

OTIMIZAÇÃO DO SISTEMA DE FILTRAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE MÁQUINAS DE LINGOTAMENTO CONTÍNUO NA ARCELORMITTAL TUBARÃO*

Oliveira, Edgar Adrian¹
Kaneda, Kazuyuki²
Vieira, Estéfano Aparecido³
Mantovanelli, Mauro⁴
Mayworm, Luiz⁵
Merisio, Everaldo⁶
Bastos, Gilberto Estevo⁷

Resumo

Os filtros da estação de tratamento de água do circuito spray da planta de lingotamento contínuo apresentam problemas de desempenho quanto a vazão, gerando perda de produtividade do processo de produção de placas da ArcelorMittal Tubarão. Na etapa de filtração da água de recirculação utilizada no circuito de spray, ocorre redução da vazão com o tempo de operação não atendo a necessidade do processo. Existe uma divergência de especificação de projeto uma vez que o projeto original visa tratamento de água potável e não água do sistema direto de lingotamento, uma água com alta concentração de sólidos em suspensão e óleos&graxas. Para recuperar a vazão da água filtrada, é necessário aumentar a frequência de contra lavagem, melhorando a passagem da água e limpando os leitos, porém a alta frequência de contra lavagem torna-se uma complicação para operação da ETA, não garantindo a estabilidade da operação. O objetivo deste trabalho foi identificar e propor soluções para os problemas de vazão dos filtros de forma a garantir a especificação nominal de projeto (1380 m³/h / 5 filtros) e consequente estabilidade operacional do sistema. Foram feitas avaliações em laboratório para identificar a composição ideal do leito filtrante assim como sua distribuição granulométrica, além de modificações internas do filtro e das crepinas utilizadas no sistema de contra lavagem. Após as modificações, o filtro está operando por quase um ano conforme especificação, garantindo a vazão de filtração e prolongando o tempo de contra lavagem de 6/6 horas para 15/15 horas.

Palavras-chave: Otimização; Filtração; Tratamento de Água; Lingotamento Contínuo.

FILTRATION SYSTEM OPTIMIZATION IN CONTINUOUS CASTING WATER TREATMENT AT ARCELORMITTAL TUBARÃO

Abstract

Filters at spray circuit in water treatment plant at continuous casting process present flow performance problems, leading to loss of productivity in slab production process at ArcelorMittal Tubarão. In the filtration stage of the recirculation water used in the spray circuit, reduction of the flow with the operating time does not meet the need of the process. There is an inaccuracy design specification since the original design aims at drinking water treatment and not water from the direct casting system, this water have high concentration of suspended solids and oil&greases. In order to recover the flow of the filtered water, it is necessary to increase the counter-wash frequency, improving the water flow and cleaning the beds, but the high frequency of counter-washing becomes a complication for WTS operation, jeopardize the operation stability. The objective of this work was to identify and propose solutions to the flow problems of the filters in order to guarantee the nominal design specification (1380 m³ / h / 5 filters) and consequent operational system stability. Laboratory evaluations were carried out to identify the ideal composition of the filter bed as well as its particle size distribution and internal modifications of the filter and crackers used in the counter-wash system. After the modifications, the filter is operating for almost a year according to specification, guaranteeing filtration flow and extending counter wash time from 6/6 hours to 15/15 hours.

Keywords: Optimization; Filtration; Water Treatment; Continuous Casting

- ¹ *Mestre em Metrologia, Pós-Graduado em Química, Eng. Químico, Engenheiro Especialista de Processo de Produção de Aço e Placas da ArcelorMittal Tubarão, Vitória, Espírito Santo, Brasil.*
- ² *Eng. Químico na Tokyo University of Science, Diretor/Fundador da Kaneda Water Services, São Paulo, SP, Brasil.*
- ³ *Prof. Doutor em Ciência e Engenharia dos Materiais, Mestre em Eng. Metalúrgica, Eng. Metalurgista, Professor Pesquisador do Instituto Federal do Espírito Santo, Vitória, Espírito Santo, Brasil.*
- ⁴ *Engenheiro de Produção, Especialista de Confiabilidade da Gerência de Produção de Placas da ArcelorMittal Tubarão, Vitória, Espírito Santo, Brasil.*
- ⁵ *Bacharel em Administração de Empresas, Técnico Operacional da Área de Operação de Lingotamento Contínuo da ArcelorMittal Tubarão, Serra, Espírito Santo, Brasil.*
- ⁶ *Graduado em Ciências Contábeis, Operador de Controle de Corte e Despacho de Placas da Área de Operação de Lingotamento Contínuo da ArcelorMittal Tubarão, Serra, Espírito Santo, Brasil.*
- ⁷ *Tecnólogo em Manutenção Mecânica, Assistente Técnico de Confiabilidade da Área de Manutenção de Lingotamento Contínuo da ArcelorMittal Tubarão, Vitória, Espírito Santo, Brasil.*

