

**XV ENCONTRO TÉCNICO AESABESP – SÃO FENASAN 2006
SÃO PAULO-SP**

TRABALHO TÉCNICO

**•“ MEIO FILTRANTE À BASE DE POMES E TELA TERMOPLÁSTICA,
ALTERNATIVAS PARA A FILTRAÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL”**

**APRESENTAÇÃO: ANTONIO ALVES DE MATTOS
ANDRÉ SIERRA FILHO**

**“MEIO FILTRANTE À BASE DE POMES E TELA TERMOPLÁSTICA”
“ALTERNATIVAS PARA A FILTRAÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL”**

AUTOR:

Antonio Alves de Mattos⁽¹⁾

Engenheiro Químico pela Faculdade de Engenharia Química de Lorena (USP/São Paulo), Engenheiro Sanitarista pela Universidade de São Paulo (USP) e Faculdade de Saúde Pública (USP) e Pós – Graduado em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade de Paulista (UNIP).

Endereço⁽¹⁾: Rua Coronel Oscar Porto, N° 1091 – Apartamento N° 42 – Vila Mariana – São Paulo.
SP – CEP: 04003-005 – Brasil – Telefone 55 – (11) – 5539.7822 e-mail: amattos@sabesp.com.br

André Sierra Filho⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Universidade de Taubaté (UNITAU), Engenheiro Sanitarista pela Universidade de Taubaté (UNITAU), Engenheiro de segurança e Medicina do Trabalho pela Universidade de Taubaté (UNITAU).

Endereço⁽¹⁾: Rua Capitão Cirilo Lobato, N° 49 – Centro – Taubaté.
SP – CEP: 12100-080 – Brasil – Telefone 55 – (12) – 3621.4698 e-mail: andresfilho@sabesp.com.br

**“MEIO FILTRANTE À BASE DE POMES E TELA TERMOPLÁSTICA”
“ALTERNATIVAS PARA A FILTRAÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL”**

Sumário – Em aplicações de filtração de água potável, no Brasil, Estados Unidos e Europa, o meio filtrante mais comumente usado são areia de sílica natural e carvão antracito. A seleção do meio filtrante mais apropriado envolve um número de decisão de projeto relacionado à qualidade da água bruta, ao pré-tratamento da água e a qualidade da água filtrada desejada. Geralmente, os critérios considerados na seleção do meio filtrante para filtração de água potável incluem as seguintes vantagens; carreira filtrante mais longa, taxa de filtração mais elevada, boa qualidade de água filtrada, nível de sal metálico de coagulante químico menor e reduzido consumo de água de lavagem e energia. Em outubro de 2004, na Estação de Tratamento de Água de Pindamonhangaba, estado de São Paulo, iniciamos testes com o uso de meio filtrante granular à base de pomes e com tela termoplástica como camada suporte, em substituição à camada suporte de seixos rolados. Meio filtrante à base de pomes é um silicato de alumínio natural ligeiramente cinzento de origem vulcânica. Tela termoplástica é um material construído de poliéster com polivinil cloreto expandido reforçado com cinta de poliéster impregnada com resina vinílica.

1. INTRODUÇÃO.

Meio Filtrante granular á base de POMES é um aluminossilicato amorfo, $AlxSi_yO_z$, com elevado teor de dióxido de silício que pode ser utilizado como meio filtrante de elevada eficiência para a redução de material em suspensão. O teor de dióxido de silício é de aproximadamente 72,0% na POMES granular tipo 10/12B, desenvolvida para os filtros da ETA de Pindamonhangaba. A POMES granular 10/12B possui 0,1% de solubilidade em ácido clorídrico, densidade 2,313 kg/m³, densidade volumétrica de 390 a 450,0 Kg/m³, tamanho efetivo de 1,20 mm +/- 5,0 %, coeficiente de uniformidade de 1,45 +/- 5,0% e dureza na escala de Mohs igual a 6. O uso do meio filtrante granular POMES parece ser uma alternativa especial indicada para sistemas de filtração em plantas de tratamento de água potável porque apresenta uma menor perda através do leito do que outros meios filtrantes, exigem taxa de lavagem contra-corrente inferior do que as taxas exigidas para outros meios filtrantes, proporcionando uma substancial economia de água de lavagem, opera com elevada taxa de filtração e com carreira de filtração mais longa reduzindo o tempo fora de operação e possui elevada capacidade de redução de material em suspensão. O meio filtrante granular POMES opera numa ampla faixa de pH da água, em temperatura máxima da água de 60°C, espessura de camada de 60 a 90 centímetros e com uma taxa de expansão do leito de 20 a 40% da espessura de camada. A tela termoplástica é um material construído de poliéster com polivinil cloreto expandido reforçado com cinta de poliéster impregnada com resina vinílica.

2. OBJETIVO.

O objetivo principal dos testes com meio granular POMES e camada suporte com tela termoplástica como meios para filtração foi buscar a otimização e desenvolvimento de alternativa que possibilite melhorar a eficiência da filtração de água potável em unidades de tratamento da Sabesp. Outros objetivos estão relacionados á necessidade do aumento da capacidade de produção e tratamento de água potável através do desenvolvimento de novas tecnologias envolvendo á filtração; e, com possibilidade de redução de custos operacionais, de manutenção e investimento.

3. DESENVOLVIMENTO DA UTILIZAÇÃO DE POMES E TELA TERMOPLÁSTICA NA FILTRAÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL.

3.1 POMES GRANULAR.

A PUMEX S.p.A & LIPARI PUMEX é a empresa responsável pelo desenvolvimento das atividades de extração, beneficiamento, análise, comercialização, fornecimento e transporte de POMES granular para serviços de filtração de água potável. No processo de produção de pomes granular, a matéria prima pomes bruta é extraída de montanha mineral a céu aberto. A POMES bruta passa por um sistema de britagem primária e gera um produto com uma dimensão granular adequada para beneficiamento. Após a britagem a POMES passa por um sistema de remoção de pó fino e é enviada para um sistema de secagem em forno operando com temperatura de queima controlada para redução de umidade e impurezas. A classificação da dimensão da POMES é efetuada com utilização de peneiras selecionada para o fornecimento da POMES conforme exigências de qualidade do cliente, sendo embalado em sacaria, big bag ou á granel.

Nas figuras N° 1, N° 2 e N° 3, apresentam o meio filtrante POMES em sacaria, big bag e amostra utilizada na ETA de Pindamonhangaba.

