

MELHORIAS NA QUALIDADE DA ÁGUA DE PROCESSO OCASIONADAS A PARTIR DA TROCA DE AREIA DE FILTROS INDUSTRIAIS DE UMA ETA

R. R. LIMA¹, R. A. MARTINS¹, K. L. BUENO¹, C. O. MEDEIROS¹, C. BIRON¹, J. V. DIEL²,
L. M. RODRIGUES¹, T. R. SOUZA¹

¹ Universidade Federal do Pampa - UNIPAMPA, Engenharia Química, Campus Bagé

² Universidade Federal do Pampa - UNIPAMPA, Engenharia de Produção, Campus Bagé

E-mail para contato: tania.souza@unipampa.edu.br

RESUMO – Este estudo é parte integrante de um projeto maior que surgiu de uma parceria da engenharia química, engenharia de produção e uma empresa de beneficiamento de arroz. Este projeto visa analisar a estação de tratamento de água presente na empresa, sugerindo melhorias ao processo e projetando novos equipamentos se necessário. Na etapa da filtração foi realizada uma distribuição granulométrica da areia presente no filtro, constatando que essa areia era inadequada, pois não apresentava uma granulometria definida e tratava-se de uma mistura de vários tipos de areia com granulometrias diferentes. Foi sugerido que a empresa adquirisse três tipos de areias com granulometrias definidas e que fosse colocada no interior dos filtros industriais uma tela de proteção para que as areias não se misturassem durante a retrolavagem. Uma análise físico-química e microbiológica da água antes da troca de areia e após a troca é apresentada, mostrando melhorias na qualidade da água de processo.

1. INTRODUÇÃO

Segundo Mancuso e Santos (2003), o Brasil possui, em seu território 8% de toda a reserva de água doce do mundo, mas esse fato não o deixa em situação tão favorecida em comparação com outros países, pois 80% do volume total desta água encontram-se na Região Amazônica. Outro fato que desfavorece o consumo de toda essa água é o fato do Brasil possuir 187 milhões de pessoas e apenas 29,7% dos domicílios urbanos com algum tipo de tratamento de esgoto, sendo o restante de esgotos produzidos pelos domicílios, despejados sem nenhum tratamento, diretamente nos rios (IBGE, 2006).

Prevê-se para poucos anos um total colapso do abastecimento de água em centros urbanos e industriais, pois segundo Machado (2004) há uma tendência mundial de aumento de consumo residencial de água doce, sendo o consumo duplicado a cada 25 anos.

Então é cada vez mais essencial à sobrevivência das grandes empresas, que seus processos industriais envolvam o tratamento de efluentes líquidos ou ainda o reuso de efluentes e água

tratada, em várias etapas do processo. Esta visão favorece o investimento em tecnologias de tratamento de água, sejam tradicionais ou inovadoras, pois a água adquire valor econômico como alternativa de suprimento de água e diminuição de custos.

O tratamento de água industrial é um processo de adequação da água bruta, geralmente proveniente de rios, lagos ou barragens, às condições necessárias ao processo. Especificamente em uma indústria de parboilização de arroz faz-se necessário à obtenção de água de processo que atendam os limites estabelecidos para água potável, pois será utilizada em contato direto com o alimento.

Segundo Richter e Netto (2000), água potável é uma água própria para o consumo humano, cujos parâmetros microbiológicos físicos, químicos e radioativos atendam os padrões de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde. Esses padrões de potabilidade podem ser determinados pela Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde.

A água utilizada no processo de parboilização do arroz é proveniente de uma barragem, que se localiza dentro da empresa, e precisa passar por um tratamento para se tornar potável e livre de qualquer contaminante que possa interferir no alimento. Para tanto, a empresa contém uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETA) que realiza as etapas de: gradeamento, coagulação, floculação, decantação e filtração. Durante esse tratamento, vários parâmetros devem ser controlados, dentre os quais se destacam:

- **Condutividade Elétrica:** Está relacionado com a presença de íons dissolvidos na água, quanto maior for à quantidade de íons dissolvidos, maior será sua condutividade elétrica. Indica a presença de minerais que foram absorvidos pela água quando permanece em contato com o solo rico nesses íons, ou ainda a presença de contaminantes metálicos.

