para a turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem, que há uma diminuição significativa de 152.33 UNT da turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem para a turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem e que há uma diminuição de 97.94 UNT da turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem para a turvação da água armazenada no Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais.

Na figura 5.8 apresenta-se a variação dos valores médios de turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo desenvolvido para um volume de água V3.

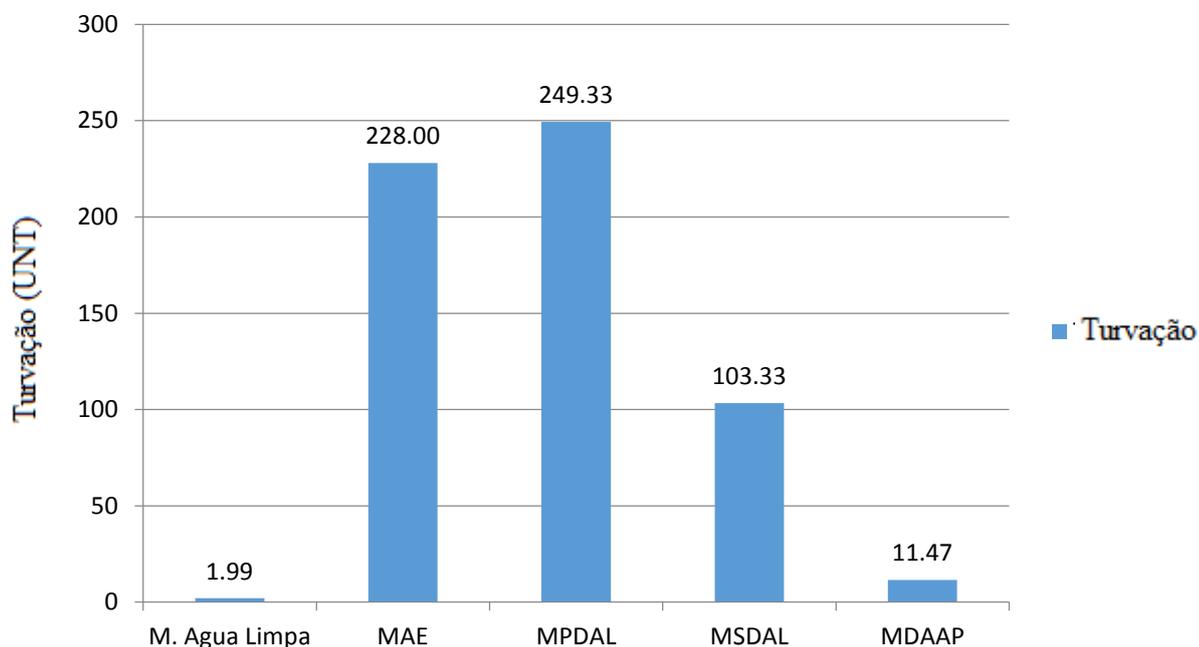


Figura 5.8 – Média da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de *first flush* com filtro incorporado para um Volume de Água V3, um Volume de Resíduos de 50 mL e 40 folhas presentes na solução aquosa

Através da análise da figura 5.8 verifica-se que há um aumento de 226.01 UNT da turvação da Água Limpa para a turvação da Água de Entrada, que há um aumento de 21.33 UNT da turvação da Água de Entrada para a turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem, que há uma diminuição significativa de 146 UNT da turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem para a turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem e que há uma diminuição de 91.86 UNT da turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem para a turvação da água armazenada no Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais.

5.1.1.1 Discussão de Resultados para 50 mL de Volume de Resíduos

Através da análise dos resultados obtidos pode-se afirmar que há um aumento significativo do valor de turvação da Água Limpa para o valor da turvação da Água de Entrada, que há um aumento do valor de turvação da Água de Entrada para a o valor da turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem, que há uma diminuição significativa do valor de turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem para a o valor de turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem e que há uma diminuição significativa do valor de turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem para o valor de turvação da água armazenada no Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais.

Através da análise dos resultados obtidos pode-se afirmar que o valor da turvação da água armazenada no Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais diminui quando é introduzido um volume de água superior no dispositivo de *first flush* com filtro incorporado desenvolvido.

Na tabela 5.3 apresenta-se os valores percentuais de redução da turvação da água nos diferentes depósitos em comparação com a turvação da Água de entrada.

Número de Folhas	Volume de água	Redução no PDAL	Redução no SDAL	Redução no DAAP
		%		
20	V1	-4.19	57.70	93.95
	V2	-6.89	50.36	94.89
	V3	-11.40	48.20	95.28
40	V1	-3.10	46.26	94.10
	V2	-8.38	54.40	94.75
	V3	-9.36	54.68	94.97

Tabela 5.3 – Percentagem de redução da turvação da água nos diferentes depósitos em comparação com a turvação da Água de Entrada

5.1.2 Volume de Resíduos – 75 mL

- Observação da turvação nas diferentes etapas do dispositivo desenvolvido

Na figura 5.9 apresentam-se as diferentes amostras de águas armazenadas nas diferentes etapas do dispositivo desenvolvido para um Volume de Resíduos de 75 mL e 20 folhas presentes na solução aquosa.



Figura 5.9 – Amostras de água com um Volume de Resíduos de 75 mL e 20 folhas

Na figura 5.10 apresentam-se as diferentes amostras de águas armazenadas nas diferentes etapas do dispositivo desenvolvido para um Volume de Resíduos de 75 mL e 40 folhas presentes na solução aquosa.

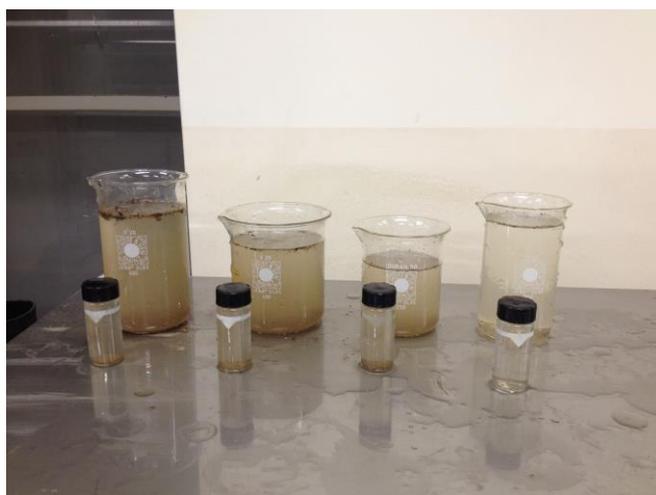


Figura 5.10 – Amostras de água com um Volume de Resíduos de 75 mL e 40 folhas

- Medição da turvação nas diferentes etapas do dispositivo desenvolvido

Na tabela 5.4 apresentam-se os resultados dos ensaios realizados para o estudo da turvação da água presente no dispositivo de *first flush* com filtro incorporado desenvolvido com um Volume de Resíduos de 75 mL e 20 folhas presentes na solução aquosa.

Volume de água	Turvação (UNT)									
	AL	MAL	AE	MAE	PDAL	MPDAL	SDAL	MSDAL	DAAP	MDAAP
V1	5.88	5.74	268.00	273.33	278.00	276.00	106.00	111.00	16.30	16.30
	5.62		279.00		281.00		115.00		15.70	
	5.71		273.00		269.00		112.00		16.90	
V2	5.42	5.42	308.00	316.00	297.00	305.00	143.00	142.67	12.10	11.90
	5.47		319.00		311.00		138.00		11.40	
	5.38		321.00		307.00		147.00		12.20	
V3	5.89	5.76	289.00	288.67	295.00	291.33	118.00	119.33	10.80	10.53
	5.75		286.00		293.00		123.00		10.10	
	5.64		291.00		286.00		117.00		10.70	

Tabela 5.4 - Valores de Turvação com Volume de Resíduos de 75 mL e 20 folhas presentes na solução aquosa

Na figura 5.11 apresenta-se a variação dos valores médios da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo desenvolvido para um volume de água V1.

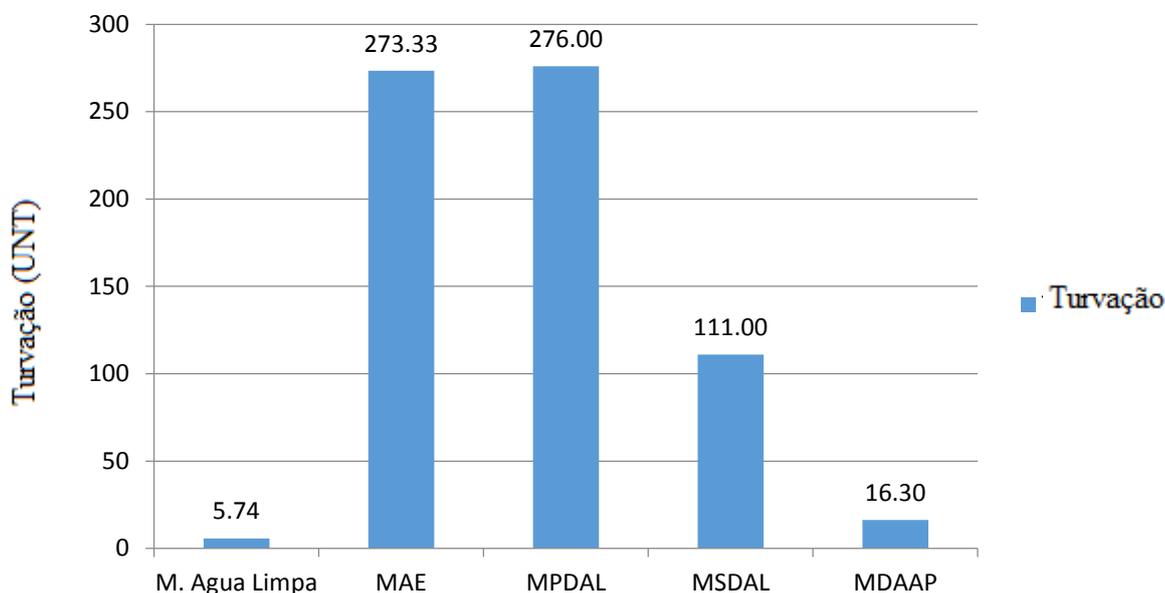


Figura 5.11 – Média da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de *first flush* com filtro incorporado para um Volume de Água V1, um Volume de Resíduos de 75 mL e 20 folhas presentes na solução aquosa

Através da análise da figura 5.11 verifica-se que há um aumento de 267.59 UNT da turvação da Água Limpa para a turvação da Água de Entrada, que há um aumento de 2.67 UNT da turvação da Água de Entrada para a turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem, que há uma diminuição significativa de 165 UNT da turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem para a turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem e que há uma diminuição de 94.7 UNT da turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem para a turvação da água armazenada no Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais.

Na figura 5.12 apresenta-se a variação dos valores médios da turvação da água á entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo desenvolvido para um volume de água V2.