3.2 TELA TERMOPLÁSTICA DE POLIÉSTER COM POLIVINIL CLORETO.

A tela termoplástica foi desenvolvida como uma alternativa para substituição parcial ou total da camada suporte de seixos rolados nos leitos de filtros dotados de qualquer tipo de sistema de drenagem. A tela é considerada uma aplicação vantajosa quando comparada com camadas de seixos rolados, dreno com placa porosa de produtos minerais granulares, dreno com tela ou tubo metálico. A utilização da tela metálica proporciona a eliminação parcial ou total das camadas de seixos rolados, aumenta o nível de espessura livre no filtro e conseqüentemente uma maior produção de água, possibilita aumento na espessura da camada de material filtrante e em novos projetos de filtro pode reduzir a área de construção. A tela é um material leve e fácil no manuseio e instalação, facilita a manutenção e a inspeção em diferentes espessuras de camada filtrante, pode ser removida para inspeção e se necessário ser substituída rapidamente, é compatíveis e resistentes á corrosão com os produtos químicos usados no tratamento da água. A distribuição do fluxo na filtração e lavagem é uniforme, reduz o potencial de entupimento e perda de material filtrante e proporciona uma melhor limpeza do material filtrante na lavagem. Além dos benefícios citados a tela possui um baixo custo de aquisição e é instalada no filtro com cantoneira de aço inox sendo fixada com parafusos e bucha de expansão, na figura n°4 é apresentada o tipo de tela termoplástica utilizada na ETA de Pindamonhangaba.

3.3 CARACTERÍSTICAS E PROPRIEDADES TÉCNICAS.

3.3.1 POMES GRANULAR.

Pomes granular é um silicato de alumínio natural, levemente cinzento e de origem vulcânica. É recomendado em aplicações de tratamento de água potável.

ANÁLISES QUÍMICAS TÍPICA		
Parâmetro	Fórmula Química	Porcentagem (%)
Dióxido de Silício	SiO ₂	71,75
Óxido de Alumínio	Al ₂ O ₃	12,33
Óxido Férrico	Fe ₂ O ₃	1,98
Óxido Ferroso	FeO	0,02
Óxido de Magnésio	MgO	0,12
Óxido de Cálcio	CaO	0,70
Óxido de Sódio	Na ₂ O	3,59
Óxido de Potássio	K ₂ O	4,47
Óxido de Manganês	MnO	0,07
Dióxido de Titânio	Ti ₂ O	0,11
Pentóxido de Fósforo	P ₂ O ₅	0,008
Trióxido de Enxofre	SO ₃	0,18
Água Combinada	H ₂ O ⁺	3,71

PROPRIEDADES FÍSICAS	
Estado Físico	Granular
Cor	Levemente Cinzento
Ruptura á Água	Resistente
Dureza (Escala Mohs)	6,0
Valor de pH	8,0
Densidade Verdadeira (ISO 787.10)	2,313 g/cm ³
Densidade Volumétrica	0,390 a 0,440 g/cm ³
DIMENSÃO DO MATERIAL	
Dimensão Média	1535 microns
Coefficiente de Uniformidade (C. U).	1,33
Resistência Química (Perda em Ácido)	1,25 <d<1,45

ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS TÍPICA		
MESH	MICRONS	% PASSANTE
8	2360	100
10	2000	96
12	1700	59
14	1400	33
16	1180	10
18	1000	3

CERTIFICAÇÃO.

POMES é um meio filtrante granular utilizado para o tratamento de água potável e está em conformidade com a norma BS EM 12906, sendo disponível para fornecimento em embalagem de 40 kg e big bag de capacidade de 500 kg. A Divisão de Controle Sanitário RVOC realiza laudo de análise de parâmetros químicos, físicos e bacteriológicos em atendimento á portaria 518 do Ministério da Saúde, de água tratada com meio filtrante granular pomes e os resultados atendem com conformidade às exigências técnicas sem ressalvas.

3.3.2 TELA TERMOPLÁSTICA.

A tela termoplástica é um material construído de substrato poliéster com 8x8 fios/cm e reforçada com polivinil cloreto expandido com cinta de poliéster impregnada com resina vinílica.

PROPRIEDADES FÍSICAS	
Peso Final	380 +/- 10 gramas/m ²
Espessura	0,62 mm
Tração (Urdume/Trama)	165/172 Kgf/5cm
Rasgamento (Urdume/Trama)	38/37 Kgf
Alongamento (Urdume/Trama)	23%
Título do fio	900 x 500 dtex
Tecnologia de Rachel	Malha de Urdume
Urdume	8 fios/cm
Trama	8 fios/cm
Amarração	Zig Zag
Abertura	Furos
Forma	Retangular
Dimensão	4,40 m x 3,50 m

3.3.3 FILTRO RÁPIDO A GRAVIDADE.

A pomes granular e a tela termoplástica foram utilizadas em filtros rápidos a gravidade para avaliação e comparação técnica com outros filtros similares com leito misto de areia (T. E 0,50 mm) e carvão antracitoso (T. E 1,0 mm). Os testes com pomes e tela termoplástica tiveram início em outubro de 2004 (filtro N°6) e fevereiro de 2005 (filtro N° 5). Os filtros possuem dimensões de 3,40 metros de largura por 4,30 metros de comprimento, com uma área filtrante de 14,54 m². A taxa de filtração inicial varia conforme as condições dos filtros de 350 m³/m²xdia á 240 m³/m²xdia; e, é do tipo declinante. A lavagem dos filtros é efetuada superficialmente e em contra corrente com água tratada. Na lavagem superficial é utilizadas uma bomba com capacidade de 86 m³/hora e a água é distribuída em tubos perfurados com jateamento de água na superfície da camada superior e com penetração estimada de cerca de 10 cm. A lavagem dos filtros em contra corrente é efetuada utilizando-se uma bomba com capacidade de 720 m³/hora e pressão de 8,5 mca, com um tempo de lavagem variando de 6 a 8 minutos. Os filtros são dotados de duas calhas de entrada de água decantada e coleta de água de lavagem, uma calha para descarga de água de lavagem e na saída da água filtrada uma caixa de equilíbrio para cada par de filtros. Nas figuras de N°s 5 a 9 são apresentados detalhes da montagem e instalação da pomes e tela no filtro a gravidade.

CARACTERÍSTICAS DA CAMADA FILTRANTE E SUPORTE				
CAMADA	FILTROS n° 1 A 4 E n° 7 E 8		FILTROS n° 5 E 6	
	DIMENSÃO	ESPESSURA	DIMENSÃO	ESPESSURA
SUPORTE COM SEIXOS	De ½ Pol. até 2,0 Pol.	0,30 metro	-	
TORPEDO COM SEIXOS	1/8 polegada	0,30 metro	-	
FILTRANTE DE AREIA	T.E de 0,50 mm	0,50 metro	-	
FILTRANTE DE ANTRACITOSO	T.E de 1,0 mm	0,50 metro	-	
SUPORTE COM SEIXOS	-	-	2,0 Pol.	½ área de 0,15 metro
SUPORTE COM TELA TERMOPLÁSTICA	-	-	4,40 m x 3,50	0,62 mm
FILTRANTE COM POMES GRANULAR	-	-	T.E de 1,25 mm	0,80 metro

4. DESCRIÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.

Tendo em vista os planos e metas visando uma expansão rápida do sistema de tratamento de água na gerência divisional de Pindamonhangaba tornou-se fundamental o aumento de produção da estação de tratamento de água com a possibilidade da realização desta meta com redução de custos com obras e investimentos. A alternativa mais viável para a ampliação da capacidade de produção sem grandes reformas no sistema de filtração foi o desenvolvimento de novas técnicas e novos materiais filtrantes em curto prazo e com baixo custo de investimento. Haveria a necessidade de desenvolvimento de estudos para operação dos filtros da ETA de Pindamonhangaba com taxa de filtração mais elevada, em torno de 350 m³/ m² x dia no início de operação e maiores carreiras de filtração; e, utilização de taxas de lavagens contra corrente inferiores e com menor tempo e operação de lavagem. Em estudos e levantamentos efetuados em unidade piloto na ETA de Cubatão, no período de 05 a 24 de abril de 2003, utilizando-se Pomes como meio filtrante simples comparados com meio filtrante misto de areia e carvão antracitoso; consideramos conveniente à possibilidade de implantação em filtro rápido á gravidade com meio filtrante granular Pomes para tratamento de água potável.

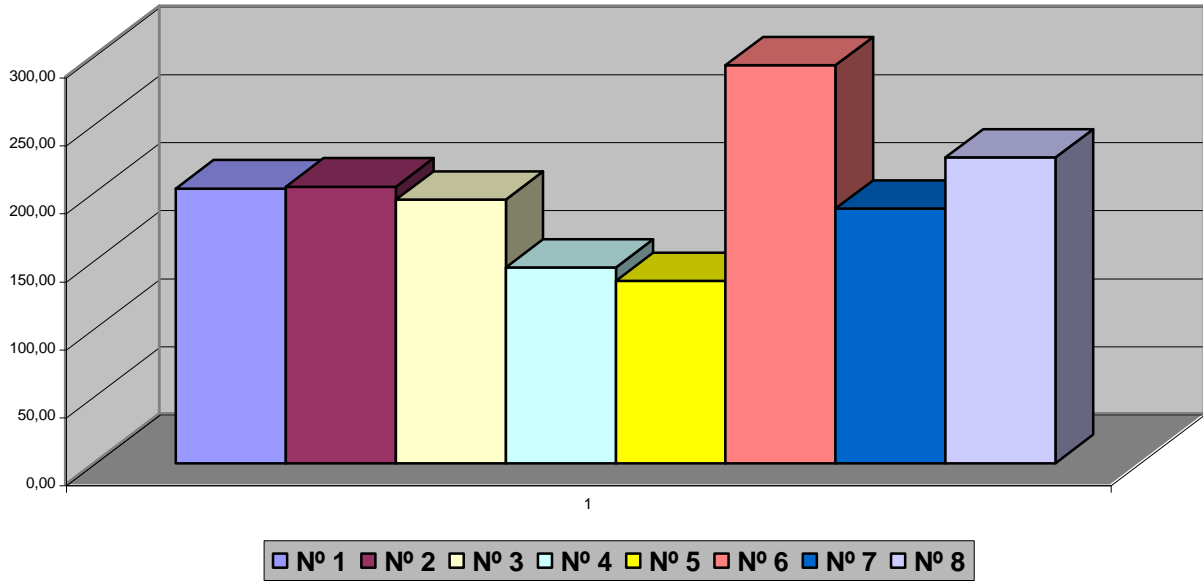
O trabalho realizado com Pomes na operação de filtração de água decantada na ETA de Pindamonhangaba visou o aprimoramento do processo operacional considerando as seguintes viabilidades de vantagens, tais como; aumento da taxa de filtração, redução da taxa de lavagem e número de operações de lavagem, carreiras de filtros mais longas, economia de água tratada para lavagem de filtro e de energia, melhoria da qualidade da água filtrada. As planilhas e gráficos em seguida apresentam os resultados atingidos com a utilização de Pomes granular e Tela Termoplástica nos filtros nº 6 e nº 5, na ETA de Pindamonhangaba.

4.1 PLANILHA DE CONTROLE DA TAXA DE FILTRAÇÃO.

Os resultados apresentados na planilha demonstram um comportamento de performance superior em termos taxa de filtração declinante do filtro nº 6 com camada filtrante de pomes e camada suporte com tela termoplástica comparados com os filtros de areia, carvão antracitoso e seixos no período de avaliação de outubro de 2004 á janeiro de 2005. O filtro nº 6 apresentou uma maior carreira de filtração em horas e uma taxa de filtração mais elevada, em consequência disto uma maior produtividade.

Controle da Taxa de Filtração - Período de Outubro de 2004 à Janeiro de 2005									
Taxa de Filtração por filtro (m3/m2xdia)									
Medição	Horas	Nº 1	Nº 2	Nº 3	Nº 4	Nº 5	Nº 6	Nº 7	Nº 8
1	0	291		320		244	356	200	
2	0,5		254	350	255		356		343
3	1	273			251	230	355	213	
4	1,5		246		249	212	334		
5	2	284	200		244	224	292	242	320
6	2,5		249		233		348		
7	3					230	282	234	307
8	3,5		236		199				
9	4					180	338	249	287
10	4,5		224		179				
11	5		213			150	348	238	280
12	5,5			307	178				
13	6					122	327	228	260
14	6,5	226		286	148				
15	7					178	314	236	249
16	7,5			283	145				
17	8					168	334	252	238
18	8,5			273	137				
19	9				177	164	308	238	229
20	9,5	221		259					
21	10					149	327	198	222
22	10,5	226		243					
23	11		234			137	314		224
24	11,5	209		239					
25	12		229			127	314	247	
26	13		221			108	303		
27	13,5	205		184	161				
28	14		213				303	231	
29	14,5	163		172	157	80			255
30	15					139	280		
31	15,5	190		161	146	105			250

Controle da Taxa de Filtração - Período de Outubro de 2004 à Janeiro de 2005									
Taxa de Filtração por filtro (m3/m2xdia)									
Medição	Horas	Nº 1	Nº 2	Nº 3	Nº 4	Nº 5	Nº 6	Nº 7	Nº 8
32	16					110	275	235	
33	16,5			151	142	77			236
34	17				105	91	290		
35	17,5			146		74			222
36	18			171	97	100	282	206	
37	18,5			142		73			231
38	19	214		166	96	78	294		
39	20	184	137	153	94	75	287	172	234
40	21,5	226							
41	22	194	198	139	90	65		154	198
42	22,5		220				256		
43	23	195	192	168	87	64			
44	23,5	220					259		
45	24	188	186	211				117	178
46	24,5		215				229		
47	25	186	180	156					
48	25,5	192	210		69		221		
49	26		178	122				125	153
50	26,5	213			67		230		
51	27		176	125					
52	27,5				64		237		
53	28							112	146
54	28,5		207		60		230		
55	29,5		149	188	57		222		
56	30							105	128
57	31,5		159	169			238		
58	32		162					108	134
59	32,5	144		172					
60	33,5	135		174			245		
61	34							121	150
62	34,5	136		168					
63	35,5	137		154					
64	36						320	105	148
65	40			59				112	
Média Taxa Filtração		202,2	203,5	193,9	144	134,1	292,8	187,1	203,8
Nº de Medições		24	25	31	27	27	35	25	25