- **Cor:** A cor de uma água é consequência de substâncias dissolvidas. Quando pura e em grandes volumes, a água é azulada. Quando rica em ferro, é arroxeadada. Quando rica em manganês, é negra e quando rica em ácidos húmicos é amarelada (ANA, 2002). A presença dessas substâncias pode ocasionar repulsa (aspecto sujo) da água (FIGUEIREDO, 2002).

- **Oxigênio Dissolvido (OD):** Provém da dissolução do oxigênio atmosférico naturalmente ou artificialmente e também, da produção liberada por alguns microrganismos vivos na água (algas e bactérias). A quantidade de OD presente na água está diretamente relacionada com a poluição presente nessa água (BRAGA, 2005).

- **pH:** Escala que mede o grau de acidez, neutralidade ou alcalinidade de uma determinada solução. O pH varia de acordo com a temperatura e a composição de cada substância. (BRASIL, 2001).

- **Sólidos Totais Dissolvidos:** É um parâmetro que determina a qualidade da água, pois avalia o peso total dos constituintes minerais presentes na água, por unidade de volume. As substâncias dissolvidas podem ser: carbonatos, bicarbonatos, cloretos, sulfatos, fosfatos, cálcio, magnésio, sódio, que em elevadas concentrações são prejudiciais (BRAGA, 2005).

- **Turbidez:** Indica a redução da sua transparência devido à presença de materiais em suspensão que interferem com a passagem da luz através do fluido. Essas partículas podem ser constituídas por plâncton, argila, areia, fontes de poluição e outros (LEITE *et al.*, 2003).

Para garantir que esses parâmetros estejam dentro de padrões estipulados pela legislação vigente faz-se necessário que os filtros industriais estejam operando corretamente. Para Haman et al. (1994), a eficiência de filtração dos filtros de areia é medida pela sua capacidade de remover partículas de um determinado tamanho, e seu valor aumenta com a redução da granulometria do elemento.

Primeiramente foi realizado, em trabalho anterior, uma distribuição granulométrica de amostras de areias empregadas nos filtros de uma indústria de beneficiamento de arroz da Região da Campanha para o tratamento da água de processo. Foi possível observar que a qualidade de água tratada era inferior à qualidade necessária para que a água de processo da indústria fosse classificada como água potável. Esse fato foi atribuído ao mau funcionamento dos filtros industriais da ETA, pois os mesmos apresentavam em seu interior uma mistura de areias com granulometrias não definidas. Então surgiu a necessidade de propor um novo trabalho como uma solução para um problema apontado, onde uma reavaliação dos filtros sugeriu uma troca das areias, mantendo duas camadas de areias com granulometrias diferentes e bem definidas, verificando a influência da granulometria de areias sobre a eficiência da filtração no tratamento da água de processo.

2. METODOLOGIA

Nesse estudo foram utilizadas quatro amostras de areia a saber: uma amostra de areia saturada (obtida na manutenção dos filtros como areia de descarte, já utilizada no processo de filtração da ETA da empresa) e as amostras de areias industriais Tipo 1 e Tipo 2 que ainda não foram utilizadas no processo (obtidas no almoxarifado da empresa como areias de reposição), juntamente com uma amostra de filtro areia de piscina, adquirida do mercado local.

Para a retirada da umidade das areias, todas as amostras foram submetidas à secagem prévia em estufa operando na temperatura de 105,5 °C durante o tempo de 24 h, método gravimétrico proposto pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1997) e amplamente utilizado.

Para a obtenção dos dados granulométricos foi usado um agitador eletromagnético de peneiras e um conjunto de peneiras (8, 12, 14, 24 e 60 *mesh*) e uma balança analítica. Utilizou-se aproximadamente 500 g de cada amostra de areia, sendo essa massa agitada por um intervalo de tempo de 15 minutos na frequência máxima do equipamento. Após a agitação foi desmontado o conjunto de peneiras e realizada a pesagem de cada uma das peneiras, para verificar a fração retida nas mesmas.

Os resultados obtidos nos experimentos foram analisados através da curva de análise granulométrica diferencial. Posteriormente foi realizada uma caracterização da água tratada, coletada na saída do filtro de areia, juntamente com uma amostra de água bruta, coletada em barragem da região do Pampa Gaúcho, fonte de abastecimento de indústria de beneficiamento de arroz.