1 INTRODUÇÃO

O lingotamento contínuo é uma etapa fundamental no processo de produção do aço, sendo um método rápido e eficiente na fabricação de placas ou tarugos através de processos de resfriamento onde o aço líquido é moldado e solidificado.

Os sistemas de água utilizados nas plantas de lingotamento contínuo são:

- 1) Sistema Indireto de resfriamento das máquinas, mancais, rolos e outros equipamentos;
- 2) Sistema indireto de resfriamento dos moldes;
- 3) Sistema direto de spray, para resfriamento e solidificação das placas durante processo de lingotamento contínuo.

Este trabalho foca a estação de tratamento de água no circuito do sistema direto de spray, que recebe as águas de descarte dos sprays na estação de tratamento de água e retorna a água tratada e filtrada para o sistema de spray.

A água quente de descarte dos sprays contém altas concentrações de contaminantes: carepas, sólidos em suspensão, óleos e graxas.

A estação de tratamento de água tem função a remover estes produtos contaminantes e garantir a qualidade da água de alimentação dos sprays.

As características requeridas para as águas de alimentação de sprays são:

- Garantir as especificações hidráulicas, vazão, pressão e temperatura.
Vazão de água: 1380 m³/h
Temperatura: 35 °C
- Garantir a qualidade da água para evitar entupimento dos bicos de sprays e filtros de tela das linhas.
Sólidos suspensos: < 20 ppm
Óleos e graxas: < 5 ppm

A estação de tratamento de água possui as seguintes unidades:

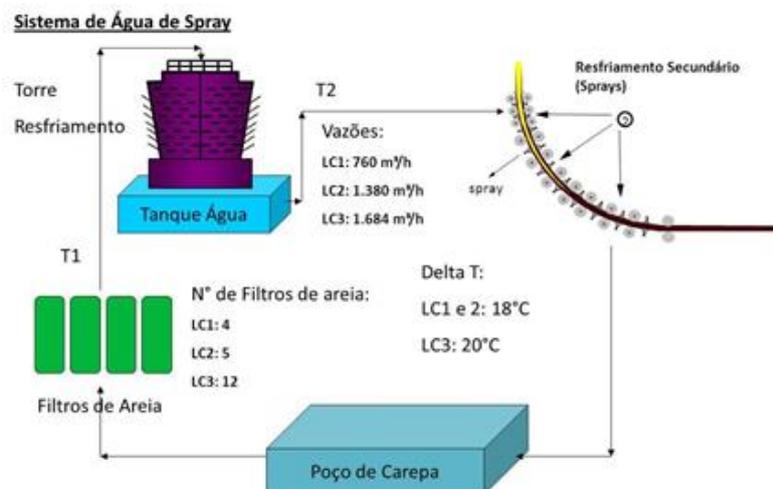


Figura 1. Sistema de resfriamento direto.

2 DESENVOLVIMENTO

Para otimizar o desempenho dos filtros, foram realizadas análises das especificações e projeto dos filtros instalados. Concluindo que o projeto dos filtros não é adequado para atender as águas de retorno de spray, devido a presença de alta contaminação por carepa, sólidos em suspensão e óleos&graxas. Os leitos feitos com areias e antracitos com granulométricas muitas finas conforme dados abaixo.

Tabela 1. Especificações Originais do Leito Filtrante.