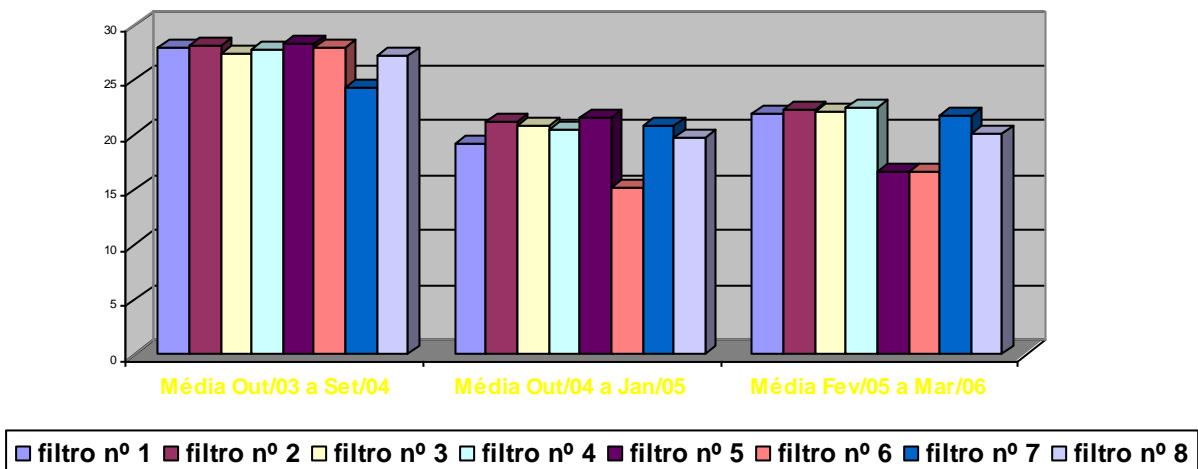


4.2 PLANILHA Nº 1 E GRÁFICO Nº 1 - NÚMERO DE LAVAGEM DE FILTROS.

Os resultados apresentados na planilha e gráfico nº 1 demonstram uma performance superior em termos de número de lavagens dos filtros nº 5 e nº 6 com camada filtrante de pomes e camada suporte com tela termoplástica comparados com os filtros de areia, carvão antracitoso e seixos no período de outubro de 2003 á setembro de 2004. É importante ressaltar a redução de número de lavagens dos filtros com areia, carvão antracitoso e seixos, após o início de operação do filtro nº 6 e nº 5 com pomes e tela termoplástica nos períodos de outubro de 2004 á janeiro de 2005 e no período de fevereiro de 2005 e março 2006, comparados com o período de outubro de 2003 á setembro de 2004.

PLANILHA - 1: LAVAGEM MENSAL DE FILTROS (nº/mês)									
	filtro nº 1	filtro nº 2	filtro nº 3	filtro nº 4	filtro nº 5	filtro nº 6	filtro nº 7	filtro nº 8	Observação
out/03	34	32	33	33,0	35	34	2	33	
nov/03	28	31	28	28	27	26	28	29	
dez/03	31	31	30	31	32	32	29	29	
jan/04	31	32	32	31	32	31	31	28	
fev/04	26	26	25	26	26	27	25	24	
mar/04	28	28	26	28	27	27	26	27	
abr/04	26	24	24	23	24	24	24	25	
mai/04	24	26	26	25	27	27	25	25	
jun/04	27	26	27	27	26	27	27	26	
jul/04	26	28	24	28	28	27	26	27	
ago/04	26	25	26	26	27	25	24	26	
set/04	32	32	32	32	32	0	33	30	
Média Out/03 a Set/04	28	28	27	28	28	28	24	27	
out/04	21	22	21	22	21	13	21	23	F.6 10/04
nov/04	16	21	20	20	22	14	20	16	
dez/04	20	20	21	20	22	16	22	20	
jan/05	20	22	21	20	21	18	20	20	
Média Out/04 a Jan/05	19	21	21	21	22	15	21	20	
fev/05	20	22	19	20	14	18	20	21	F.5 02/05
mar/05	18	18	19	18	13	15	17	19	
abr/05	19	20	18	19	15	16	18	17	
mai/05	20	19	19	19	15	15	18	18	
jun/05	17	18	18	19	16	15	18	16	
jul/05	18	18	18	20	15	14	18	16	
ago/05	19	20	19	20	15	15	18	17	
set/05	20	20	20	21	16	15	21	20	
out/05	22	24	24	22	17	16	23	21	
nov/05	24	26	25	26	20	16	24	18	
dez/05	28	28	28	28	19	19	28	27	
jan/06	29	28	30	29	20	17	29	25	
fev/06	24	25	24	25	18	19	24	21	
mar/06	28	26	29	28	21	24	28	26	
Média Fev/05 a Mar/06	22	22	22	22	17	17	22	20	

LAVAGEM MENSAL DE FILTROS (nº/mês)

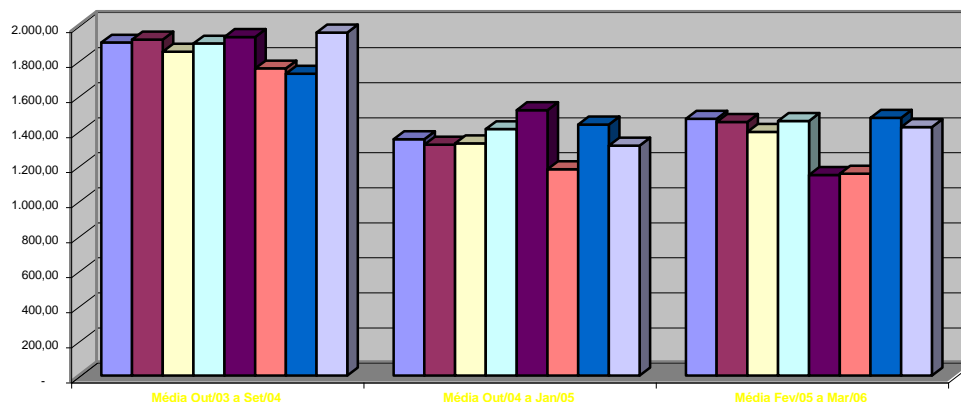


4.3 PLANILHA Nº2 E GRÁFICO Nº2 - CONSUMO DE ÁGUA TRATADA NA LAVAGEM DOS FILTROS.

Os resultados apresentados na planilha e gráfico nº 2 demonstram uma economia elevada de consumo de água tratada na lavagem dos filtros nº 5 e nº 6 com camada filtrante de pomes e camada suporte com tela termoplástica comparados com os filtros de areia, carvão antracitoso e seixos no período de outubro de 2003 á setembro de 2004. Salientamos a ocorrência de uma redução altamente relevante de água tratada para lavagem dos filtros com areia, carvão antracitoso e seixos, após o início de operação do filtro nº 6 e nº 5 com pomes e tela termoplástica nos períodos de outubro de 2004 á janeiro de 2005 e no período de fevereiro de 2005 e março 2006, comparados com o período de outubro de 2003 á setembro de 2004.