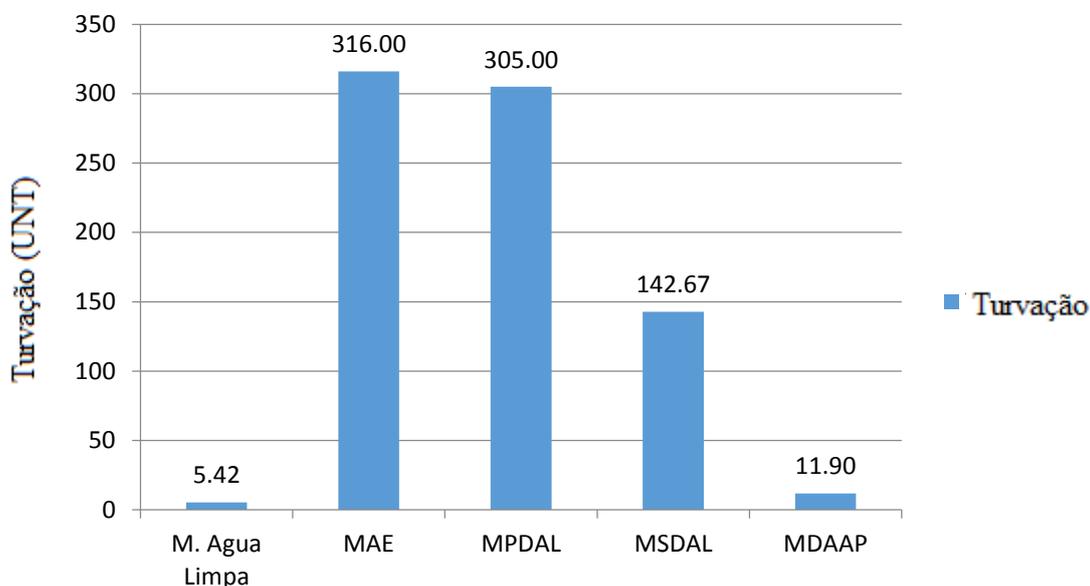


Figura 5.12 – Média da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de *first flush* com filtro incorporado para um Volume de Água V2, um Volume de Resíduos de 75 mL e 20 folhas presentes na solução aquosa

Através da análise da figura 5.12 verifica-se que há um aumento de 310.58 UNT da turvação da Água Limpa para a turvação da Água de Entrada, que há uma diminuição de 11 UNT da turvação da Água de Entrada para a turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem, que há uma diminuição significativa de 162.33 UNT da turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem para a turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem e que há uma diminuição de 130.77 UNT da turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem para a turvação da água armazenada no Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais.

Na figura 5.13 apresenta-se a variação dos valores médios da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo desenvolvido para um volume de água V3.

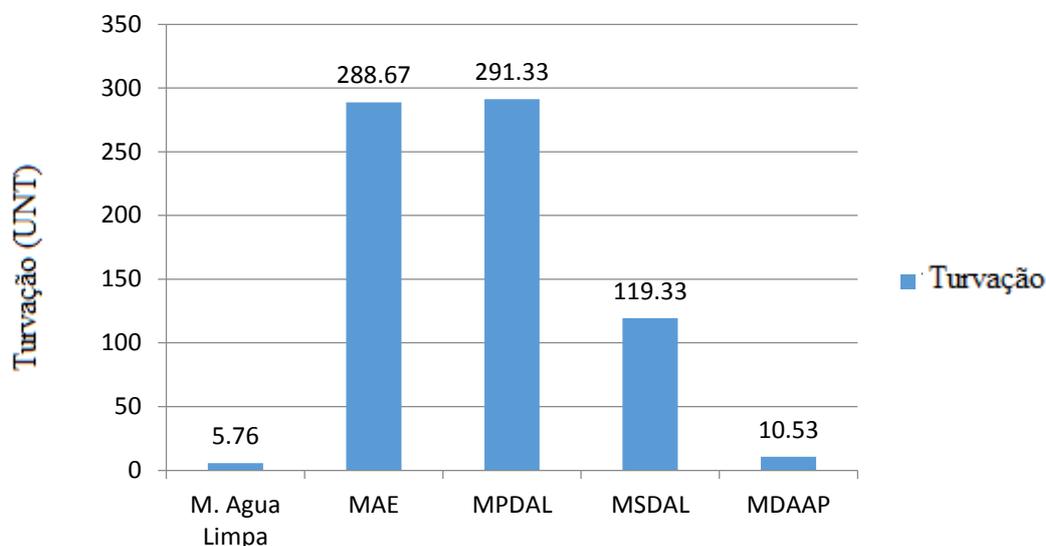


Figura 5.13 Média da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de *first flush* com filtro incorporado para um Volume de Água V3, um Volume de Resíduos de 75 mL e 20 folhas presentes na solução aquosa

Através da análise da figura 5.13 verifica-se que há um aumento de 282.91 UNT da turvação da Água Limpa para a turvação da Água de Entrada, que há um aumento de 2.66 UNT da turvação da Água de Entrada para a turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem, que há uma diminuição significativa de 172 UNT da turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem para a turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem e que há uma diminuição de 108.8 UNT da turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem para a turvação da água armazenada no Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais.

Na tabela 5.5 apresentam-se os resultados dos ensaios realizados para o estudo da turvação da água presente no dispositivo desenvolvido com um Volume de Resíduos de 75 mL e 40 folhas presentes na solução aquosa.

Volume de água	Turvação (UNT)									
	AL	MAL	AE	MAE	PDAL	MPDAL	SDAL	MSDAL	DAAP	MDAAP
V1	2.03	1.94	267.00	271.00	264.00	267.67	103.00	108.00	14.70	15.03
	1.87		276.00		271.00		110.00		15.30	
	1.91		270.00		268.00		111.00		15.10	
V2	1.84	1.88	256.00	255.33	267.00	264.00	108.00	109.67	12.80	12.40
	1.82		251.00		263.00		112.00		12.10	
	1.97		259.00		262.00		109.00		12.30	
V3	2.12	2.07	261.00	255.00	257.00	260.33	111.00	111.00	11.40	11.63
	2.05		253.00		265.00		113.00		11.60	
	2.04		251.00		259.00		109.00		11.90	

Tabela 5.5 - Valores de Turvação com Volume de Resíduos de 75 mL e 40 folhas presentes na solução aquosa

Na figura 5.14 apresenta-se a variação dos valores médios da turvação da água á entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo desenvolvido para um volume de água V1.

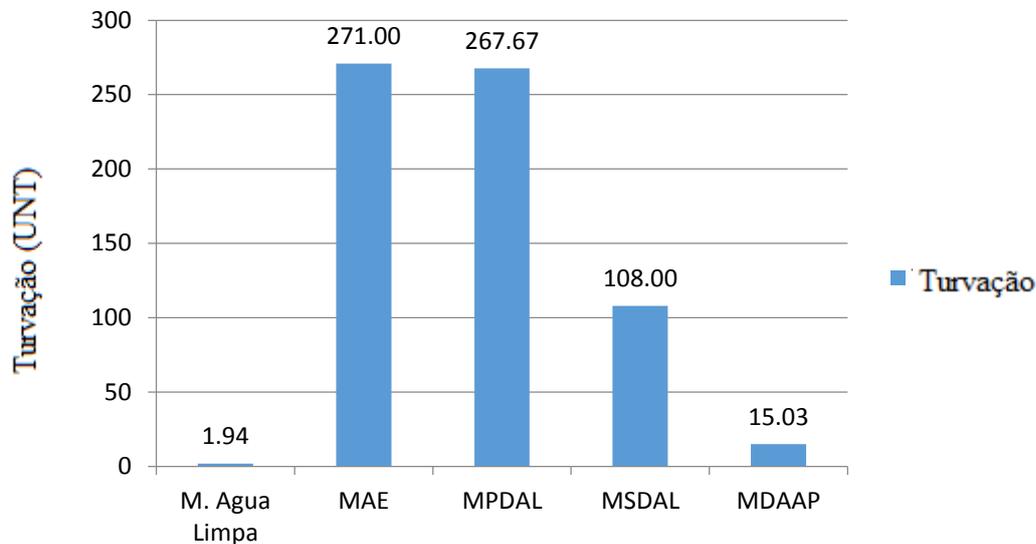


Figura 5.14 – Média da turvação água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de *first flush* com filtro incorporado para um Volume de Água V1, um Volume de Resíduos de 75 mL e 40 folhas presentes na solução aquosa

Através da análise da figura 5.14 verifica-se que há um aumento de 269.06 UNT da turvação da Água Limpa para a turvação da Água de Entrada, que há uma diminuição de 3.33 UNT da turvação da Água de Entrada para a turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem, que há uma diminuição significativa de 159.67 UNT da turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem para a turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem e que há uma diminuição de 92.97 UNT da turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem para a turvação da água armazenada no Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais.

Na figura 5.15 apresenta-se a variação dos valores médios da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo desenvolvido para um volume de água V2.

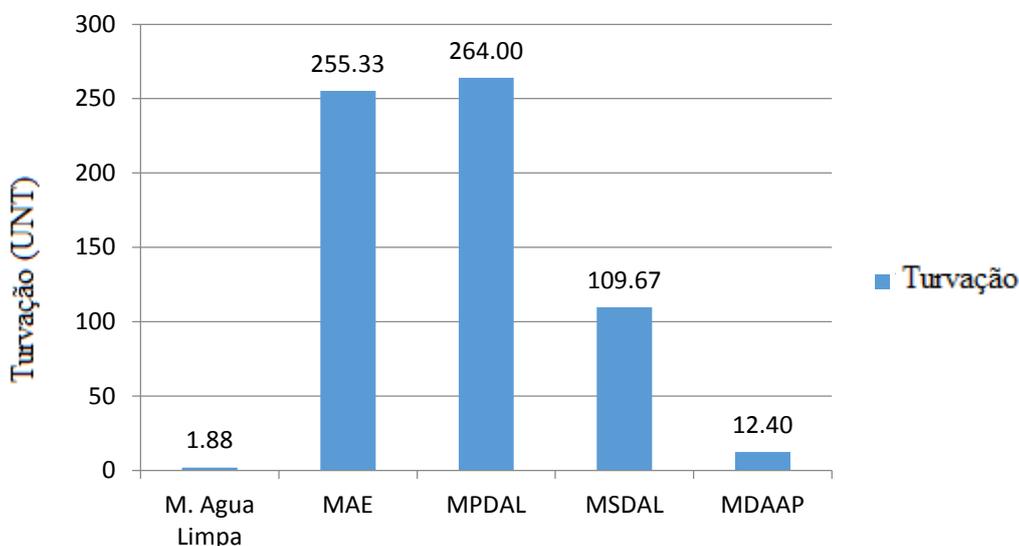


Figura 5.15 – Média da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de *first flush* com filtro incorporado para um Volume de Água V2, um Volume de Resíduos de 75 mL e 40 folhas presentes na solução aquosa

Através da análise da figura 5.15 verifica-se que há um aumento de 253.45 UNT da turvação da Água Limpa para a turvação da Água de Entrada, que há um aumento de 8.67 UNT da turvação da Água de Entrada para a turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem, que há uma diminuição significativa de 154.33 UNT da turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem para a turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem e que há uma diminuição de 97.27 UNT da turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem para a turvação da água armazenada no Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais.

