

GRANULOMETRIA DE AREIAS DE FILTROS INDUSTRIAIS PARA O TRATAMENTO DE ÁGUA DE PROCESSO

R. R. LIMA¹, R. A. MARTINS¹, K. L. BUENO¹, C. O. MEDEIROS¹, 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 – Dada a importância da etapa de filtração em Estações de Tratamento de água, objetivou-se neste trabalho analisar a distribuição granulométrica de amostras de areias empregadas nos filtros de uma indústria de beneficiamento de arroz da Região Sul para o tratamento da água de processo. Para realizar uma comparação de resultados, também efetuou-se neste trabalho a análise da distribuição granulométrica de amostras de areias de filtros de piscina. A justificativa para este trabalho está em um futuro estudo da influência da granulometria de areias sobre a eficiência da filtração no tratamento da água de processo, assim como a proposta de melhorias nos filtros da Estação de Tratamento de Água da empresa. Os resultados obtidos na análise granulométrica das amostras de areias demonstraram 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.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente diversas empresas possuem programas de gestão dos seus recursos hídricos, seja com a implementação de projetos de reuso, de projetos que visam a redução de perdas ou ainda de projetos que racionalizam o uso da água, obtendo reduções expressivas do consumo industrial de água e dos lançamentos de efluentes líquidos ao meio ambiente. Esses programas acarretam um retorno financeiro considerável às empresas.

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. Esse tratamento garante que os valores dos parâmetros biológicos, físicos e químicos não ultrapassem valores estipulados pela legislação vigente. Nesse caso, em indústrias alimentícias 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 arroz.

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. Braga (2005) define essas etapas como:

1. **Gradeamento:** A água da barragem é captada por bombas de sucção e seguem para um sistema de grades que impede a entrada de elementos macroscópicos grosseiros (animais mortos, folhas, etc.).
2. **Coagulação:** Após o bombeamento, a água segue por uma tubulação onde é adicionada uma quantidade de floculante, pré-estabelecida por testes laboratoriais realizados em Jar-test. O floculante normalmente utilizado é o sulfato de alumínio. Essa etapa visa à formação de flocos que serão aderidos a partículas de impurezas presentes na água.
3. **Floculação:** Após o processo de coagulação, a água recebe uma quantidade de polímero, para favorecer a união das partículas de sujeira, formando flocos maiores. A quantidade de polímero utilizada nessa etapa também é pré-estabelecida por testes laboratoriais realizados em Jar-test.
4. **Decantação:** Após a floculação a água segue aos decantadores, onde é separada dos flocos por ação da gravidade. Os flocos sedimentam no fundo do decantador enquanto a água límpida transborda pela parte superior. O lodo do fundo é conduzido para tanques de tratamento de efluentes e a água límpida segue para os filtros.
5. **Filtração:** A água proveniente dos decantadores segue para os filtros industriais. Esses filtros são compostos por camadas de areia de diferentes granulometrias, onde são retidos os flocos que não decantaram na etapa anterior e alguns microorganismos que por eventualidade ainda estejam presentes na água.

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. Areias muito grossas podem resultar em filtração ineficiente e permitir o entupimento dos emissores, enquanto areias muito finas podem entupir rapidamente seus poros e requerer retrolavagens frequentes.

Para quantificar a granulometria da areia calcula-se o Diâmetro Médio de *Sauter*. Esse diâmetro é obtido pela divisão da fração mássica da areia retida em uma peneira, com granulometria conhecida, pelo diâmetro da abertura dos poros da peneira (POZZA *et al.*, 2005). Na prática o Diâmetro Médio de *Sauter* (d_s) representa o tamanho das partículas cuja superfície específica é a média de todas as partículas da amostra e pode ser obtido com a Equação 1, a seguir.

$$d_s = \frac{1}{\sum \left(\frac{x_i}{d_i} \right)} \quad (1)$$

Onde: d_s é o diâmetro médio de *Sauter*, x_i é a fração mássica retida em cada peneira e d_i é diâmetro da abertura dos poros da peneira.

A filtração é uma operação unitária que consiste na separação de uma fase sólida de uma fase fluida (líquida ou gasosa), passando esta última através de um meio permeável e poroso. O meio poroso denomina-se meio filtrante e tem como função reter a fase sólida. O fluido que passa através do meio filtrante é denominado filtrado (CREMASCO, 2012).