Item	Especificações Originais
Dimensões do vaso	Ø3,0 x 3,0 mH
Área de filtração (m ²)	7,0
Leitos filtrantes	Duplo
Areia	T.E.: 0,55 mm Altura: 0,6 m
Antracito	T.E.: 0,8 mm Altura: 1,2 m
Altura total de leitos	1,8 mH
Suporte	Pedregulho Altura Ø 1 a 2 mm 100 mm Ø 1,6 a 3 mm 100 mm Ø 6 a 3 mm 100 mm A. Total 300 mm
Crepina	Tubo: Ø 15 mm Ranhuras 0,35 mm Área de furo: 0,002 m ² /unid Vazão: 1,47 m ³ /h/unid V. de Injeção: 0,2 m/s Quantidade: 228 pçs
Vazão de filtração (m ³ /h)	1380 m ³ /h/5 filtros 276 m ³ /h/filtro
Taxa de filtração (m/h)	39
Carga de S.S.	S.S. da entrada: 50 ppm S.S. da saída: 10 ppm Carga S.S.: 276 m ³ /h x 40 g/m ³ = 11040 g/h
Retenção de S.S.	Filtração na superfície 5 kg/m ³ (estimado) Retenção: 5 kg/m ³ x 12,6 m ³ = 63 kg/ciclo
Tempo de campanha	63000 g/ciclo ÷ 11040 g/h = 5,7 h/ciclo
Contra lavagem	Ar: 350 Nm ³ /h, 50 m/h Água 335 m ³ /h x 10 min L/V = 48 m/h V = 56 m ³ /Lavag.
Vazão de efluente de contra lavagem	56 m ³ x 24/5,7 x 5filtros = 1179 m ³ /dia 49 m ³ /h
Concentração de S.S. do efluente	1380 m ³ /h x 40 g/m ³ x 1/49 m ³ /h = 1126 ppm

2.1 Análise das especificações dos filtros:

Após análise da especificação e através de cálculos matemáticos, foi possível propor otimizações nos filtros de água.

2.1.1 Avaliações do sistema atual

a. Granulometria da areia

A granulometria da areia (0,5 a 0,6 mm) e antracito (0,7 a 0,9 mm), foram especificadas para filtros de água potável. Não é adequado aplicar em filtros de efluentes com alta concentração de carepas, SS (Sólidos Suspensos) e óleos/graxas.

b. Baixa altura de camada de suporte

A altura da camada de suporte (pedregulho) é baixa (150 mm). É necessário pelo menos 400 mm para suportar areia em altas vazões de contra lavagem.

c. Tipo de crepina

O tipo de crepina utilizada, para filtro de sistema de desmineralização, pode acumular sujeira nas pequenas ranhuras de 0,35 mm. As crepinas precisam ser sempre limpas. Os depositos aderidos nas ranhuras pequenas são difícil de limar pelo fluxo de água durante a contra lavagem. As crepinas atuam como coletores da água filtrada e também como distribuidor de água de contra lavagem (função mais importante). Crepinas entupidas geram caminho preferencial de ar/água e consequente baixa eficiência de contra lavagem dos leitos, perdendo o desempenho de filtração.

d. Baixa taxa de filtração

Para filtrar água com sujeiras e óleos/graxas, as mesmas precisam mergulhar dentro do leito, como função da filtração volumétrica. Em situações de baixa velocidade de água, as sujeiras não conseguem mergulhar no leito, ocorre precipitação na superfície do leito filtrante, formando uma camada de sujeira superficial, podendo aumentar a pressão interna e necessitando novo ciclo de contra lavagem.

e. Tempo de campanha de filtração/contra lavagem

Os tempos de campanhas de filtração, entre as contra lavagens, são determinados pela capacidade de retenção de sujeiras dos leitos e cargas de SS óleos/graxas. Atualmente este tempo esta em 10h.

f. Volumes de água de contra lavagem

Com relação ao volume de água necessário para contra lavagem, normalmente é aplicado 4x o volume do leito total. Ex: 10m³ de leito, volume de contra lavagem 40m³.

g. Alta vazão de contra lavagem de água

A taxa de contra lavagem de 48 m/h é muito alta para antracito de 0,7mm de T.E. Pode haver arraste de antracito com o tempo.