Na figura 5.16 apresenta-se a variação dos valores médios da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo desenvolvido para um volume de água V3.

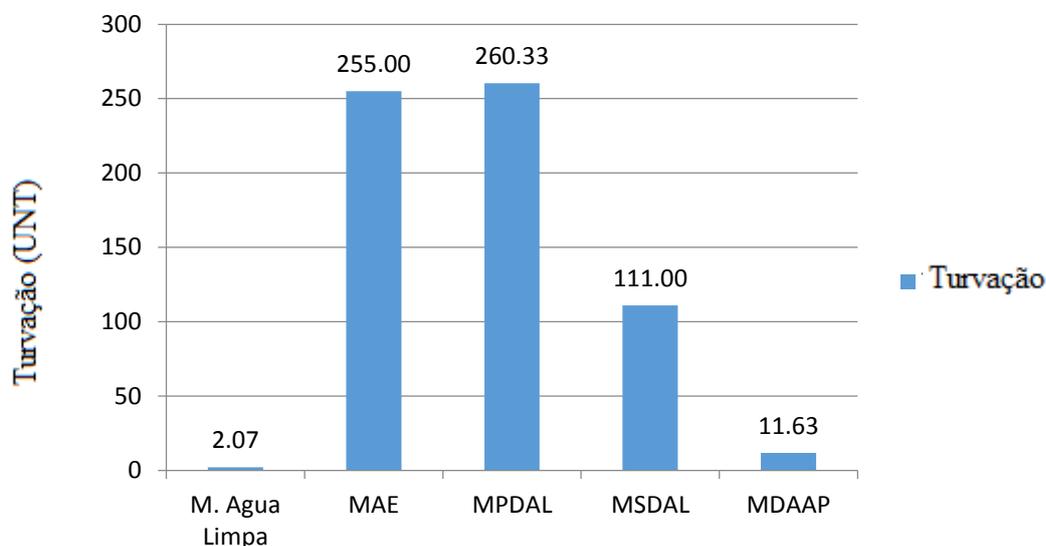


Figura 5.16 – Média da turvação água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de *first flush* com filtro incorporado para um Volume de Água V3, um Volume de Resíduos de 75 mL e 40 folhas presentes na solução aquosa

Através da análise da figura 5.16 verifica-se que há um aumento de 252.93 UNT da turvação da Água Limpa para a turvação da Água de Entrada, que há um aumento de 5.33 UNT da turvação da Água de Entrada para a turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem, que há uma diminuição significativa de 149.33 UNT da turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem para a água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem e que há uma diminuição de 99.37 UNT da turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem para a água armazenada no Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais.

5.1.2.1 Discussão de resultados para um Volume de Resíduos de 75 mL

Através da análise dos resultados obtidos pode-se afirmar que há um aumento significativo do valor de turvação da Água Limpa para a Água de entrada, que há dois ensaios em que o valor da turvação da Água de Entrada sofre uma diminuição para o valor da turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem mas que, na generalidade, há um aumento do valor de turvação da Água de Entrada para o valor de turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem, que há uma diminuição

significativa do valor de turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem para o valor de turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem e que há uma diminuição significativa do valor de turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem para o valor da água armazenada no Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais.

Através da análise dos resultados obtidos pode-se afirmar que o valor da turvação da água armazenada no Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais diminui quando é introduzido um volume superior de água no dispositivo desenvolvido.

Na tabela 5.6 apresenta-se os valores percentuais de redução da turvação da água nos diferentes depósitos em comparação com a turvação da Água de Entrada.

Número de Folhas	Volume de água	Redução no PDAL	Redução no SDAL	Redução no DAAP
		%		
20	V1	-0.98	59.39	94.04
	V2	3.48	54.85	96.23
	V3	-0.92	58.66	96.35
40	V1	1.23	60.15	94.45
	V2	-3.39	57.05	95.14
	V3	-2.09	56.47	95.44

Tabela 5.6 - Percentagem de redução da turvação da água nos diferentes depósitos em comparação com a turvação da Água de Entrada

5.1.3 Volume de Resíduos – 125 mL

- Observação da turvação nas diferentes etapas do dispositivo desenvolvido

Na figura 5.17 apresentam-se as diferentes amostras de águas armazenadas nas diferentes etapas do dispositivo desenvolvido para um Volume de Resíduos de 125 mL e 20 folhas presentes na solução aquosa.



Figura 5.17 – Amostras de água com um Volume de Resíduos de 125 mL e 20 folhas

Na figura 5.18 apresentam-se as diferentes amostras de águas armazenadas nas diferentes etapas do dispositivo desenvolvido para um Volume de Resíduos de 125 mL e 40 folhas presentes na solução aquosa.



Figura 5.18 – Amostras de água com um Volume de Resíduos de 125 mL e 40 folhas

- Medição da turvação nas diferentes etapas do dispositivo desenvolvido

Na tabela 5.7 apresentam-se os resultados dos ensaios realizados para o estudo da turvação da água presente no dispositivo desenvolvido com um Volume de Resíduos de 125 mL e 20 folhas presentes na solução aquosa.

Volume de água	Turvação (UNT)									
	AL	MAL	AE	MAE	PDAL	MPDAL	SDAL	MSDAL	DAAP	MDAAP
V1	5.88	5.74	517.00	525.00	528.00	534.33	176.00	176.33	28.40	28.90
	5.62		536.00		534.00		171.00		29.60	
	5.71		522.00		541.00		182.00		28.70	
V2	5.42	5.42	576.00	579.00	588.00	580.33	166.00	172.67	20.90	21.13
	5.47		581.00		572.00		179.00		21.40	
	5.38		580.00		581.00		173.00		21.10	
V3	5.89	5.76	549.00	548.67	565.00	566.00	189.00	186.67	16.60	16.90
	5.75		556.00		561.00		193.00		17.20	
	5.64		541.00		572.00		178.00		16.90	

Tabela 5.7 - Valores de Turvação com Volume de Resíduos de 125 mL e 20 folhas presentes na solução aquosa

Na figura 5.19 apresenta-se a variação dos valores médios da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo desenvolvido para um volume de água V1.

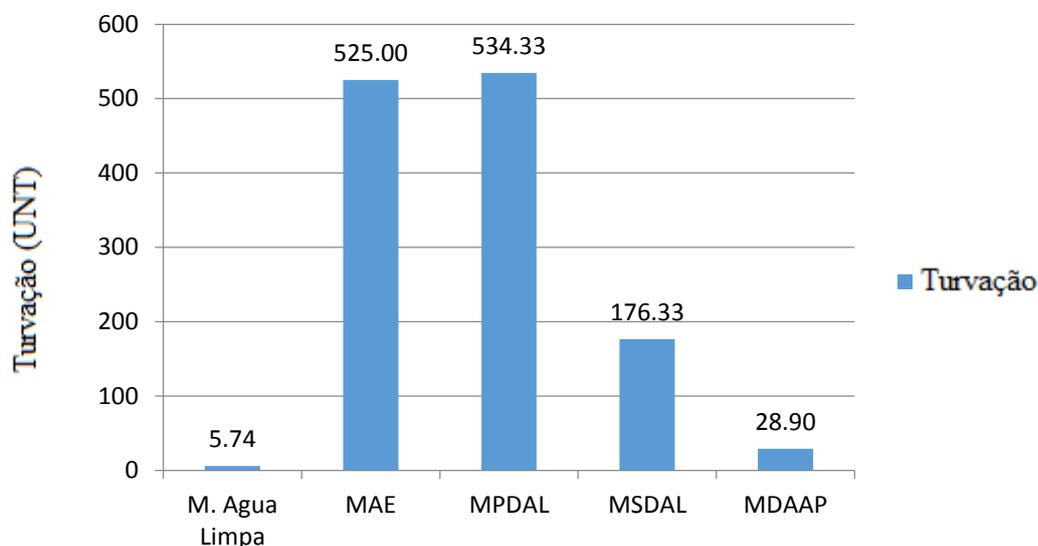


Figura 5.19 – Média da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de *first flush* com filtro incorporado para um Volume de Água V1, um Volume de Resíduos de 125 mL e 20 folhas presentes na solução aquosa

Através da análise da figura 5.19 verifica-se que há um aumento de 519.26 UNT da turvação da Água Limpa para a turvação da Água de Entrada, que há um aumento de 9.33 UNT da turvação da Água de Entrada para a turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem, que há uma diminuição significativa de 358 UNT da turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem para a turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem e que há uma diminuição de 147.43 UNT da turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem para a turvação da água armazenada no Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais.

Na figura 5.20 apresenta-se a variação dos valores médios da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo desenvolvido para um volume de água V2.

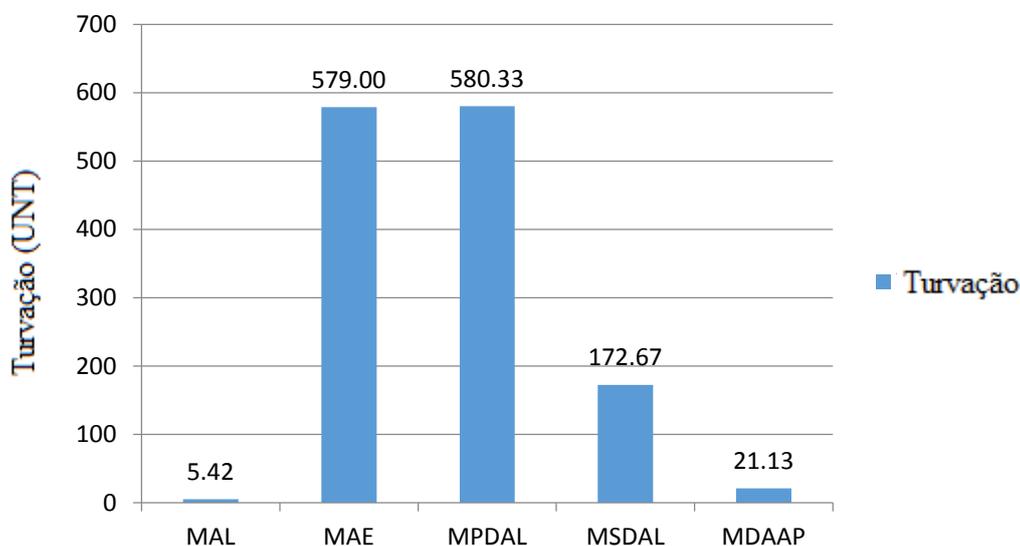


Figura 5.20 – Média da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de *first flush* com filtro incorporado para um Volume de Água V2, um Volume de Resíduos de 125 mL e 20 folhas presentes na solução aquosa

Através da análise da figura 5.20 verifica-se que há um aumento de 573.58 UNT da turvação da Água Limpa para a turvação da Água de Entrada, que há um aumento de 1.33 UNT da turvação da Água de Entrada para a turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem, que há uma diminuição significativa de 407.66 UNT da turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem para a turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem e que há uma diminuição de 151.54 UNT da turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem para a turvação da água armazenada no Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais.