As amostras de águas foram avaliadas quanto ao valor de dureza, teor de cloretos, pH, condutividade elétrica, índice de turbidez, teor de oxigênio dissolvido, teor de sólidos dissolvidos e coloração. Análises por microscopia em microscópio ótico biológico e estereomicroscópio foram empregadas para avaliação da presença de microrganismos nas amostras de águas. Foram também realizadas análises físico-químicas em amostra de água destilada para uma comparação de resultados.

Os equipamentos utilizados nas análises físico-químicas foram disponibilizados pela UNIPAMPA, sendo medidor de pH de bancada digital, turbidímetro digital, oxímetro digital, medidor de condutividade elétrica e medidor de sólidos dissolvidos digital. A dureza das amostras de águas foi determinada por titulação com EDTA, e a concentração de cloretos, por titulação com $\text{Ag}(\text{NO})_3$. Os reagentes químicos empregados foram de classificação P.A.

A Portaria nº. 2914 do ano de 2011 do Ministério da Saúde apresenta valores máximos permitidos dos principais parâmetros para que a água seja considerada potável. Essa portaria foi utilizada para uma avaliação da água de processo, pois a mesma é empregada por alguns clientes da indústria beneficiadora de arroz, como verificação da qualidade da água.

A empresa seguiu as instruções dadas pelo grupo de pesquisa e realizou a troca de areia no interior dos filtros, mantendo duas granulometrias distintas e bem definidas. Infelizmente toda a areia adquirida pela empresa foi utilizada no interior dos filtros não sobrando amostras para realização de um novo experimento que comprovasse a granulometria desejada.

Após a troca da areia dos filtros industriais foi realizada uma nova caracterização da água tratada, coletada na saída do filtro de areia, juntamente com uma amostra de água bruta coletada em barragem.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As curvas diferenciais das amostras de areias de piscina, areia saturada e areias industriais (tipo 1 e tipo 2) estão, apresentadas na Figura 1. Essas curvas são essenciais para a real visualização da granulometria apresentada pela amostra.

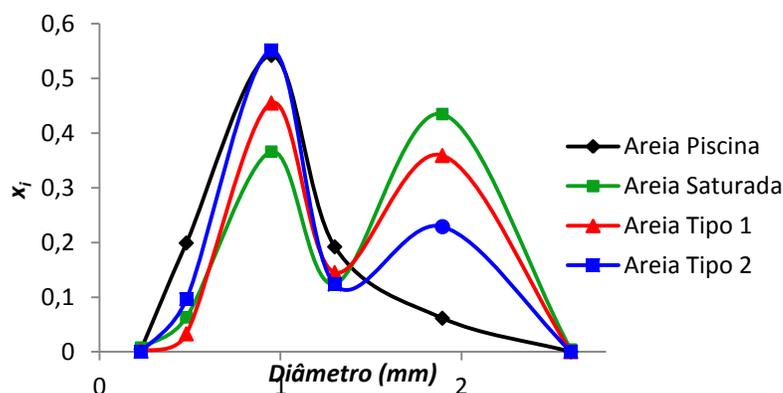


Figura 1 – Curvas diferenciais das amostras retidas.

Na Figura 1, observa-se que a areia de piscina apresenta um comportamento peculiar a sólidos particulados com granulometria definida, representado por apenas um ponto de máximo na curva, este comportamento pode ser confirmado na literatura (RODRIGUES, 2005; CREMASCO, 2012). Comportamento oposto das demais amostras de areias, onde nota-se a presença de dois pontos de máximo, indicando a presença de duas granulometrias diferentes na mesma amostra. Então a areia Tipo 1 e Tipo 2 são impróprias para serem utilizadas como areia de reposição, uma vez que já é caracterizada por uma mistura de areias com diferentes granulometrias.

Outro fator notado na Figura 1 é com relação a areia saturada, que apresenta aproximadamente 45% do diâmetro de partículas ao redor de 2 mm, sendo a areia que apresentou maior quantidade de partículas com diâmetros maiores, quando comparada com as outras areias. Esse fato pode ser explicado, pois a areia ficou impregnada com impurezas durante o período em que permaneceu no interior do filtro, aumentando o diâmetro das partículas.

Na caracterização das águas foram quantificados e comparados alguns parâmetros da água bruta, da água de processo coletada na saída do filtro e de amostra de água destilada em laboratório (para simples comparação). Esses parâmetros podem ser visualizados na Tabela 1, juntamente com os limites indicados pela Legislação Federal, Portaria n°. 2914 de 2011 do Ministério da Saúde.