2.1.2 Granulometria do Leito Filtrante

Estudos preliminares mostraram que é possível aumentar a capacidade da retenção de SS alterando a especificação dos leitos filtrantes conforme descrição a seguir.

Triplicar a capacidade de retenção de SS: 5 kg SS/m³ - leito filtrante para 15 kg-SS/m³ - leito filtrante através da alteração das granulometrias da areia e antracito.

- Tamanho do antracito: de T.E. 0,8 mm para T.E. 1,8 mm;
- Tamanho da areia: de T.E, 0,55 mm para T.E. 1,1 mm;
- Alterar as camadas de suporte (pedregulho): Altura total dos leitos de suporte de 300 mm para 450 mm.



Figura 2. Filtros da MLC#02

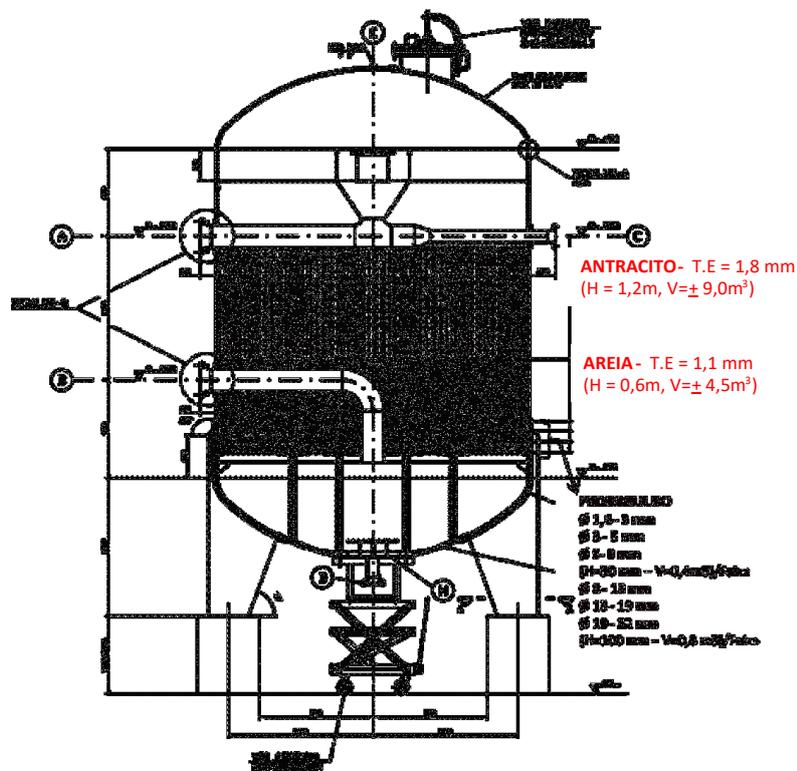


Figura 3. Desenho do filtro

2.1.3 Modificação do sistema de retrolavagem - Distribuição do ar e água

Para aumentar a velocidade de injeção de água de contra lavagem propões-se:

Melhorar a distribuição do ar para todas as crepinas, alterando o desenho destas com furos de amortecimento do ar.

DENSIDADES DE AREIA E ANTRACITO

Antracito: Densidade aparente 0,80 g/cm³, Peso específico 1,65 g/cm³
 Areia: Densidade aparente 1,35 g/cm³, Peso específico 2,60 g/cm³

VAZÃO DE CONTRA LAVAGEM

Vazão m³/h	m/h	PEDREGULHOS		AREIA		ANTRACITO		Avaliação
		mmH	Expansão	mmH	%	mmH	%	
0,00	0	30	0%	45	0%	68	0%	X
0,03	18	30	0%	45	0%	70	3%	X
0,05	36	30	0%	50	11%	78	15%	+/-
0,07	47	30	0%	55	22%	88	29%	OK
0,09	59	30	0%	60	33%	93	37%	X
0,11	71	30	0%	65	44%	98	44%	X