Na figura 5.21 apresenta-se a variação dos valores médios da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo desenvolvido para um volume de água V3.

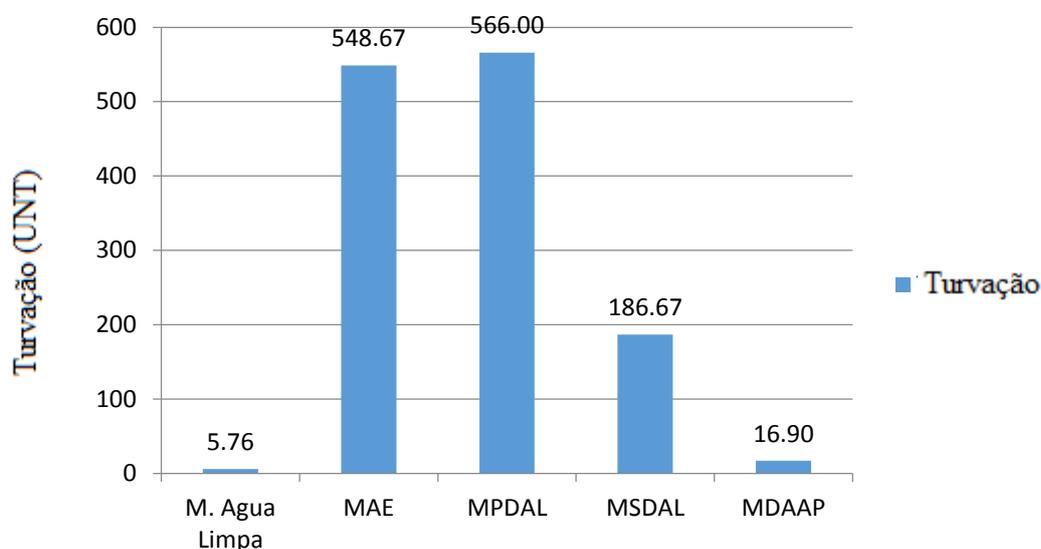


Figura 5.21 – Média da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de *first flush* com filtro incorporado para um Volume de Água V3, um Volume de Resíduos de 125 mL e 20 folhas presentes na solução aquosa

Através da análise da figura 5.21 verifica-se que há um aumento de 542.91 UNT da turvação da Água Limpa para a turvação da Água de Entrada, que há um aumento de 17.33 UNT da turvação da Água de Entrada para a água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem, que há uma diminuição significativa de 379.33 UNT da turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem para a água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem e que há uma diminuição de 169.77 UNT da turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem para a turvação da água armazenada no Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais.

Na tabela 5.8 apresentam-se os resultados dos ensaios realizados para o estudo da turvação da água presente no dispositivo desenvolvido com um Volume de Resíduos de 125 mL e 40 folhas presentes na solução aquosa.

Volume de água	Turvação (UNT)									
	AL	MAL	AE	MAE	PDAL	MPDAL	SDAL	MSDAL	DAAP	MDAAP
V1	5.12	5.20	592.00	593.00	589.00	583.33	161.00	170.00	27.30	27.80
	5.25		601.00		578.00		176.00		28.50	
	5.23		586.00		583.00		173.00		27.60	
V2	5.76	5.74	543.00	536.67	523.00	531.33	188.00	190.67	22.50	22.87
	5.82		538.00		538.00		197.00		22.40	
	5.63		529.00		533.00		187.00		23.70	
V3	5.69	5.75	571.00	576.00	582.00	583.33	145.00	151.67	15.80	15.93
	5.75		583.00		579.00		152.00		15.90	
	5.81		574.00		589.00		158.00		16.10	

Tabela 5.8 - Valores de Turvação com Volume de Resíduos de 125 mL e 40 folhas presentes na solução aquosa

Na figura 5.22 apresenta-se a variação dos valores médios da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo desenvolvido para um volume de água V1.

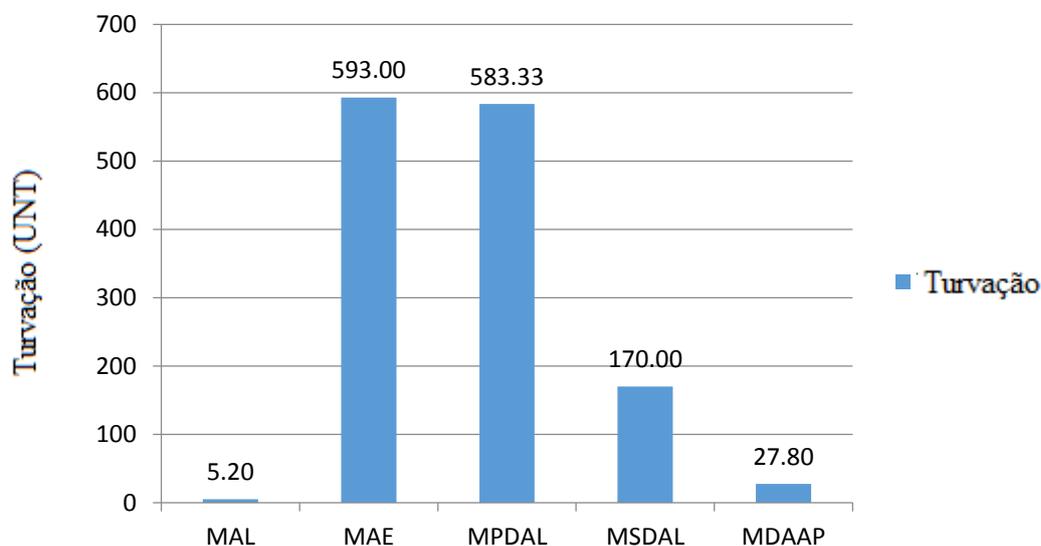


Figura 5.22 – Média da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de *first flush* com filtro incorporado para um Volume de Água V1, um Volume de Resíduos de 125 mL e 40 folhas presentes na solução aquosa

Através da análise da figura 5.22 verifica-se que há um aumento de 587.8 UNT da turvação da Água Limpa para a turvação da Água de Entrada, que há uma diminuição de 9.67 UNT da turvação da Água de Entrada para a turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem, que há uma diminuição significativa de 413.33 UNT da turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem para a água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem e que há uma diminuição de 142.2 UNT da turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem para a água armazenada no Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais.

Na figura 5.23 apresenta-se a variação dos valores médios da turvação da água á entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo desenvolvido para um volume de água V2.

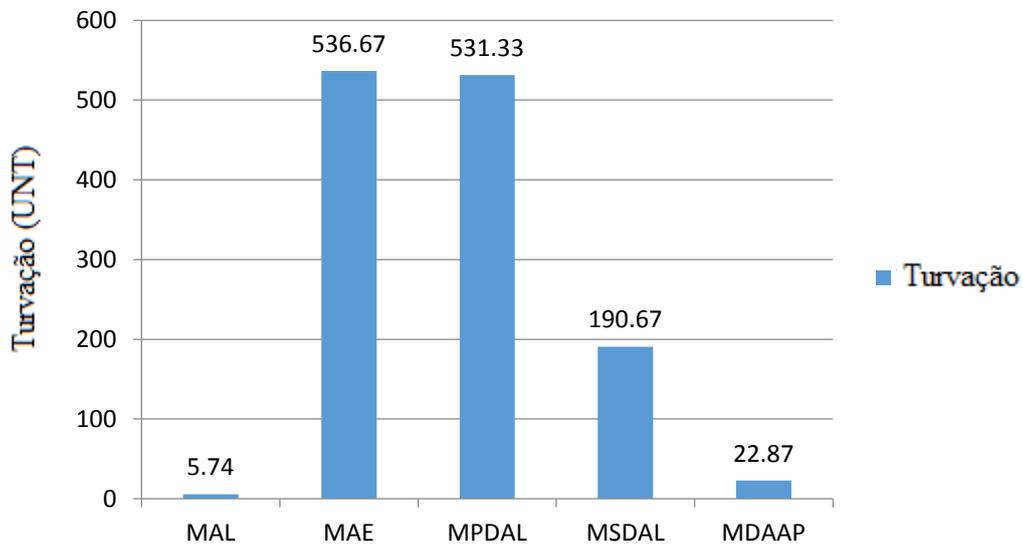


Figura 5.23 – Média da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de *first flush* com filtro incorporado para um Volume de Água V2, um Volume de Resíduos de 125 mL e 40 folhas presentes na solução aquosa

Através da análise da figura 5.23 verifica-se que há um aumento de 530.93 UNT da turvação da Água Limpa para a turvação da Água de Entrada, que há uma diminuição de 5.34 UNT da turvação da Água de Entrada para a turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem, que há uma diminuição significativa de 340.66 UNT da turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem para a turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem e que há uma diminuição de 167.8 UNT da turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem para a turvação da água armazenada no Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais.

Na figura 5.24 apresenta-se a variação dos valores médios da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo desenvolvido para um volume de água V3.

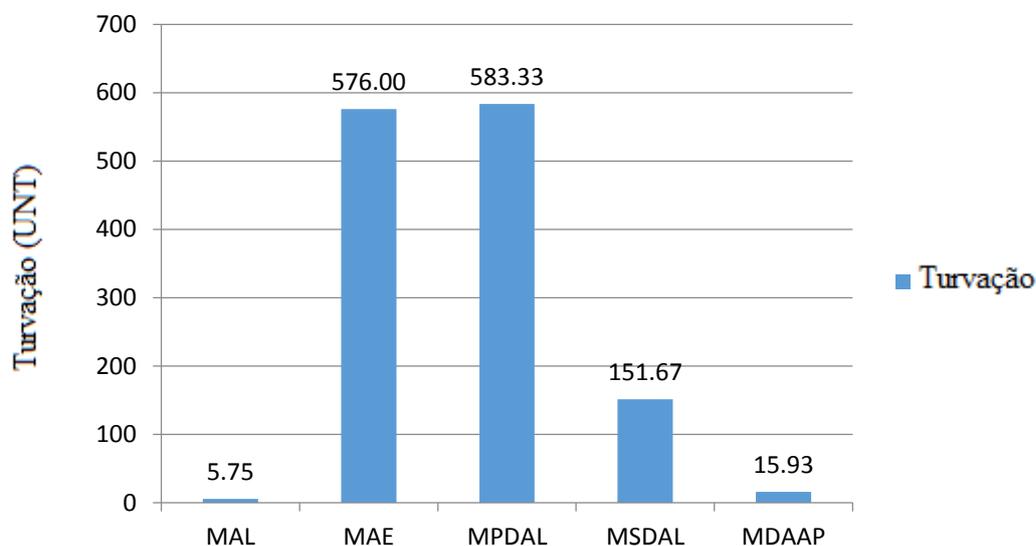


Figura 5.24 – Média da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de *first flush* com filtro incorporado para um Volume de Água V3, um Volume de Resíduos de 125 mL e 40 folhas presentes na solução aquosa

Através da análise da figura 5.24 verifica-se que há um aumento de 570.25 UNT da turvação da Água Limpa para a turvação da Água de Entrada, que há um aumento de 7.33 UNT da turvação da Água de Entrada para a turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem, que há uma diminuição significativa de 431.66 UNT da turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem para a turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem e que há uma diminuição de 135.74 UNT da turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem para a turvação da água armazenada no Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais.