Tabela 1. Caracterização físico-química das amostras de águas e legislação.

Parâmetros físico-químicos	Água bruta (barragem)	Água de processo	Água destilada	Portaria (2914/2011 MS)
Dureza total (mg/L CaCO ₃)	40	33	0	500
Teor de cloretos (mg/L)	2,41	5,85	0	250
pH	7,88	7,90	5,40	6,0 - 9,5
Condutividade elétrica (µS/cm)	374	306	5,64	-
Índice de turbidez (NTU)	4,46	5,83	0,36	5
Teor de O ₂ dissolvido (ppm)	14,56	15,49	9,57	-
Teor de sólidos dissolvidos (ppm)	178	158	4,22	1000

Verifica-se que quanto ao valor de dureza, teor de cloretos, pH e teor de sólidos dissolvidos a água atende aos parâmetros exigidos na Portaria 2914/2011.

Quanto à condutividade elétrica verifica-se que os valores são elevados, quando comparados com o valor apresentado pela água destilada. Esse fato é indesejado para que a água seja utilizada como fonte de alimentação em caldeiras, podendo ocasionar corrosão nas tubulações internas da caldeira.

Na Tabela nota-se que quanto ao teor de sólidos dissolvidos e índice de turbidez o tratamento de água empregado pela indústria não é efetivo, pois houve pouca redução do valor apresentado pela água bruta. Esses valores demonstram a pouca eficiência da etapa de filtração, que não consegue reter completamente as partículas sólidas provenientes da etapa de decantação.

A coloração das amostras foi avaliada visualmente na Figura 2, onde observa-se a presença de coloração amarelada das amostras de águas bruta e de processo e a total transparência da água destilada.

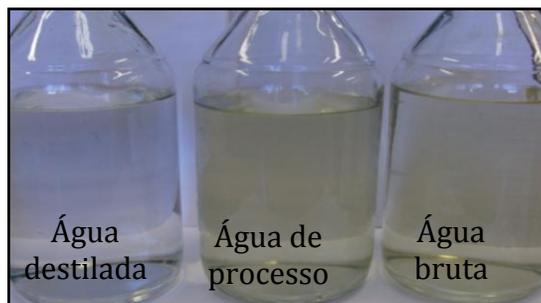


Figura 2. Comparação da coloração das amostras de águas.

Os parâmetros obtidos justificam a importância da melhoria do processo de tratamento de água da indústria, destinada ao processo produtivo.

Foi investigada por microscopia a presença de microrganismos nas amostras de águas. Larvas e mini crustáceos foram detectados na amostra de água bruta e de água de processo (Figura 3).



Figura 3. Análise microscópica da amostra de água bruta e da água de processo.

Após a troca de areia dos filtros foi realizada uma nova caracterização das águas. Esses parâmetros podem ser visualizados na Tabela 2.

Tabela 2. Caracterização físico-química das amostras de águas e legislação.

Parâmetros físico-químicos	Água bruta (barragem)	Água de processo	Água destilada	Portaria (2914/2011 MS)
Dureza total (mg/L CaCO ₃)	37	31	0	500
Teor de cloretos (mg/L)	2,27	3,99	0	250
pH	7,26	7,17	5,74	6,0 - 9,5
Condutividade elétrica (µS/cm)	212	161	5,64	-
Índice de turbidez (NTU)	12,00	9,14	0,24	5
Teor de O ₂ dissolvido (ppm)	10,35	3,26	8,58	-
Teor de sólidos dissolvidos (ppm)	143	81	4,53	1000

Outro aspecto positivo demonstrando o aumento de eficiência da etapa de filtração é a ausência de microrganismos na água tratada após a troca de areias no interior do filtro.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi realizada uma análise granulométrica das amostras de areia utilizadas no utilizadas por indústria de beneficiamento de arroz parboilizado, sendo uma amostra de areia saturada, amostras de areias industriais Tipo 1 e Tipo 2 que ainda não foram utilizadas, juntamente com uma amostra de areia de piscina para efeito de comparação. Essa análise mostrou que todas as amostras de areias analisadas, com exceção da areia de piscina, não apresentam uma granulometria definida, podendo ser considerada como uma mistura de areias de diferentes granulometrias.

A amostra de areia empregada em filtro para piscinas, utilizada para uma comparação, apresentou o comportamento típico esperado, demonstrando um diâmetro bem definido, representado por apenas um ponto de máximo na curva diferencial granulométrica.