Os filtros de sólidos granulares devem ser operados de modo a manter os poros interpartículas na condição não saturada. Para tanto, devem ser previstas nas indústrias períodos de intermitência do processo que tem como meta realizar as etapas de limpeza, através da retrolavagem para a remoção da fase particulada retida no meio filtrante, ou até mesmo substituição do meio filtrante quando esses estiverem saturados/degradados e causando um excessivo retardamento na velocidade de filtração do afluente e/ou efluente (GEANKOPLIS, 1998).

Neste trabalho objetivou-se analisar a distribuição granulométrica de amostras de areias empregadas nos filtros de uma ETA em uma indústria de beneficiamento de arroz da Região da Campanha para o tratamento da água de processo. Este trabalho é a primeira parte um projeto maior que estuda a influência da granulometria de areias sobre a eficiência da filtração no tratamento da água de processo, assim como a proposta de melhorias que serão implantadas, se necessário, no meio filtrante contido na ETA da referida empresa.

2. METODOLOGIA

Nesse estudo foram utilizadas quatro amostras de areia a saber: uma amostra de filtro areia de piscina, adquirida do mercado local e as demais amostras obtidas em uma indústria de beneficiamento de arroz da Região da Campanha.

Dessas amostras obtidas na empresa, uma é de areia saturada (obtida na manutenção dos filtros como areia de descarte, já utilizada no processo de filtração) 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).

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 visualizado na Figura 1 (a) e um conjunto de peneiras (8, 12, 14, 24 e 60 *mesh*), visualizado na Figura 1 (b) e uma balança analítica, visualizada na Figura 2.

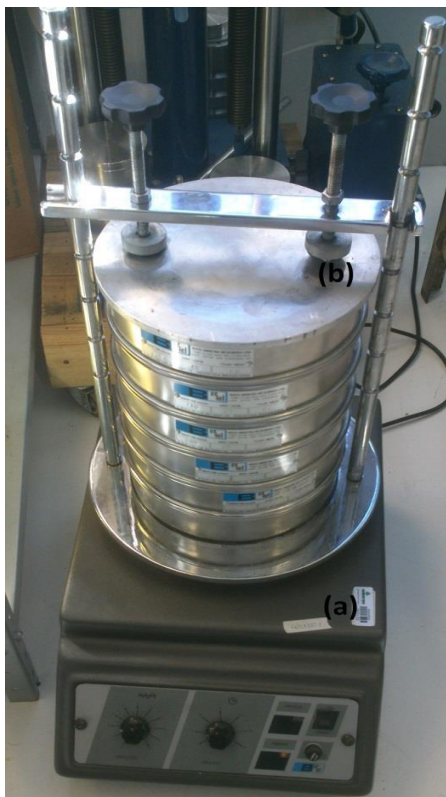


Figura 1 – Agitador magnético com conjunto de peneiras.
Fonte: Autor

Para os ensaios de peneiras 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. Também foi obtido o diâmetro médio de *Sauter*, através da Equação 1 para cada amostra de areia analisada.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores de frações mássicas de cada amostra de areia que foram retidas nas peneiras com diferentes aberturas, pode ser visualizado na Tabela 1, a seguir, juntamente com os valores do diâmetro médio de *Sauter*, previamente calculados.



Figura 2 – Balança Analítica.
Fonte: Autor.

Tabela 1 – Valores de frações mássicas de areia retidas em cada peneira.

Abertura da Peneira (<i>mesh</i>)	Fração retida da areia de piscina (x_i)	Fração retida da areia saturada (x_i)	Fração retida da areia tipo 1 (x_i)	Fração retida da areia tipo 2 (x_i)
8	0,0000399	0,00421	0,000491	0,000359
12	0,0615	0,4348	0,359	0,229
14	0,192	0,124	0,145	0,123
24	0,5421	0,366	0,455	0,551
60	0,199	0,0632	0,033	0,0962
fundo	0,00505	0,00771	0,00137	0,000179
Diâmetro médio de Sauter (d_s)	0,842224	1,140383	1,169828	1,003218

A partir dos valores do d_s , verifica-se que a areia que apresenta menor granulometria é a areia de piscina, podendo ser considerada uma areia fina. Também se verifica que a areia do Tipo 1 e do Tipo 2, apresentam uma granulometria muito próxima, não sendo o padrão para ser utilizada nos filtros industriais. Seria melhor para elevar a eficiência dos filtros, que fossem utilizadas amostras de areia com granulometrias bem diferentes e definidas. Outro fator verificado foi o elevado valor do d_s para a areia saturada, esse fato pode ser explicado pois a mesma absorveu resíduos, durante o tempo em que esteve em uso, aumentando seu diâmetro.