5.1.3.1 Discussão de resultados para um Volume de Resíduos de 125 mL

Através da análise dos resultados obtidos pode-se afirmar que há um aumento significativo do valor de turvação da Água Limpa para a Água de entrada, que em 2 ensaios o valor da turvação da Água de Entrada sofre uma diminuição para a água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem e que nos restantes ensaios o valor de turvação da Água de Entrada para a água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem aumenta, que há uma diminuição significativa do valor de turvação da água armazenada no Primeiro Depósito

de Águas de Lavagem para a água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem e que há uma diminuição significativa do valor de turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem para a água armazenada no Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais.

Através da análise dos resultados obtidos pode-se afirmar que o valor da turvação da água armazenada no Depósito de Águas Pluviais diminui quando é introduzido um volume superior de água no dispositivo desenvolvido.

Na tabela 5.9 apresenta-se os valores percentuais de redução da turvação da água nos diferentes depósitos em comparação com a turvação da Água de entrada.

Número de Folhas	Volume de água	Redução no PDAL	Redução no SDAL	Redução no DAAP
		%		
20	V1	-1.78	66.41	94.50
	V2	-0.23	70.18	96.35
	V3	-3.16	65.98	96.92
40	V1	1.63	71.33	95.31
	V2	0.99	64.47	95.74
	V3	-1.27	73.67	97.23

Tabela 5.9 - Percentagem de redução da turvação da água nos diferentes depósitos em comparação com a turvação da Água de Entrada

5.1.4 Volume de Resíduos – 250 mL

- Observação da turvação nas diferentes etapas do dispositivo desenvolvido

Na figura 5.25 apresentam-se as diferentes amostras de águas armazenadas nas diferentes etapas do dispositivo desenvolvido para um Volume de Resíduos de 250 mL e 20 folhas presentes na solução aquosa.



Figura 5.25 – Amostras de água com um Volume de Resíduos de 250 mL e 20 folhas

Na figura 5.26 apresentam-se as diferentes amostras de águas armazenadas nas diferentes etapas do dispositivo desenvolvido para um Volume de Resíduos de 250 mL e 40 folhas presentes na solução aquosa.



Figura 5.26 – Amostras de água com um Volume de Resíduos de 250 mL e 40 folhas

- Medição da turvação nas diferentes etapas do dispositivo desenvolvido

Na tabela 5.10 apresentam-se os resultados dos ensaios realizados para o estudo da turvação da água presente no dispositivo desenvolvido com Volume de Resíduos de 250 mL e 20 folhas presentes na solução aquosa.

Volume de água	Turvação (UNT)									
	AL	MAL	AE	MAE	PDAL	MPDAL	SDAL	MSDAL	DAAP	MDAAP
V1	9.36	9.44	839.00	836.33	886.00	900.67	603.00	607.33	31.80	31.97
	9.44		821.00		915.00		612.00		32.20	
	9.53		849.00		901.00		607.00		31.90	
V2	9.15	9.53	841.00	841.33	872.00	873.67	581.00	587.00	28.40	27.73
	9.80		854.00		868.00		593.00		27.10	
	9.65		829.00		881.00		587.00		27.70	
V3	10.40	10.03	862.00	853.33	902.00	880.00	591.00	585.67	17.90	18.30
	9.81		841.00		875.00		585.00		19.30	
	9.87		857.00		863.00		581.00		17.70	

Tabela 5.10 - Valores de Turvação com Volume de Resíduos de 250 mL e 20 folhas presentes na solução aquosa

Na figura 5.27 apresenta-se a variação dos valores médios da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo desenvolvido para um volume de água V1.

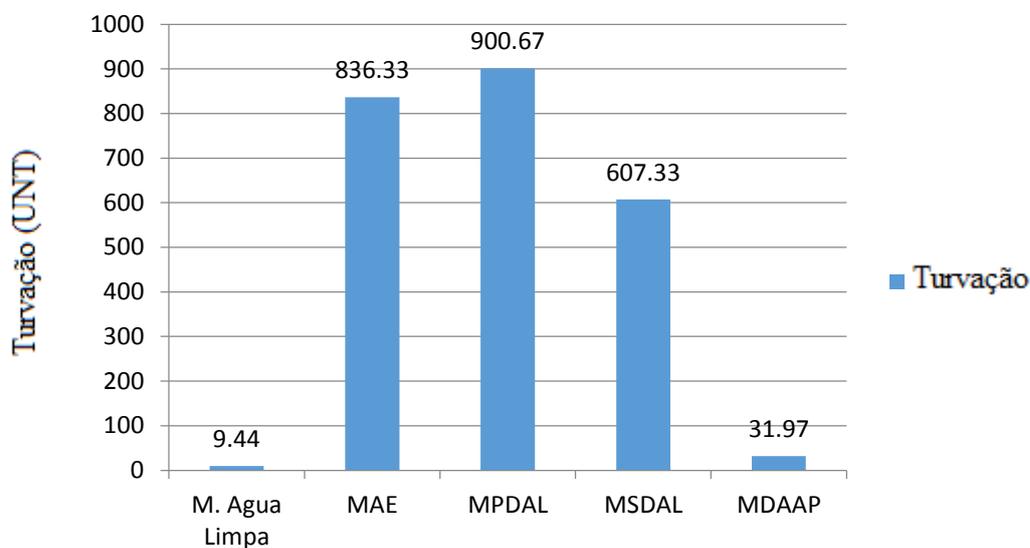


Figura 5.27 – Média da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de *first flush* com filtro incorporado para um Volume de Água V1, um Volume de Resíduos de 250 mL e 20 folhas presentes na solução aquosa

Através da análise da figura 5.27 verifica-se que há um aumento de 826.89 UNT da turvação da Água Limpa para a turvação da Água de Entrada, que há um aumento de 64.34 UNT da turvação da Água de Entrada para a turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem, que há uma diminuição significativa de 293.34 UNT da turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem para a turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem e que há uma diminuição de 575.36 UNT da turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem para a turvação da água armazenada no Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais.

Na figura 5.28 apresenta-se a variação dos valores médios da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo desenvolvido para um volume de água V2.

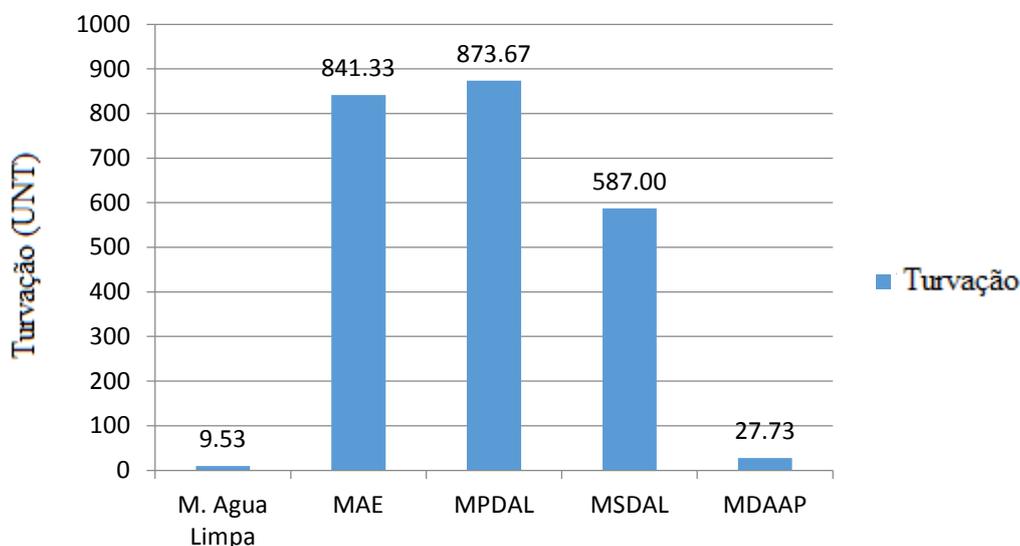


Figura 5.28 – Média da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de *first flush* com filtro incorporado para um Volume de Água V2, um Volume de Resíduos de 250 mL e 20 folhas presentes na solução aquosa

Através da análise da figura 5.28 verifica-se que há um aumento de 831.8 UNT da turvação da Água Limpa para a turvação da Água de Entrada, que há um aumento de 32.34 UNT da turvação da Água de Entrada para a turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem, que há uma diminuição significativa de 286.67 UNT da turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem para a turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem e que há uma diminuição de 559.27 UNT da turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem para a turvação da água armazenada no Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais.

Na figura 5.29 apresenta-se a variação dos valores médios da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo desenvolvido para um volume de água V3.

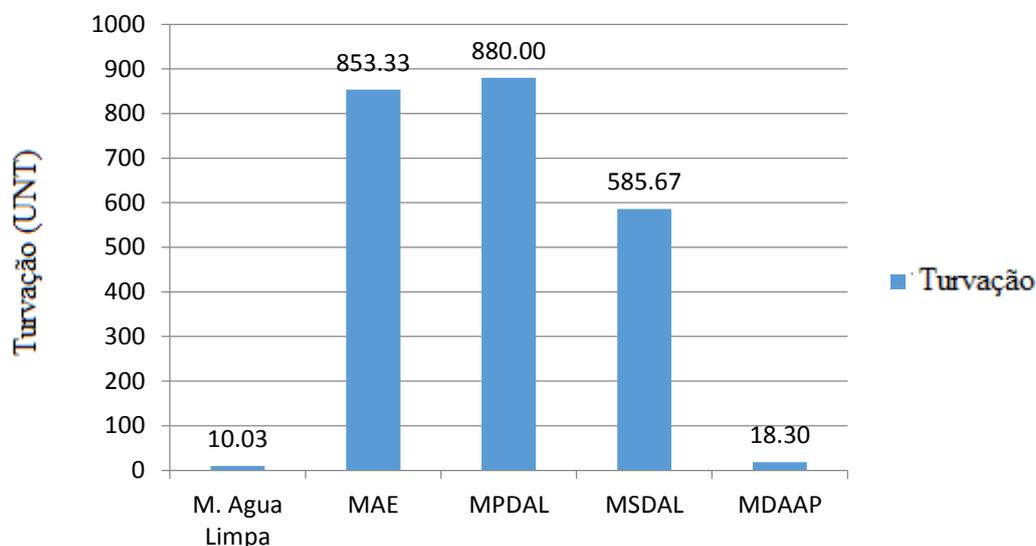


Figura 5.29 – Média da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de *first flush* com filtro incorporado para um Volume de Água V3, um Volume de Resíduos de 250 mL e 20 folhas presentes na solução aquosa

Através da análise da figura 5.29 verifica-se que há um aumento de 843.3 UNT da turvação da Água Limpa para a turvação da Água de Entrada, que há um aumento de 26.67 UNT da turvação da Água de Entrada para a turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem, que há uma diminuição significativa de 294.33 UNT da turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem para a turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem e que há uma diminuição de 567.37 UNT da turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem para a turvação da água armazenada no Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais.