Concomitantemente com a análise granulométrica foi realizada uma caracterização da água tratada onde verificou-se a baixa eficiência da etapa de filtração, pois os valores correspondentes ao teor de sólidos dissolvidos e índice de turbidez da água tratada estão muito próximos aos valores obtidos para a água bruta, sendo esses valores elevados quando comparados com os valores obtidos para a água destilada. Outro aspecto observado é a presença visual de coloração amarelada nas amostras de águas bruta e de processo e a total transparência da água destilada.

Quanto à condutividade elétrica verifica-se que os valores são elevados, quando comparados com o valor apresentado pela água destilada. Esse fato é indesejado para que a água seja utilizada como fonte de alimentação em caldeiras, podendo ocasionar corrosão nas tubulações internas da caldeira.

Foi investigada por microscopia a presença de microrganismos nas amostras de águas. Larvas e mini crustáceos foram detectados na amostra de água bruta e de água de processo

Realizando uma comparação dos parâmetros antes da alteração nos filtros e após a troca das areias, verifica-se que os valores de condutividade elétrica e teor de sólidos dissolvidos reduziram. Essa redução mostra um aumento de eficiência dos filtros. Porém essa redução ainda não é o suficiente para enquadrar a água de processo em padrões exigidos na Portaria 2914/2011.

Outro aspecto positivo demonstrando o aumento de eficiência da etapa de filtração é a ausência de microrganismos na água tratada após a troca de areias no interior do filtro.

A continuidade do projeto de pesquisa e atuação do grupo de trabalho auxiliará a reavaliação das etapas do tratamento, inclusive com simulação em laboratório, em escala piloto, da estação de tratamento de água industrial, buscando enquadrar plenamente a água tratada na Legislação vigente.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. *Águas Subterrâneas*. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/gestaoRecHidricos/InfoHidrologicas/aguasSubterr/EstudoAguasSubterraneasANA22-08-02.doc>>. Acesso em: fev. 2014.

AOAC, 1997 *Association of Official Analytical Chemists*. 16a. ed. 3a. rev. AOAC International, Gaithersburg, MD. 1997, 2000 p.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L., et al. *Introdução à Engenharia Ambiental*, 2a Edição, Ed. Pearson Prentice Hall, São Paulo. 2005, 336 p.

BRASIL - Ministério da Saúde. Portaria 1.469 de 29 de dezembro de 2000. *Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade e dá outras providências - Diário Oficial da União, Brasília, n. 14, 19 jan. 2001*. Disponível em <<http://www.saude.gov.br>>. Acesso em: fev. 2014.

CREMASCO, M. A. *Operações Unitárias em Sistemas Particulados e Fluidodinâmicos*. São Paulo: Ed. Blucher, 2012, 424 p.

FIGUEIREDO, R.M.; *Programa de Redução de Patógenos e Padrões e Procedimentos Operacionais de Sanitização*. Coleção Higiene dos Alimentos - vol. 01. São Paulo: Manole, 2002. p. 73-78.

HAMAN, D.Z.; SMAJSTRLA, A.G.; ZAZUETA, F.S. *Media filters for trickle irrigation in Florida*. Gainesville: University of Florida, 1994. 87 p.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA 2006. Disponível em <www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp> Acesso em: 27/11/07.

LEITE, M.O.; ANDRADE, N.J.; SOUZA, M.R.; FONSECA, L.M.; CERQUEIRA, M.M.O.P.; PENNA, C.F.A.M. Controle de qualidade da água em indústrias de alimentos. *Revista Leite e Derivados*, n.69, março/abril, 2003.

MACHADO, C.J.S. 2004. Reúso da água doce - A crescente demanda por água tratada tem feito do reúso planejado de água um tema atual e de grande importância, principalmente na nova política nacional de recursos hídricos. *Revista Eco 21*, Ano XIV, Edição 86.

MANCUSO, Pedro C. S. ; SANTOS, Hilton F. 2003. *Reuso de Água*. São Paulo: Manole.

RICHTER, C. A.; NETTO, J. M. de A. *Tratamento de Água – Tecnologia Atualizada*. 3ª Ed. São Paulo: Ed. Blucher, 2000, 322p.

RODRIGUES, E. *Caracterização de Agregados*. Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2005, 300 p.