FOTO DE AMOSTRAS DE AREIA E ANTRACITO

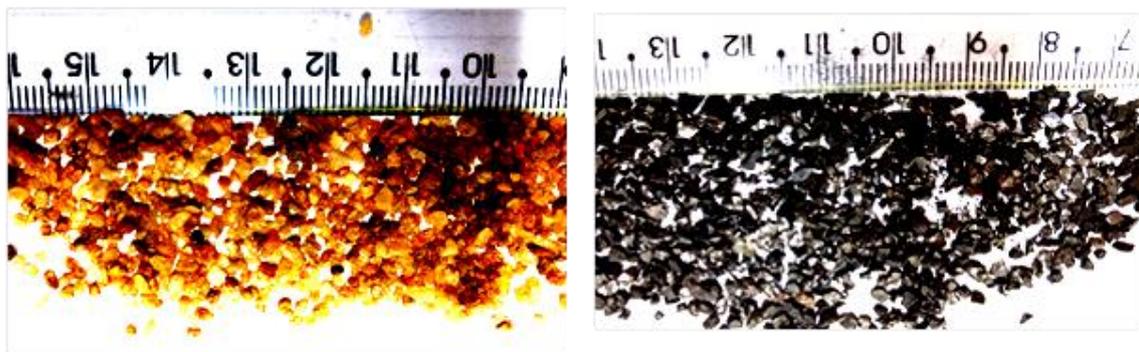


Figura 6. Especificação das amostras-teste

APARELHOS

Coluna de teste de expansão de leito, $\phi 50$ mm x 2 m de tubo em acrílico

Bomba de recirculação: 3 m³/h 3 bar

Tanque de água: 80 L

Composição dos leitos

Pedregulhos	ϕ 1,6 - 3 mm	50 mmH
	ϕ 3 - 5 mm	50 mmH
	ϕ 5- 8 mm	50 mmH
	ϕ 8 - 13 mm	50 mmH
	ϕ 13 - 19 mm	50 mmH
	ϕ 19 - 32 mm	50 mmH
Areia	T.E. 1,1 mm, C.U. 1,3	
Antracito	T.E. 1,8 mm, C.U. 1,3	

DENSIDADES DE AREIA E ANTRACITO

Antracito:	Densidade aparente 0,91 g/cm ³ , Peso específico 1,80 g/cm ³
Areia:	Densidade aparente 1,38 g/cm ³ , Peso específico 2,62 g/cm ³

VAZÃO DE CONTRA LAVAGEM

Vazão m ³ /h	m/h	PEDREGULHOS		AREIA		ANTRACITO		Avaliação
		mmH	Expansão	mmH	%	mmH	%	
0,00	0	30	0%	42	0%	76	0%	-
0,04	28	30	0%	42	0%	76	0%	Não
0,06	39	30	0%	43	2%	77	1%	Não
0,09	56	30	0%	45	7%	83	9%	Não
0,09	59	30	0%	48	14%	85	12%	+/-
0,10	67	30	0%	48	14%	88	16%	OK
0,11	70	30	0%	49	17%	91	20%	OK
0,11	76	30	0%	50	19%	93	22%	OK
0,12	78	30	0%	50	19%	97	28%	OK
0,12	81	30	0%	51	21%	98	29%	OK

FOTO DE AMOSTRAS DE PEDREGULHO, AREIA E ANTRACITO



Figura 7. Teste de expansão dos leitos

2.3 Proposta de otimização

Concluídos os testes em laboratório, foram propostas as seguintes alterações:

Tabela 2. Proposta

No.	Item	Especificações Originais	Otimizações	OBS:
1.	Dimensões do vaso	Ø3,0 x 3,0 mH	Ø3,0 x 3,0 mH	
2.	Área de filtração (m ²)	7,0	7,0	
3.	Leitos filtrantes	Duplo	Duplo	
4.	Areia	T.E.: 0,55 mm Altura: 0,6 m	T.E.: 1,1 mm Altura: 0,6 m	Adequação do leito de areia
5.	Antracito	T.E.: 0,8 mm Altura: 1,2 m	T.E.: 1,8 mm Altura: 1,2 m	Adequação do leito de antracito
6.	Altura total de leitos	1,8 mH	1,8 mH	
7.	Suporte	Pedregulho Altura Ø 1 a 2 mm 100 mm Ø 1,6 a 3 mm 100 mm Ø 6 a 3 mm 100 mm A. Total 300 mm	Pedregulho Altura Ø 1,6 a 3 mm 50 mm Ø 3 a 5 mm 50 mm Ø 5a 8 mm 50 mm Ø 8 a 13 mm 100 mm Ø 13 a 19 mm 100 mm Ø 19 a 32 mm 100 mm A. Total 450 mm	A altura total da camada de suporte deve manter a altura da camada suporte, na ordem de 400 a 500 mm, para se fixar as mesmas.
8.	Crepina	Tubo: Ø 15 mm Ranhuras 0,35 mm Área de furo: 0,002 m ² /unid Vazão: 1,47 m ³ /h/unid V. de Injeção: 0,2 m/s Quantidade: 228 pçs	Tubo: Ø 22 mm Furo: Ø8 mm x 4 Área de furo: 0,0002 m ² /unid Vazão: 1,47 m ³ /h/unid V. de Injeção: 2,0 m/s Quantidade: 228 pçs	Troca de crepinas para otimização de distribuições de ar e água em contra lavagem. (1) Ajuste da diferença d pressão na injeção de água. (2) Amortecimento do ar em contra lavagem (3) Aumento de área por furo a evitar aderência de sujeiras
9.	Vazão de filtração (m ³ /h)	1380 m ³ /h/5 filtros 276 m ³ /h/filtro	1380 m ³ /h/5 filtros 276 m ³ /h/filtro	
10.	Taxa de filtração (m/h)	39	39	
11.	Carga de S.S.	S.S. da entrada: 50 ppm S.S. da saída: 10 ppm Carga S.S.: 276 m ³ /h x 40 g/m ³ =11040 g/h	S.S. da entrada: 50 ppm S.S. da saída: 10 ppm Carga S.S.: 276 m ³ /h x 40 g/m ³ =11040 g/h	
12.	Retenção de S.S.	Filtração na superfície 5 kg/m³ -de leito filtrante (estimado) Retenção:5 kg/m ³ x 12,6 m ³ = 63 kg/ciclo	Filtração volumétrica 15 kg/m³ -de leito filtrante (estimado) Retenção:15 kg/m ³ x 11,8 m ³ = 177 kg/ciclo	Aumentar a capacidade de retenção de S.S. pela filtração volumétrica. (maior granulometria dos leitos filtrantes)

No.	Item	Especificações Originais	Otimizações	OBS:
13.	Tempo de campanha	63000 g/ciclo ÷ 11040 g/h = 5,7 h/ciclo	177000 g/ciclo ÷ 11040 g/h = 16 h/ciclo	Aumento da campanha entre contra lavagem: de 5,7 h para 16 horas
14.	Contra lavagem	Ar: 350 Nm ³ /h, 50 m/h Água 335 m ³ /h x 10 min L/V = 48 m/h V = 56 m ³ /Lavag.	Ar: 420 Nm ³ /h, 60 m/h Água 335 m ³ /h x 7 min L/V = 48 m/h V = 39 m ³ /Lavag.	
15.	Vazão de efluente de contra lavagem	56 m ³ x 24/5,7 x 5filtros = 1179 m ³ /dia 49 m ³ /h	39 m ³ x 24/16 x 5 filtros = 292 m ³ /dia 12 m ³ /h	
16.	Concentração de S.S. do efluente	1380 m ³ /h x 40 g/m ³ x 1/49 m ³ /h = 1126 ppm	1380 m ³ /h x 40 g/m ³ x 1/27 m ³ /h = 2044 ppm	
17.	Otimizações		<ol style="list-style-type: none"> (1) Instalar novas crepinas (2) Leito suporte (pedregulho, altura e tamanhos) (3) Leito de areia (tamanho) (4) Leito de antracito (tamanho) (5) Vazão de contra lavagem de ar e água (usar os sistemas atuais) (6) Sistema de dreno de água antes da contra lavagem (7) Procedimento de limpeza química do leito (8) Manual de operação/ manutenção (9) Procedimentos de monitoramento em operação 	

2.4 Reforma do Filtro 761

A reforma do Filtro 761 foi realizada no final de Junho/2018. Partindo a operação, com os seguintes procedimentos:

- ✓ Trocas de 228 crepinas;
- ✓ Ajuste dos níveis e posições das novas crepinas com uma régua de nível de 2 m de comprimento;
- ✓ Instalação das camadas de pedregulhos, uma a uma, verificando o nível e inclinação;
- ✓ Instalação do leito de areia com nova especificação;
- ✓ Instalação do leito antracito com nova especificação;
- ✓ Enchimento do filtro com água e tenso ativo (detergente);
- ✓ Repouso por 24h para permear água nos leitos, principalmente do antracito;
- ✓ Drenagem da água do vaso;
- ✓ Realizadas 3 contra lavagens em sequencia;
- ✓ Iniciado serviço de filtração em operação;
- ✓ Coletadas amostras para teste de eficiência, Turbidez e S.S. da entrada e saída do filtro.

Tabela 3. Resultados das análises da água do filtro 761:

Operação	Turbidez		S.S. Entrada (água bruta)				S.S. Saída (água filtrada)				Eficiência de Filtração	
	Após Contra Lavagem	Entrada NTU	Saída NTU	Amostra ml	Peso Inicial g	Peso Final g	S.S. ppm	Amostra ml	Peso Inicial g	Peso Final g		S.S. ppm
2h		52	33,2	695	0,2605	0,2726	17,4	755	0,2624	0,2659	4,6	73%
4h		50	38,1	715	0,2621	0,2775	21,5	750	0,265	0,2723	9,7	59%
6h		64	48,7	710	0,2668	0,3087	59,0	760	0,2835	0,292	11,2	81%
8h		63	46	750	0,2664	0,306	52,8	810	0,2968	0,307	12,6	76%
10h		45	20	715	0,2667	0,3059	54,8	725	0,2788	0,2868	11,0	80%
12h		30	8	750	0,2677	0,2907	30,7	700	0,2658	0,2734	10,9	69%
14h		23	9	720	0,2659	0,2811	21,1	760	0,2725	0,2787	8,2	61%



Figura 8. Sólidos filtrados em membrana de 1 µm

Os resultados de análise de S.S. apresentaram boa eficiência da filtração, em torno de 70%, com valores menores que 15 ppm.

O filtro 761 mantém seu desempenho hídrico, com vazão 15% maior que as vazões dos outros 4 filtros.

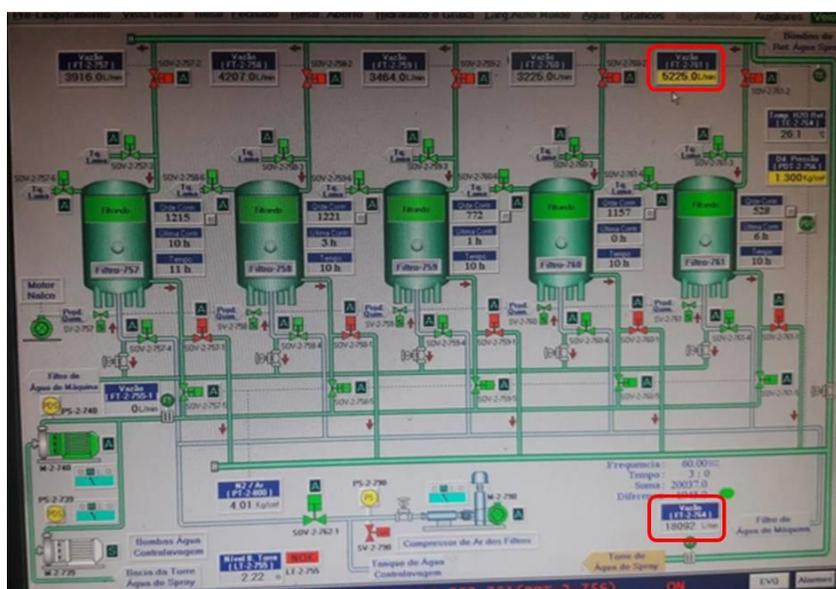


Figura 9. IHM tela de controle do sistema de filtros.

2.5 Otimização Final

Após os resultados obtidos com a reforma do filtro 761, foi identificada a oportunidade de melhoria nas granulometrias do antracito e areia, em função da capacidade das bombas de contra lavagem, desta forma foi realizado um novo teste de expansão de leito visando definir a granulometria ideal.