Na tabela 5.11 apresentam-se os resultados dos ensaios realizados para o estudo da turvação da água presente no dispositivo desenvolvido com um Volume de Resíduos de 250 mL e 40 folhas presentes na solução aquosa.

Volume de água	Turvação (UNT)									
	AL	MAL	AE	MAE	PDAL	MPDAL	SDAL	MSDAL	DAAP	MDAAP
V1	9.41	9.72	811.00	827.33	885.00	875.67	603.00	597.00	28.90	29.23
	9.95		832.00		869.00		592.00		29.30	
	9.80		839.00		873.00		596.00		29.50	
V2	9.82	9.66	912.00	893.67	902.00	897.33	608.00	609.00	24.30	24.60
	9.63		882.00		893.00		613.00		24.10	
	9.52		887.00		897.00		606.00		25.40	
V3	9.69	9.67	893.00	873.33	882.00	891.00	598.00	592.67	14.50	15.10
	9.60		851.00		900.00		587.00		15.70	
	9.71		876.00		891.00		593.00		15.10	

Tabela 5.11 - Valores de Turvação com Volume de Resíduos de 250 mL e 40 folhas presentes na solução aquosa

Na figura 5.30 apresenta-se a variação dos valores médios da turvação da água á entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo desenvolvido para um volume de água V1.

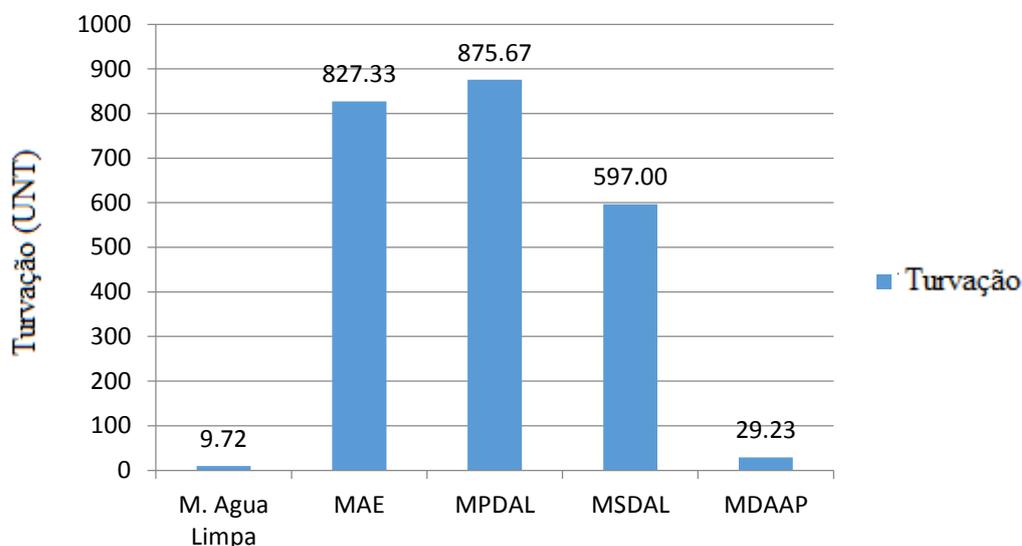


Figura 5.30 – Média da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de *first flush* com filtro incorporado para um Volume de Água V1, um Volume de Resíduos de 250 mL e 40 folhas presentes na solução aquosa

Através da análise da figura 5.30 verifica-se que há um aumento de 817.61 UNT da turvação da Água Limpa para a turvação da Água de Entrada, que há um aumento de 48.34 UNT da turvação da Água de Entrada para a turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem, que há uma diminuição significativa de 278.67 UNT da turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem para a turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem e que há uma diminuição de 568 UNT da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem para a turvação da água armazenada no Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais.

Na figura 5.31 apresenta-se a variação dos valores médios da turvação da água á entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo desenvolvido para um volume de água V2.

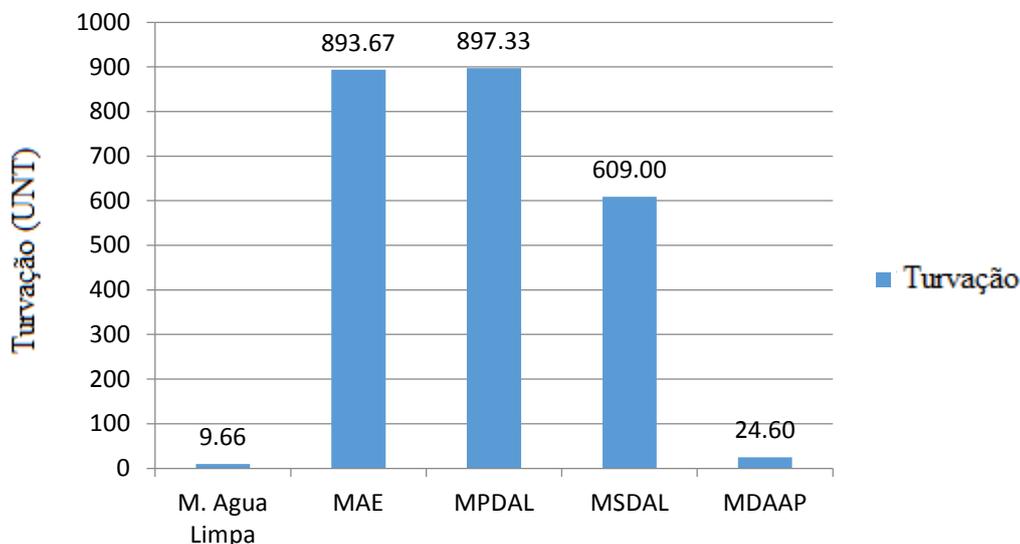


Figura 5.31 – Média da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de *first flush* com filtro incorporado para um Volume de Água V2, um Volume de Resíduos de 250 mL e 40 folhas presentes na solução aquosa

Através da análise da figura 5.31 verifica-se que há um aumento de 884.01 UNT da turvação da Água Limpa para a turvação da Água de Entrada, que há um aumento de 3.66 UNT da turvação da Água de Entrada para a turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem, que há uma diminuição significativa de 288.33 UNT da turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem para a turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem e que há uma diminuição de 584.4 UNT da turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem para a turvação da água armazenada no Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais.

Lavagem e que há uma diminuição significativa do valor de turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem para o valor de turvação da água armazenada no Depósito Armazenamento de Águas Pluviais.

Através da análise dos resultados obtidos pode-se afirmar que o valor da turvação da água armazenada no Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais diminui quando é introduzido um volume de água superior no dispositivo desenvolvido.

Na tabela 5.12 apresenta-se os valores percentuais de redução da turvação da água nos diferentes depósitos em comparação com a turvação da Água de entrada.

Número de Folhas	Volume de água	Redução no PDAL	Redução no SDAL	Redução no DAAP
		%		
20	V1	-7.69	27.38	96.18
	V2	-3.84	30.23	96.70
	V3	-3.13	31.37	97.86
40	V1	-5.84	27.84	96.47
	V2	-0.41	31.85	97.25
	V3	-2.02	32.14	98.27

Tabela 5.12 - Percentagem de redução da turvação da água nos diferentes depósitos em comparação com a turvação da Água de Entrada

5.1.5 Volume de Resíduos – 400 mL

- Observação da turvação nas diferentes etapas do dispositivo desenvolvido

Na figura 5.33 apresentam-se as diferentes amostras de águas armazenadas nas diferentes etapas do dispositivo desenvolvido para um Volume de Resíduos de 400 mL e 20 folhas presentes na solução aquosa.



Figura 5.33 – Amostras de água com um Volume de Resíduos de 400 mL e 20 folhas

Na figura 5.34 apresentam-se as diferentes amostras de águas armazenadas nas diferentes etapas do dispositivo desenvolvido para um Volume de Resíduos de 400 mL e 40 folhas presentes na solução aquosa.



Figura 5.34 – Amostras de água com um Volume de Resíduos de 400 mL e 40 folhas

- Medição da turvação nas diferentes etapas do dispositivo desenvolvido

Na tabela 5.13 apresentam-se os resultados dos ensaios realizados para o estudo da turvação da água presente no dispositivo desenvolvido com 400 mL de resíduos e 20 folhas presentes na solução aquosa.

Volume de água	Turvação (UNT)									
	AL	MAL	AE	MAE	PDAL	MPDAL	SDAL	MSDAL	DAAP	MDAAP
V1	9.48	9.54	>1000	>1000	>1000	>1000	818.00	824.33	234.00	241.00
	9.55		>1000		>1000		824.00		248.00	
	9.58		>1000		>1000		831.00		241.00	
V2	9.12	9.20	>1000	>1000	>1000	>1000	848.00	848.67	187.00	174.00
	9.31		>1000		>1000		857.00		169.00	
	9.18		>1000		>1000		841.00		166.00	
V3	9.27	9.38	>1000	>1000	>1000	>1000	913.00	916.00	136.00	131.67
	9.41		>1000		>1000		928.00		128.00	
	9.45		>1000		>1000		907.00		131.00	

Tabela 5.13 - Valores de Turvação com Volume de Resíduos de 400 mL e 20 folhas presentes na solução aquosa

Como o turbidímetro só consegue analisar valores até 1000 UNT, não foi possível estabelecer valores concretos para AE, MAE, PDAL e MPDAL.

Na figura 5.35 apresenta-se a variação dos valores médios da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo desenvolvido para um volume de água V1.

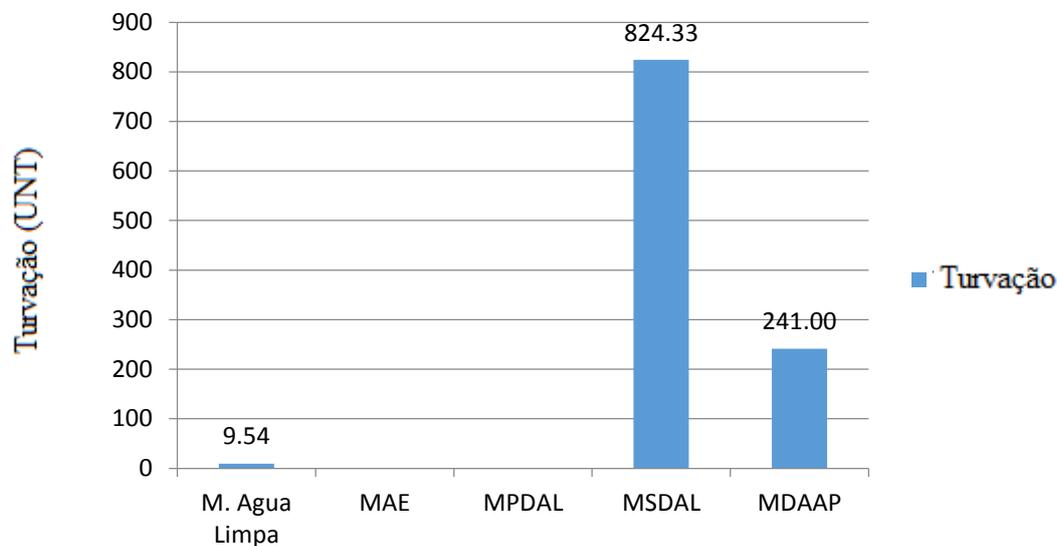


Figura 5.35 – Média da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de *first flush* com filtro incorporado para um Volume de Água V1, um Volume de Resíduos de 400 mL e 20 folhas presentes na solução aquosa

Através da análise da figura 5.35 podemos apenas afirmar que há uma diminuição significativa de 583.33 UNT da turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem para a turvação da água armazenada no Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais.