PLANILHA - 2: CONSUMO DE ÁGUA TRATADA GASTO NA LAVAGEM DE FILTRO (m³/MÊS)									
	filtro nº 1	filtro nº 2	filtro nº 3	filtro nº 4	filtro nº 5	filtro nº 6	filtro nº 7	filtro nº 8	Observação
out/03	2.149,20	2.149,20	2.181,60	2.246,40	2.527,20	2.311,20	118,80	2.473,20	
nov/03	1.998,00	2.192,40	2.008,80	2.170,80	2.095,20	1.954,80	1.988,00	2.451,60	
dez/03	2.451,60	2.365,20	2.214,00	2.365,20	2.419,20	2.419,20	2.160,00	2.376,00	
jan/04	2.192,40	2.246,40	2.127,60	2.116,80	2.149,20	2.106,00	2.138,40	2.214,00	
fev/04	1.933,20	1.825,20	1.749,60	1.814,40	1.792,80	1.879,20	1.846,80	1.879,20	
mar/04	1.976,40	1.879,20	1.738,80	1.879,20	1.728,00	1.803,60	1.857,60	1.868,40	
abr/04	1.652,40	1.544,40	1.620,00	1.425,60	1.576,80	1.652,40	1.674,00	1.641,60	
mai/04	1.566,00	1.695,60	1.630,80	1.652,40	1.749,60	1.803,60	1.641,60	1.684,80	
jun/04	1.576,80	1.717,20	1.576,80	1.620,00	1.609,20	1.684,80	1.598,40	1.641,60	
jul/04	1.609,20	1.738,80	1.684,80	1.695,60	1.706,40	1.728,00	1.771,20	1.706,40	
ago/04	1.587,60	1.609,20	1.641,60	1.652,40	1.738,80	1.695,60	1.706,40	1.630,80	
set/04	2.116,80	2.052,00	2.008,80	2.106,00	2.095,20	-	2.170,80	1.933,20	
Média Out/03 a Set/04	1.900,80	1.917,90	1.848,60	1.895,40	1.932,30	1.753,20	1.722,67	1.958,40	
out/04	1.436,40	1.447,20	1.317,60	1.490,40	1.458,00	928,80	1.382,40	1.555,20	F.6 10/04
nov/04	1.080,00	1.328,40	1.306,80	1.436,40	1.524,74	1.257,55	1.274,40	1.296,08	
dez/04	1.404,00	1.101,60	1.339,20	1.436,40	1.544,40	1.166,40	1.544,40	1.123,20	
jan/05	1.479,60	1.393,20	1.339,20	1.263,60	1.533,60	1.360,80	1.533,60	1.274,40	
Média Out/04 a Jan/05	1.350,00	1.317,60	1.325,70	1.406,70	1.515,19	1.178,39	1.433,70	1.312,22	
fev/05	1.425,60	1.404,00	1.090,80	1.134,00	982,80	1.244,05	1.587,60	1.414,80	F.5 02/05
mar/05	1.328,40	1.123,20	1.166,40	1.155,60	1.058,40	1.004,40	1.198,80	1.198,80	
abr/05	1.252,80	1.274,40	1.188,00	1.155,60	1.004,40	1.069,20	1.209,60	1.090,80	
mai/05	1.242,00	1.166,40	1.155,60	1.220,40	1.112,40	1.080,00	1.209,60	1.220,40	
jun/05	1.328,40	1.198,80	1.047,60	1.306,80	1.188,00	1.134,00	1.371,60	1.166,40	
jul/05	1.209,60	1.177,20	1.123,20	1.263,60	1.177,20	1.069,20	1.166,40	1.134,00	
ago/05	1.274,40	1.339,20	1.242,00	1.177,20	1.101,60	993,60	1.188,00	1.317,60	
set/05	1.231,20	1.306,80	1.317,60	1.404,00	112,40	1.004,40	1.274,40	1.285,20	
out/05	1.479,60	1.630,80	1.566,00	1.447,20	1.252,80	1.123,20	1.555,20	1.512,00	
nov/05	1.490,40	1.706,40	1.609,20	1.836,00	1.468,80	1.026,00	1.695,60	1.555,20	
dez/05	1.803,60	1.836,00	1.738,80	1.825,20	1.360,80	1.317,60	1.792,80	1.857,60	
jan/06	1.965,60	1.879,20	1.911,60	1.857,60	1.404,00	1.166,40	1.846,80	1.814,40	
fev/06	1.641,60	1.630,80	1.490,40	1.652,40	1.296,00	1.296,00	1.630,80	1.490,40	
mar/06	1.857,60	1.598,40	1.836,00	1.900,80	1.512,00	1.609,20	1.868,40	1.803,60	
Média Fev/05 a Mar/06	1.466,49	1.447,97	1.391,66	1.452,60	1.145,11	1.152,66	1.471,11	1.418,66	

CONSUMO DE ÁGUA TRATADA GASTO NA LAVAGEM DE FILTRO (M3/MÊS)



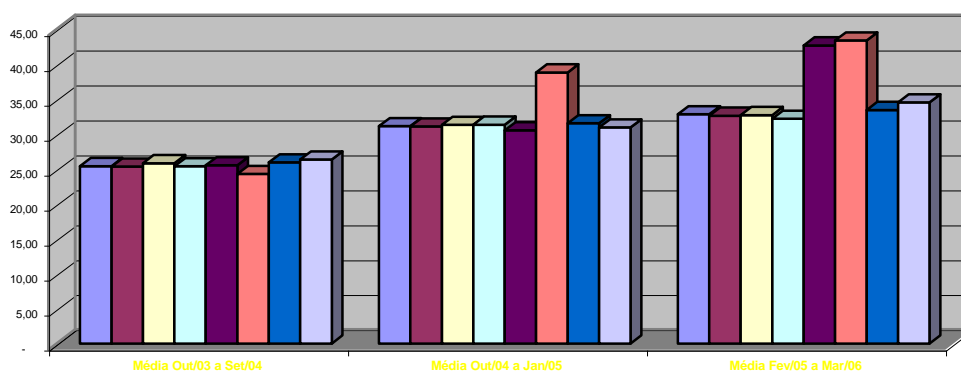
■ filtro nº 1 ■ filtro nº 2 □ filtro nº 3 □ filtro nº 4 ■ filtro nº 5 ■ filtro nº 6 ■ filtro nº 7 □ filtro nº 8

4.4 PLANILHA Nº3 E GRÁFICO Nº3 - CARREIRA DE FILTRAÇÃO DOS FILTROS.

Os resultados apresentados na planilha e gráfico nº 3 demonstram um aumento no tempo de funcionamento dos filtros nº 5 e nº 6 com camada filtrante de pomes e camada suporte com tela termoplástica quando comparado com os filtros de areia, carvão antracitoso e seixos no período de outubro de 2003 á setembro de 2004. É importante ressaltar o aumento do tempo de funcionamento dos filtros com areia, carvão antracitoso e seixos, após o início de operação do filtro nº 6 e nº 5 com pomes e tela termoplástica nos períodos de outubro de 2004 á janeiro de 2005 e no período de fevereiro de 2005 e março 2006.