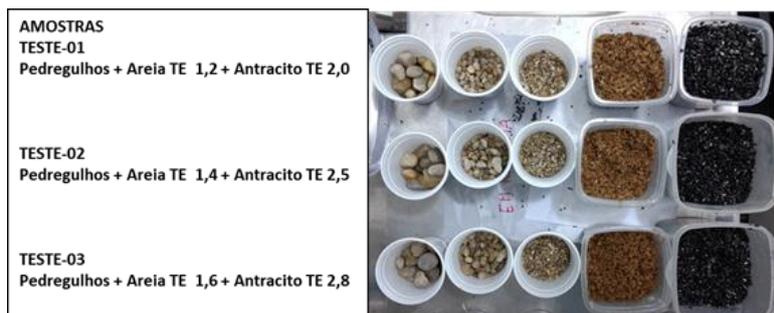


Figura 10. Amostras dos leitos

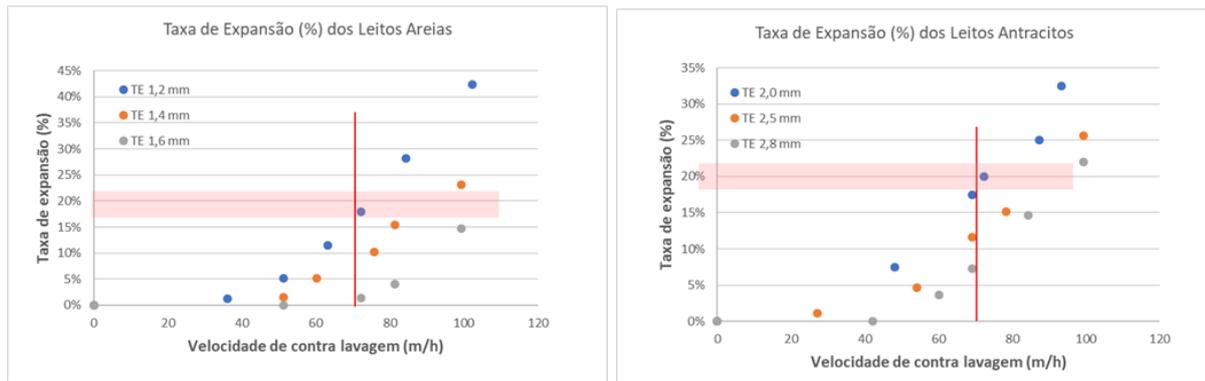


Figura 11. Avaliação gráfica das relações entre taxas de expansão e taxa de contra lavagem

3 CONCLUSÃO

Com base no resultados obtidos foi definida a aplicação dos valores de T.E. (tamanho efetivo) para nova taxa de contra lavagem de 69 m/h com operação paralela das duas bombas de contra lavagem.

T.E. do leito de areia: 1,2 mm

T.E. do leito de antracito: 2,0 mm

Estamos considerando que a reforma do filtro trouxe excelentes resultados, o que valida a reforma dos outros 4 filtros, para garantir o desempenho da filtração da ETA com vazão acima de 1380 m³/h.

Para operação estável, o desempenho do filtro deve ser garantido através da manutenção dos leitos sempre limpos, da contra lavagem, além da qualidade da água de recirculação.

REFERÊNCIAS

- 1 Kaneda Water Services – Tecnologia em Tratamento de Águas Ltda.
- 2 Georges MÉRIGUET, Filtration – Technologie, Réf : J3510 v1, 1997
- 3 Nicholas P. Cheremisinoff Ph.D., N&P Limited, HANDBOOK OF WATER AND WASTEWATER TREATMENT TECHNOLOGIES, 2002
- 4 Robert M. Sykes, Harold W. Walker, Physical Water and Wastewater Treatment Processes, The Ohio State University, 2003
- 5 ABNT NBR 11799:1990 - Material filtrante — Areia, antracito e pedregulho — Especificação
- 6 ABNT NBR 14234:1998 - Produtos químicos para tratamento de água de abastecimento - Carvão antracitoso - Especificação e métodos de ensaio.