Na figura 5.36 apresenta-se a variação dos valores médios da turvação da água á entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo desenvolvido para um volume de água V2.

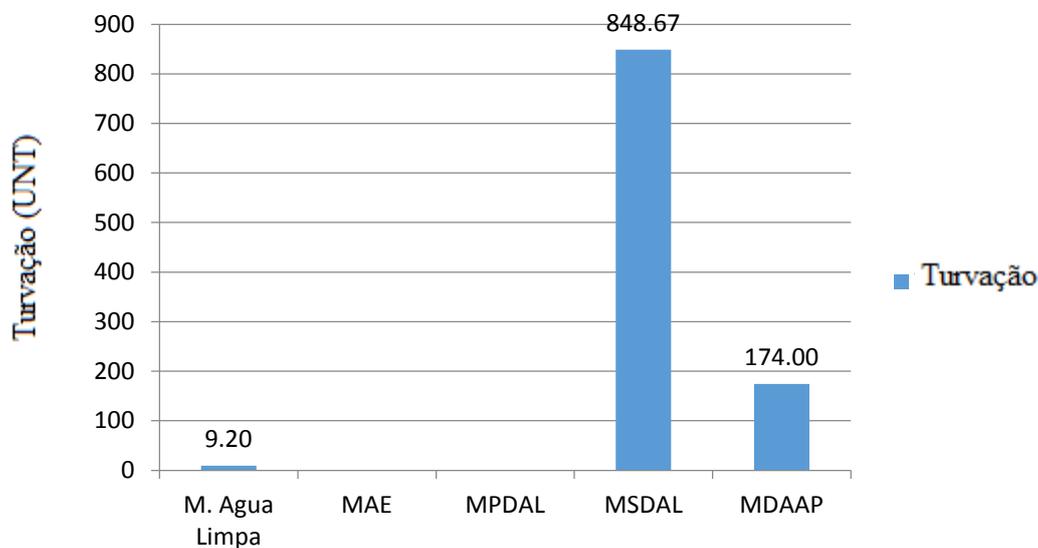


Figura 5.36 – Média da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de *first flush* com filtro incorporado para um Volume de Água V2, um Volume de Resíduos de 400 mL e 20 folhas presentes na solução aquosa

Através da análise da figura 5.36 podemos apenas afirmar que há uma diminuição significativa de 674.67 UNT da turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem para a turvação da água armazenada no Depósito de Armazenamento de Aguas Pluviais.

Na figura 5.37 apresenta-se a variação dos valores médios da turvação da água á entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo desenvolvido para um volume de água V3.

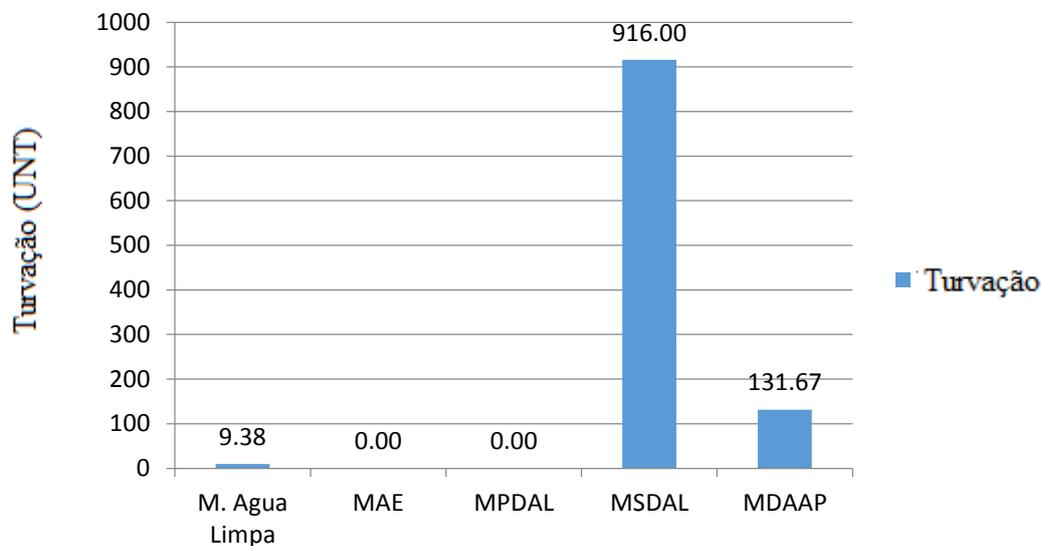


Figura 5.37 – Média da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de *first flush* com filtro incorporado para um Volume de Água V3, um Volume de Resíduos de 400 mL e 20 folhas presentes na solução aquosa

Através da análise da figura 5.37 podemos apenas afirmar que há uma diminuição significativa de 778.33 UNT da turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem para a turvação da água armazenada no Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais.

Na tabela 5.14 apresentam-se os resultados dos ensaios realizados para o estudo da turvação da água presente no dispositivo desenvolvido com 400 mL de resíduos e 40 folhas presentes na solução aquosa.

Volume de água	Turvação (UNT)									
	AL	MAL	AE	MAE	PDAL	MPDAL	SDAL	MSDAL	DAAP	MDAAP
V1	3.28	3.21	>1000	>1000	>1000	>1000	823.00	820.67	253.00	252.33
	3.12		>1000		>1000		812.00		246.00	
	3.22		>1000		>1000		827.00		258.00	
V2	3.91	3.77	>1000	>1000	>1000	>1000	876.00	860.00	191.00	183.67
	3.76		>1000		>1000		853.00		182.00	
	3.64		>1000		>1000		851.00		178.00	
V3	3.54	3.59	>1000	>1000	>1000	>1000	881.00	874.00	122.00	124.67
	3.67		>1000		>1000		869.00		134.00	
	3.56		>1000		>1000		872.00		118.00	

Tabela 5.14 - Valores de Turvação com Volume de Resíduos de 400 mL e 40 folhas presentes na solução aquosa

Como o turbidímetro só consegue analisar valores até 1000 UNT, não foi possível estabelecer valores concretos para AE, MAE, PDAL e MPDAL.

Na figura 5.38 apresenta-se a variação dos valores médios da turvação da água á entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo desenvolvido para um volume de água V1.

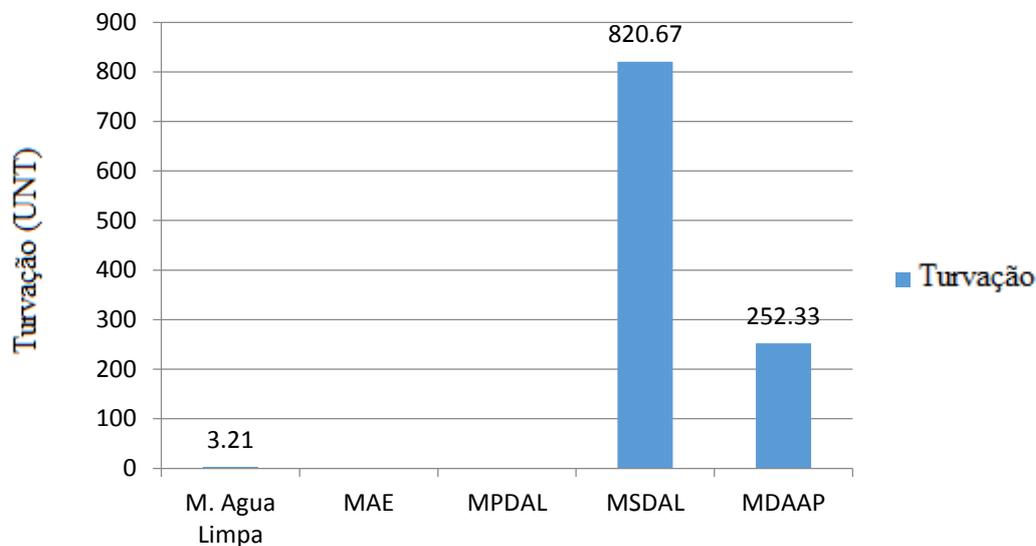


Figura 5.38 – Média da turvação água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de *first flush* com filtro incorporado para um Volume de Água V1, um Volume de Resíduos de 400 mL e 40 folhas presentes na solução aquosa

Através da análise da figura 5.38 podemos apenas afirmar que há uma diminuição significativa de 568.34 UNT da turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem para a turvação da água armazenada no Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais.

Na figura 5.39 apresenta-se a variação dos valores médios da turvação da água nas diferentes etapas do dispositivo desenvolvido para um volume de água V2.

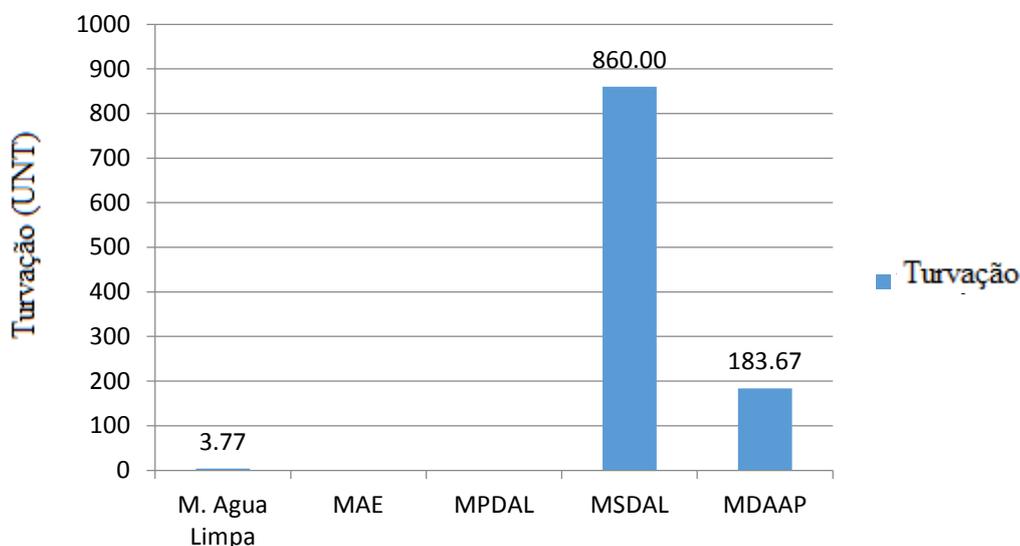


Figura 5.39 – Média da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de *first flush* com filtro incorporado para um Volume de Água V2, um Volume de Resíduos de 400 mL e 40 folhas presentes na solução aquosa

Através da análise da figura 5.39 podemos apenas afirmar que há uma diminuição significativa de 676.33 UNT da turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem para a turvação da água armazenada no Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais.