PLANILHA - 3: CARREIRA DE FILTRAÇÃO MÉDIA MENSAL (horas de funcionamento)									
	filtro nº 1	filtro nº 2	filtro nº 3	filtro nº 4	filtro nº 5	filtro nº 6	filtro nº 7	filtro nº 8	Observação
out/03	21,64	23,19	22,63	20,42	21,95	21,33	25,50	22,44	
nov/03	24,32	23,11	25,24	24,42	22,83	25,33	24,04	24,87	
dez/03	23,80	23,58	24,55	23,77	24,02	30,22	24,90	24,36	
jan/04	23,32	23,36	23,27	23,20	23,28	23,28	23,10	25,19	
fev/04	25,40	26,48	27,50	26,37	27,00	26,31	26,70	27,42	
mar/04	26,03	25,34	26,61	26,63	26,10	25,81	26,70	26,07	
abr/04	28,31	28,88	29,45	30,13	29,83	28,98	29,63	28,04	
mai/04	27,48	27,95	27,84	27,31	28,10	27,45	28,73	27,43	
jun/04	25,53	25,67	25,66	26,10	26,30	26,29	25,01	26,58	
jul/04	28,07	26,43	26,32	25,54	26,54	27,87	26,05	28,23	
ago/04	28,29	27,70	28,71	28,33	28,26	28,36	28,51	30,22	
set/04	22,59	22,26	21,89	22,17	21,92	-	22,14	25,06	
Média Out/03 a Set/04	25,40	25,33	25,81	25,37	25,51	24,27	25,92	26,33	
out/04	33,58	32,08	32,92	32,92	32,68	45,27	33,52	32,30	F.6 10/04
nov/04	17,71	22,65	23,33	22,08	23,95	23,45	22,55	21,71	
dez/04	37,60	35,65	33,69	35,78	31,86	44,73	33,88	35,49	
jan/05	35,55	33,82	35,24	34,50	33,50	41,74	36,10	34,14	
Média Out/04 a Jan/05	31,11	31,05	31,30	31,32	30,50	38,80	31,51	30,91	
fev/05	31,48	32,43	31,20	32,84	37,32	39,36	30,62	29,79	F.5 02/05
mar/05	39,29	35,85	38,87	37,61	55,08	46,87	42,53	39,90	
abr/05	32,66	36,83	38,00	37,15	42,70	44,26	36,25	35,51	
mai/05	36,73	37,58	38,09	37,86	49,50	46,33	37,74	38,33	
jun/05	40,62	40,14	37,19	37,36	46,41	49,07	38,57	38,83	
jul/05	40,17	37,50	39,42	38,68	50,03	52,61	40,28	41,50	
ago/05	37,18	36,65	37,55	36,00	47,67	46,83	40,33	42,29	
set/05	35,13	34,88	34,57	32,81	44,82	45,37	33,43	32,18	
out/05	33,27	29,99	30,89	30,49	41,75	45,08	32,69	34,74	
nov/05	29,28	28,22	28,43	27,22	37,02	42,47	29,70	37,61	
dez/05	26,06	26,20	26,43	25,33	38,08	39,05	26,28	27,55	
jan/06	24,48	25,45	22,98	24,98	37,30	41,79	25,32	28,70	
fev/06	27,02	26,96	28,13	26,21	36,44	35,45	28,25	29,90	
mar/06	26,02	27,59	25,88	25,80	32,95	32,35	26,02	26,23	
Média Fev/05 a Mar/06	32,81	32,59	32,69	32,17	42,65	43,35	33,43	34,50	

CARREIRA DE FILTRAÇÃO MÉDIA MENSAL
(horas de funcionamento)



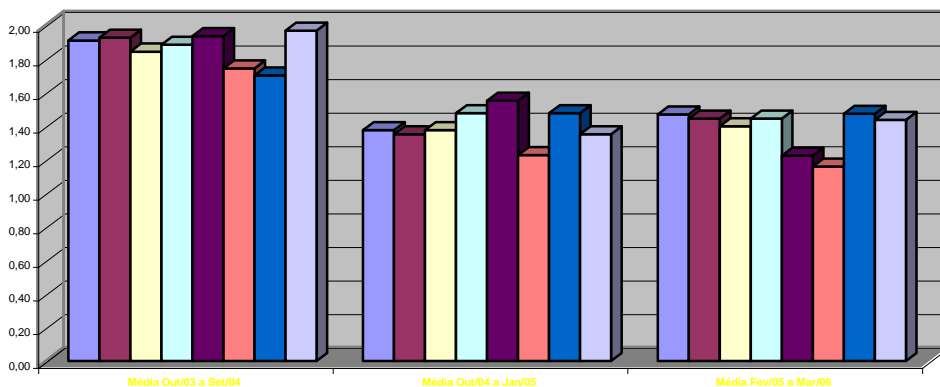
filtro nº 1
 filtro nº 2
 filtro nº 3
 filtro nº 4
 filtro nº 5
 filtro nº 6
 filtro nº 7
 filtro nº 8

4.5 PLANILHA Nº4 E GRÁFICO Nº4 - PERDA MENSAL DE ÁGUA TRATADA.

Os resultados apresentados na planilha e gráfico nº 4 demonstram uma redução na perda de água tratada a partir do início de operação dos filtros nº 6 e nº 5 com camada filtrante de pomes e camada suporte com tela termoplástica quando comparado com os filtros de areia, carvão antracitoso e seixos no período de outubro de 2003 á setembro de 2004. Acrescentamos que ocorreu após o início de operação com os filtros nº 6 e nº 5 com pomes e camada suporte com tela termoplástica uma redução acentuada nos filtros com areia, carvão antracitoso e seixos, nos períodos de outubro de 2004 á janeiro de 2005 e no período de fevereiro de 2005 e março 2006.