Com os valores da Tabela, foi possível construir as curvas diferenciais das amostras retidas, apresentadas na Figura 1. Essas curvas são essenciais para a real visualização da granulometria apresentada pela amostra.

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).

Nota-se também que as demais amostras de areias apresentaram um comportamento semelhante entre si, onde se verificam a presença de dois pontos de máximo, indicando a presença de duas granulometrias diferentes na mesma amostra, configurando uma mistura de duas areias com duas granulometrias definidas.

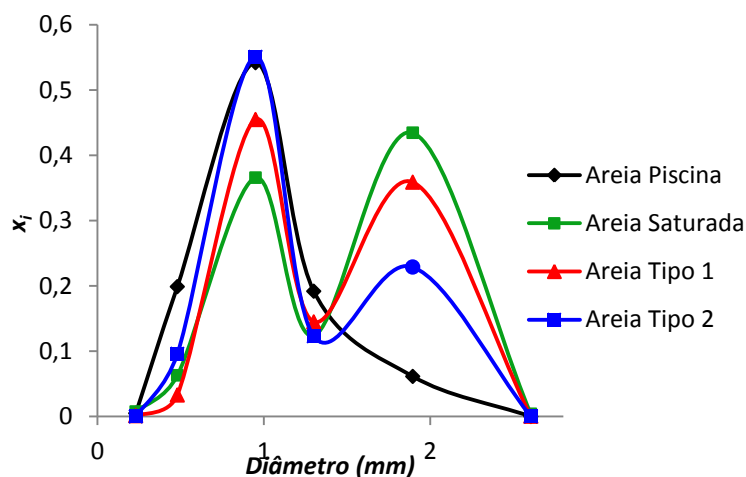


Figura 1 – Curvas diferenciais das amostras retidas.

Quanto a comparação das areias tipo 1 e 2 observa-se que a areia tipo 1 apresenta aproximadamente 45% das partículas com diâmetros de 1 mm, 35% das partículas com diâmetros de 2 mm e as demais partículas com diâmetros próximos a esses valores, enquanto a areia tipo 2 apresenta aproximadamente 55% das partículas com diâmetros de 1 mm, 25% das partículas com diâmetros de 2 mm e as demais partículas com diâmetros próximos a esses valores. Essas areias 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 diâmetro maior, 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.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise granulométrica realizada neste trabalho, utilizou amostras de areia fornecidas pela 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 as areias apresentaram comportamento e granulometrias diferentes. A partir dos valores do d_5 , verifica-se que a areia que apresenta menor granulometria é a areia de piscina e a areia com granulometria mais elevada foi a areia Tipo 1. As granulometrias das areias Tipo 1, Tipo 2 e Areia Saturada apresentaram valores muito próximos, não sendo o padrão para ser utilizada nos filtros industriais. Seria melhor para elevar a eficiência dos filtros, que fossem utilizadas amostras de areia com granulometrias bem diferentes e definidas.

Outro fator observado nessa análise é quanto a granulometria, onde 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.

A areia saturada apresentou aproximadamente 45% do diâmetro de partículas ao redor de 2 mm, sendo a areia que apresentou maior quantidade de partículas com diâmetro maior, 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.

Provavelmente, o emprego de leito filtrante composto por areia de diferentes granulometrias misturadas, esteja influenciando na qualidade do tratamento de água de processo da indústria.

A atuação do grupo de trabalho promoverá a reavaliação do filtro e seu leito, que compõem a estação de tratamento de águas da referida empresa, propondo melhorias e enfatizando a necessidade da existência de camadas de areia grossa, média e fina com granulometrias bem definidas, buscando melhorias no tratamento de água de processo industrial, atendendo a Legislação vigente para água potável.

Agradecimentos

À UNIPAMPA pela infraestrutura e profissionais disponibilizados para a execução da pesquisa, e à indústria de beneficiamento de arroz da região do RS pela parceria na pesquisa.

5. REFERÊNCIAS

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.

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

GEANKOPLIS, C. J. *Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias*. México: CECSA, 1998, 1017 p.

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

POZZA, Paulo Cesar et al. Avaliação da moagem e granulometria do milho e consumo de energia no processamento em moinhos de martelos. *Cienc. Rural [online]*. vol.35, n.1, pp. 235-238, 2005.

RICHTER, C. A.; NETTO, J. M. de A. *Tratamento de Água – Tecnologia Atualizada*. 3ª ed. São Paulo: Ed. Blucher, 2000, 332 p.

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