Na figura 5.40 apresenta-se a variação dos valores médios da turvação da água nas diferentes etapas do dispositivo desenvolvido para um volume de água V3.

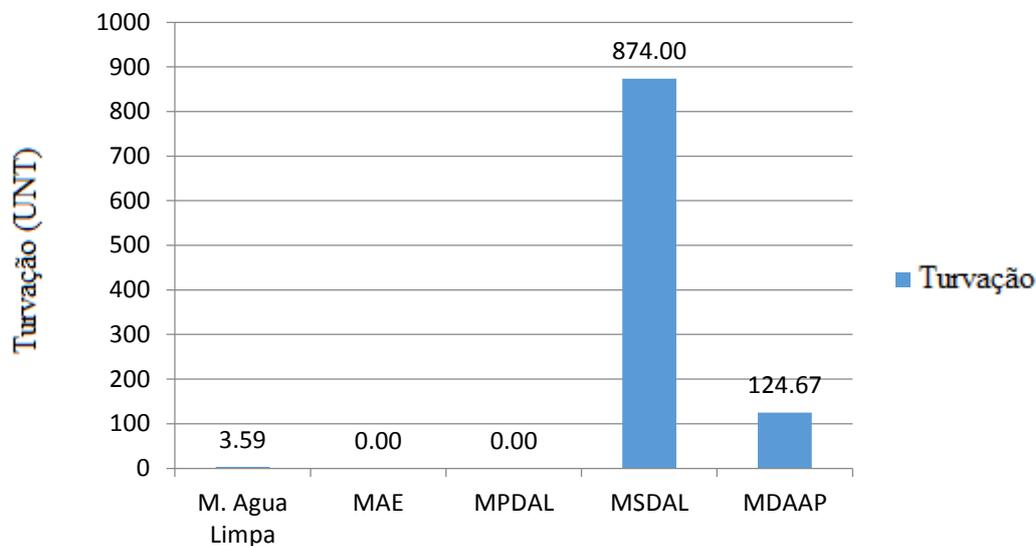


Figura 5.40 – Média da turvação da água à entrada e nos diferentes depósitos do dispositivo de *first flush* com filtro incorporado para um Volume de Água V3, um Volume de Resíduos de 400 mL e 40 folhas presentes na solução aquosa

Através da análise da figura 5.40 podemos apenas afirmar que há uma diminuição significativa da turvação de 749.33 UNT da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem para a água armazenada no Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais.

5.1.5.1 Discussão de resultados para um Volume de Resíduos de 400 mL

Através da análise dos resultados obtidos pode-se afirmar que há uma diminuição significativa do valor de turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem para o valor de turvação da água armazenada no Depósito Armazenamento de Águas Pluviais.

Através da análise dos resultados obtidos pode-se afirmar que o valor da turvação da água armazenada no Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais diminui quando é introduzido um volume de água superior no dispositivo desenvolvido.

5.1.6 Volume de Resíduos – 600 mL

Realizaram-se ensaios para um Volume de Resíduos de 600 mL juntamente com 20 e 40 folhas. Não se apresentam quaisquer resultados destes ensaios devido a que, para um volume de resíduos de 600 mL, os limites de detecção do turbidímetro Hach 2100 Q is foram ultrapassados.

6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Neste capítulo apresentam-se as conclusões gerais e conclusões alusivas ao trabalho executado, bem como algumas sugestões para trabalhos futuros.

6.1 Conclusão

Este trabalho procurou apresentar todos os componentes de um SAAP, tais como as superfícies de captação, os órgãos de condução, os dispositivos de primeira lavagem e os reservatórios de armazenamento de água pluvial.

Conclui-se que a água pluvial pode ser utilizada para lavagem de roupa, rega de jardins, lavagens de veículos, lavagem de ruas, descargas de sanitárias, sistemas de combate a incêndio e sistemas de ar condicionado sem qualquer risco para os seus utilizadores.

O aproveitamento das águas pluviais para a realização de actividades do dia-a-dia do ser humano é uma técnica praticada há muito tempo, principalmente nos países onde existe escassez de água.

Existem países com abundância de água em que a prática do aproveitamento das águas pluviais é feita em grande escala muito devido a realização de campanhas de consciencialização geral da população para a falta de água, fornecendo informação para os benefícios ambientais e económicos que advém dessa prática.

A utilização dos SAAP surge como uma alternativa viável para a protecção dos recursos hídricos existentes na Terra, como uma opção de desenvolvimento sustentável com varias vantagens, permitindo que haja uma redução do consumo da água potável que trará consequências benéficas para os sistemas de abastecimento publico que ficam cada vez mais sobrecarregados com o crescimento populacional e reduzindo o caudal de cheia e o risco de inundações bem como a preservação dos lençóis freáticos.

Estes sistemas permitem preservar a água potável para utilizações mais nobres tais como, por exemplo, cozinhar, beber e tomar banho, o que no ponto de vista ambiental se torna benéfico. Muitas aplicações domesticas, tais como a rega, descargas sanitárias e a lavagem de automóveis, não necessitam de água potável para a sua realização o que irá favorecer a implementação de SAAP.

Este tipo de sistemas são actualmente muito pouco utilizados em Portugal, muito por culpa da pouca divulgação dos seus benefícios ambientais e económicos. Do ponto de vista do consumidor e adaptando o SAAP consoante as necessidades do mesmo, existem vantagens económicas pelo uso da água pluvial, poupando na factura da água potável e aumentando a longevidade dos electrodomésticos nos quais se utilizara a água pluvial devido a este tipo de água ser isenta de calcário.

Na opinião do autor deste trabalho, o ideal seria incentivar a população Portuguesa para a prática do aproveitamento das águas pluviais dotando os novos edifícios com SAAP, visto que a utilização de água pluvial nas actividades diárias do cidadão português ainda é encarada com alguma desconfiança.

Relativamente as conclusões alusivas ao trabalho executado conclui-se que:

- Os valores de turvação da água diminuem ao longo do percurso do dispositivo de *first flush* com filtro incorporado desenvolvido. Os valores da turvação da água armazenada no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem são maiores que os valores de turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem e os valores de turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem são maiores que os valores de turvação da água que se encontra armazenada no Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais;
- Todas as folhas introduzidas nos ensaios, quer estejam inteiras ou partidas, ficam retidas no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem;
- O número de folhas introduzido nos ensaios não tem influência no valor da turvação nas diferentes etapas do dispositivo desenvolvido;
- Todos os resíduos de maiores dimensões ficam retidos no Primeiro Depósito de Águas de Lavagem;
- Os valores de turvação da água armazenada no Segundo Depósito de Águas de Lavagem não sofrem qualquer influência com o volume de água inserido do ensaio;
- Os valores da turvação da água armazenada no Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais diminuem com o aumento do volume de água introduzido no dispositivo.

6.2 Sugestões para trabalhos futuros

O autor sugere que, para trabalhos futuros, se realizem ensaios para análise de outros parâmetros de qualidade de água diferentes e que se experimentem diferentes dimensões dos depósitos do dispositivo de *first flush* com filtro incorporado desenvolvido.

REFERÊNCIAS

- Especificação Técnica ANQIP. (2009). *ETA070: Sistemas de aproveitamento de águas pluviais em edifícios*.
- Especificação Técnica ANQIP. (2009). *ETA0702: Certificação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais*.
- Araújo, F.D.C.T.B (2007). *Reutilização de Águas Pluviais*. Dissertação de Mestrado da Universidade do Minho. Guimarães.
- Bertolo, E.J.P. (2006). *Aproveitamento da Água da Chuva em Edificações*. Dissertação de Mestrado do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto.
- Coombes, P. J. (2002). *Rainwater Tanks Revisited: New Opportunities for Urban Water Cycle Management*. Tese de Doutoramento da Universidade de Newcastle. Austrália.
- Cunliffe, D.A. (1998). *Guidance on the use of rainwater tanks. National Environmental health Forum Monographs*. South Australia.
- Decreto-Lei n.º 207/94, de 6 de Agosto (1994). *Revisão e Actualização dos Regulamentos Gerais das Canalizações de Água e de Esgoto*. Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações. Decreto-Lei n.º 207/94 de 6 de Agosto.
- Decreto Regulamentar n.º 23/95, de 23 de Agosto (1995). *Regulamento geral dos sistemas públicos e prediais de distribuição de água e de drenagem de águas residuais*. Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de Agosto.
- Directiva do Quadro da Água. (2000). *Directiva do Quadro da Água*. Parlamento Europeu e do Conselho da União Europeia.
- Gee, L. (1993). *Pilot survey of the microbiological and chemical aspects of water stored in domestic rainwater tanks*.
- Herrmann, T.; Schmida, U. (1999). *Rainwater utilisation in Germany: efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects*. Urbanwater. Germany.
- Levario, H. K. (2004). *Forgotten Rain, Rediscovering Rainwater Harvesting*

May, S (2004). *Estudo da viabilidade do aproveitamento de água da chuva para consumo não potável em edificações*. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Construção Civil apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo.

Oliveira, E. N. (2007). *Uso eficiente da água numa fábrica de betão e análise da sua utilização na produção de betão*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental apresentada à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.

PNUEA (2012). *Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água*. Agência Portuguesa do Ambiente.

Portugal. Ministério do Ambiente – Decreto-Lei nº 236/98 de 1 de Agosto: D.R.: I Série-A N.º 176, 98-08-01, p.3676-3722.

Portugal. Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território – Decreto-Lei nº 243/01 de 5 de Setembro: D.R.: I Série-A N.º 206, 01-09-05, p.5754-5765.

Portugal. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional – PEAASAR - Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais. 2ª Ed. (Documento Preliminar). Fevereiro de 2006.

Portugal. Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais: Aprovado pelo Decreto Regulamentar nº 23/95, de 23 de Agosto, com remissões Relativas à Integração dos respectivos Artigos. 2ª Ed.. Lisboa: Editora Rei dos Livros, 1998. ISBN 972-51-0755-1

Thomas, P. and Greene, G. (1993). Rainwater Quality from different Roof Catchments. *Water Science and Technology*.

Victorino, C. J. A (2007). *Planeta Água Morrendo De Sede*. EDIPUCRS, Brasil

Yaziz, M.; Gunting, H.; Sapiari, N.; and Ghazali, A.(1989). *Variations in Rainwater Quality from Roof Catchments*, *Water Research*.