PLANILHA 4 - PORCENTAGEM DE PERDA MENSAL DE ÁGUA TRATADA (%)									
	filtro nº 1	filtro nº 2	filtro nº 3	filtro nº 4	filtro nº 5	filtro nº 6	filtro nº 7	filtro nº 8	Observação
out/03	2,2	2,2	2,2	2,3	2,6	2,3	0,1	2,5	
nov/03	2	2,2	2	2,2	2,1	2	2	2,5	
dez/03	2,3	2,2	2,1	2,2	2,3	2,3	2	2,2	
jan/04	2,1	2,2	2	2	2,1	2	2	2,1	
fev/04	2	1,9	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	
mar/04	1,9	1,8	1,6	1,8	1,6	1,7	1,7	1,8	
abr/04	1,6	1,5	1,6	1,4	1,5	1,6	1,6	1,6	
mai/04	1,6	1,7	1,6	1,6	1,7	1,8	1,6	1,7	
jun/04	1,7	1,8	1,7	1,7	1,7	1,8	1,7	1,8	
jul/04	1,7	1,8	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8	
ago/04	1,6	1,7	1,7	1,7	1,8	1,7	1,8	1,7	
set/04	2,2	2,1	2,1	2,2	2,2	0	2,2	2	
Média Out/03 a Set/04	1,91	1,93	1,84	1,88	1,93	1,74	1,70	1,97	
out/04	1,5	1,5	1,4	1,6	1,5	1	1,4	1,6	F.6 10/04
nov/04	1,1	1,4	1,4	1,5	1,6	1,3	1,4	1,4	
dez/04	1,4	1,1	1,4	1,5	1,6	1,2	1,6	1,1	
jan/05	1,5	1,4	1,3	1,3	1,5	1,4	1,5	1,3	
Média Out/04 a Jan/05	1,38	1,35	1,38	1,48	1,55	1,23	1,48	1,35	
fev/05	1,6	1,5	1,2	1,2	1,1	1,4	1,7	1,5	F.5 02/05
mar/05	1,3	1,1	1,2	1,2	1,1	1	1,2	1,2	
abr/05	1,3	1,3	1,3	1,2	1	1,1	1,3	1,1	
mai/05	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,2	1,2	
jun/05	1,4	1,3	1,1	1,4	1,3	1,2	1,4	1,4	
jul/05	1,25	1,2	1,16	1,3	1,2	1,1	1,2	1,2	
ago/05	1,3	1,4	1,3	1,2	1,1	1	1,2	1,3	
set/05	1,3	1,4	1,4	1,5	1,2	1,1	1,4	1,4	
out/05	1,5	1,6	1,5	1,4	1,2	1,1	1,5	1,5	
nov/05	1,5	1,7	1,6	1,8	1,5	1	1,7	1,5	
dez/05	1,7	1,7	1,6	1,7	1,3	1,2	1,7	1,8	
jan/06	1,8	1,7	1,8	1,7	1,3	1,1	1,7	1,7	
fev/06	1,7	1,7	1,5	1,7	1,3	1,3	1,7	1,7	
mar/06	1,7	1,4	1,7	1,7	1,4	1,5	1,7	1,6	
Média Fev/05 a Mar/06	1,47	1,44	1,40	1,44	1,22	1,16	1,47	1,44	

PORCENTAGEM DE PERDA MENSAL DE ÁGUA TRATADA (%)



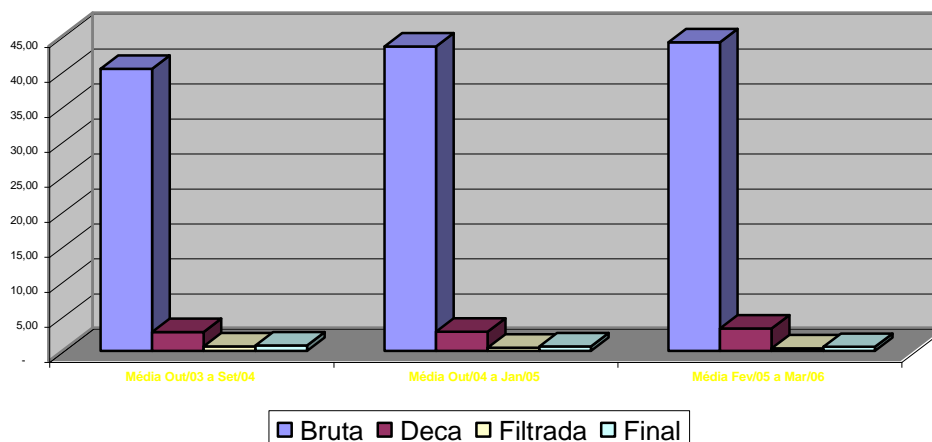
■ filtro nº 1 ■ filtro nº 2 □ filtro nº 3 □ filtro nº 4 ■ filtro nº 5 ■ filtro nº 6 ■ filtro nº 7 □ filtro nº 8

4.6 PLANILHA Nº5 E GRÁFICO Nº5 - QUALIDADE DA ÁGUA.

Os resultados apresentados na planilha e gráfico nº 5 demonstram a ocorrência de um aumento na eficiência de remoção de turbidez da água bruta com o início da operação dos filtros nº 5 e nº 6 com camada filtrante de pomes e camada suporte com tela termoplástica nos períodos de outubro de 2004 á janeiro de 2005 e no período de fevereiro de 2005 e março 2006, quando comparado com os filtros de areia, carvão antracitoso e seixos no período de outubro de 2003 á setembro de 2004.

PLANILHA - 5: QUALIDADE DA ÁGUA - MENSAL					
	Turbidez da água(média mensal)				Observ.
	Bruta	Deca	Filtrada	Final	
out/03	32,45	2,90	0,84	1,27	
nov/03	37,57	2,74	1,14	1,26	
dez/03	42,96	2,40	n.d.	0,80	
jan/04	49,73	2,99	n.d.	0,74	
fev/04	74,93	2,99	n.d.	0,67	
mar/04	52,92	3,25	n.d.	0,71	
abr/04	64,56	3,02	0,64	0,74	
mai/04	25,33	2,41	0,52	0,72	
jun/04	34,22	2,84	0,62	0,73	
jul/04	23,05	2,09	0,54	0,56	
ago/04	21,64	2,53	0,61	0,57	
set/04	24,66	2,50	0,39	0,65	
Média Out/03 a Set/04	40,34	2,72	0,66	0,79	
out/04	30,65	2,36	0,46	0,61	F.6 10/04
nov/04	41,10	2,52	0,44	0,59	
dez/04	33,39	2,53	0,49	0,67	
jan/05	68,91	3,60	0,56	0,69	
Média Out/04 a Jan/05	43,51	2,75	0,49	0,64	
fev/05	47,45	3,25	0,42	0,64	F.5 02/05
mar/05	48,19	2,61	0,29	0,53	
abr/05	29,66	2,86	0,42	0,59	
mai/05	30,15	2,50	0,36	0,58	
jun/05	13,33	2,32	0,35	0,59	
jul/05	12,90	2,20	0,26	0,61	
ago/05	22,80	3,22	0,35	0,62	
set/05	25,04	3,42	0,46	0,61	
out/05	34,42	3,32	0,51	0,56	
nov/05	44,99	4,07	0,35	0,55	
dez/05	38,39	3,58	0,35	0,50	
jan/06	49,76	3,59	0,30	0,55	
fev/06	146,92	4,32	0,51	0,66	
mar/06	73,75	3,92	0,40	0,65	
Média Fev/05 a Mar/06	44,13	3,23	0,38	0,59	

QUALIDADE DA ÁGUA - MENSAL (Turbidez)



5. QUADRO COMPARATIVO DE ESTIMATIVA DE CUSTOS.

Os resultados apresentados no quadro abaixo demonstram um custo de investimento com a utilização do meio filtrante granular pomes com camada suporte de tela termoplástica superior quando comparado com os custos com areia rolada, carvão antracitoso e seixos rolados e torpedado. Entretanto, os custos de investimentos mais elevados com a utilização de pomes e tela termoplástica são amortizados em curto prazo operacional como podemos verificar no quadro de economia em seguida.

ESTIMATIVA DE CUSTOS COM CAMADA FILTRANTE E SUPORTE						
Descrição do Material	FILTRO com Areia e Antracito		FILTRO com Pomes		CUSTO ESTIMADO (R\$)	
	Espessura (m)	Volume (m ³)	Espessura (m)	Volume (m ³)	Unitário	Total
Seixos Rolado 2 pol	-	-	0,075	1,1	600	660,00
Seixos Rolado 1/2 até 2 pol	0,25	3,65	-	-	600	2.190,00
Seixos Torpedado 1/4 até 1/8 pol	0,15	2,2	-	-	600	1.320,00
Tela Termoplástica 0,62mm (4,5m x 4m)	-	-	-	-	500	500,00
Areia Filtrante Rolada 0,50 mm	0,5	7,3	-	-	500	3.650,00
Antracito Filtrante 1,0 mm	0,5	7,3	-	-	1000	7.300,00
Pomes Filtrante 1,25 mm	-	-	0,7	10,24	2500	25.600,00
CUSTO TOTAL FILTRO COM AREIA E ANTRACITO						14.460,00
CUSTO TOTAL FILTRO COM POMES						26.760,00
DIFERENÇA						12.300,00

Observação: Área superficial do filtro considerada igual a 14,62 m².

6. Quadro Comparativo de Economia com Redução de água tratada consumida na lavagem de filtros.

Os resultados apresentados no quadro apresentam uma economia de custos com consumo de água tratada altamente significativos após o início de operação com os filtros nº 6 e nº 5 com pomes e tela termoplástica, o que justifica o custo de investimento inicial superior na aquisição do material.

ESTIMATIVA DE ECONOMIA COM ÁGUA TRATADA									
Período	Consumo Médio Mensal de Água Tratada (m ³ /filtro)					Custo Água e Esgoto (R\$)		Economia (R\$)	
	F ₁ á F ₈ (N)	F ₁ á F ₅ e F ₇ à F ₈ (N)	F ₁ á F ₄ e F ₇ à F ₈ (N)	F ₆ (N)	F ₅ e F ₆ (N)	Mensal	Anual	Por Filtro (X)	Total X x N
	Areia + Antracito (1)	Areia + Antracito (1)	Areia + Antracito (1)	Pomes (1)	Pomes (1)	(m) =T x (1)	(a) =m x 12		
out/03 a set/04	1866,16	-	-	-	-	18.866,86	226.402,33	-	-
out/04 a jan/05	-	1380,16	-	-	-	13.953,40	167.440,75	58.961,58	412.731,04
fev/05 a Mar/06	-	-	1357,65	-	-	13.725,88	164.710,50	61.691,83	370.150,96
out/04 a jan/05	-	-	-	1178,40	-	11.913,62	142.963,49	83.438,84	83.438,84
fev/05 a Mar/06	-	-	-	-	1148,89	11.615,25	139.383,03	87.019,30	174.038,60
Economia Total de Out/04 à Mar/06									1.040.359,44
Economia Mensal no período de Out/04 à Mar/06 (Areia + Antracito)									27.679,27
Economia Mensal no período de Out/04 à Mar/06 (Pomes)									23.528,88
Economia Mensal no período de Out/04 à Mar/06									51.208,15
Observação: Tarifa água = R\$ 5,62 m³ de esgoto = R\$ 4,49/m³, Total (T) = R\$ 10,11/ m³, (N) número de filtros.									

6. CONCLUSÃO FINAL.

Os processos de tratamento de água potável efetuado em estações convencionais de tratamento de água são responsáveis pela remoção de organismos poluentes e de material natural e coloidal em suspensão na água bruta. Os processos utilizados dependem da natureza dos contaminantes e das características físicas e químicas da água bruta, mas quase todo processo de tratamento inclui a etapa da filtração para remoção de partículas mais leves em suspensão que não são removidas na etapa de clarificação nos tanques de sedimentação, aprimorando a qualidade da água e permitindo que os vários parâmetros físicos, químicos, bacteriológicos e hidrobiológicos atendam aos padrões estabelecidos na portaria nº 518 do Ministério da Saúde.

Os benefícios da utilização de meio filtrante granular Pomes com tela termoplástica como camada suporte foram altamente eficientes para a remoção de material particulado em suspensão na água a ser tratada para abastecimento público; e, à elevada redução de custos operacionais com um conseqüente aumento de produção devido à operação com taxa de filtração mais, carreira de filtração mais longa, menor consumo de água de lavagem, manutenção da qualidade de água filtrada são questões relevantes que implicam na aprovação de pomes e tela termoplástica como materiais alternativos para operação de filtração de água potável. Entretanto, são necessários realizações de estudos para a avaliação dos custos com os benefícios proporcionados para cada sistema de tratamento com o objetivo da otimização e compensação do custo mais elevado da pomes granular quando comparada com o custo dos meios filtrantes areia rolada, carvão antracitoso e seixos rolados.

Os resultados apresentados na planilha e gráfico nº 5 demonstram a ocorrência de um aumento na eficiência de remoção de turbidez da água bruta com o início da operação dos filtros nº 5 e nº 6 com camada filtrante de pomes e camada suporte com tela termoplástica nos períodos de outubro de 2004 á janeiro de 2005 e no período de fevereiro de 2005 e março de 2006, quando comparado com os filtros de areia, carvão antracitoso e seixos no período de outubro de 2003 á setembro de 2004.

FIGURAS

FIGURA Nº 1. POMES em sacaria de 40 Kg.



FIGURA Nº 2. POMES em Big Bag 500 Kg.



FIGURA Nº 3. Amostra de Pomes.



FIGURA Nº 4. Tela Termoplástica utilizada na ETA de Pindamonhangaba.



Figura Nº 5. Filtro Nº 6, sem camada filtrante e suporte.



Figura Nº 6. Filtro Nº 6 com camada suporte.



Figura Nº 7. Filtro Nº 6, com tela termoplástica.



Figura Nº 8. Filtro Nº 6, com Pomes.



Figura Nº 9. Filtro nº 6, em operação.



Elaborado por: Antonio Alves de Mattos