

TRATAMENTO DA ÁGUA RESIDUAL DE UMA UNIDADE DE LAVAGEM DE AREIA

C.D. Castro e I.A.H. Schneider

Faculdade de Engenharia e Arquitetura – Universidade de Passo Fundo
Campus I, Bairro São José, CEP 99.001-970, Passo Fundo, RS, Brasil
E-mail: ivoandre@upf.tche.br

RESUMO

Na região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul, algumas jazidas de areia encontram-se em exploração. A operação de “lavagem de areia” resulta em um efluente com alto teor de sólidos em suspensão. Porém, observa-se que os sólidos não sedimentam nas barragens de decantação, contaminando os recursos hídricos à jusante. Portanto, o objetivo do presente trabalho foi caracterizar a água residual e estudar uma forma de tratamento. Para tal, realizou-se medições da vazão do efluente, análises do teor de sólidos suspensos bem como a caracterização do material suspenso, incluindo análise granulométrica, mineralógica e medidas do potencial zeta. Após, realizou-se estudos de sedimentação através de ensaios em provetas onde se avaliou o efeito do pH e da adição de diferentes tipos de polímeros floculantes. Os resultados demonstraram que os sólidos presentes na água, a uma concentração de 10%, são basicamente quartzo e caulinita a uma granulometria bastante fina (entre 0,1 e 50 μm). A melhor condição para desestabilização do sistema encontra-se em valores de pH abaixo de 5,0. A adição de um floculante (poliacrilamida catiônica de alto peso molecular) é também fundamental para aumentar a velocidade de sedimentação. As condições físico-químicas ideais para a floculação das partículas são apresentadas e discutidas. Após o tratamento, a água apresenta-se potável e o lodo obtido pode ser utilizado como matéria-prima para cerâmica vermelha.

PALAVRAS-CHAVE: lavagem de areia, floculação, tratamento de efluentes.

1. INTRODUÇÃO

Algumas jazidas de areia encontram-se em exploração na região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul. Para comercialização, a areia é separada da argila por um processo de lavagem. Nessa operação, a rocha mãe, através de um desmonte hidráulico, é conduzida para um tanque de concreto, onde a areia sedimenta e o material fino segue juntamente com a água. A água, com uma grande quantidade de sólidos suspensos, é disposta em barragens de decantação.

Na prática, observa-se que a velocidade de sedimentação dos sólidos nas barragens de decantação é muito baixa, ou praticamente nula. O processo de sedimentação natural é extremamente ineficiente. A água de saída nas barragens apresenta um alto teor de sólidos suspensos, causando o escurecimento dos cursos d'água a jusante. Ainda, em épocas de grande precipitação, é comum o rompimento das barragens de contenção.

Nesse contexto, o tratamento preliminar da água de lavagem permitiria que o volume deslocado para as barragens de argila fosse significativamente minimizado. O processo de menor custo para a remoção dos sólidos suspensos é a sedimentação com o auxílio de agentes coagulantes e/ou floculantes (Borges 1998; Yasar et al, 1988). Porém, nenhum estudo foi realizado levando em considerações às características dos efluentes gerados pelas empresas exploradoras de areia na Região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul.

Cabe ainda ressaltar que o tratamento de águas residuais contendo argilas e outros minerais finos em suspensão é um problema ambiental enfrentado por diversas empresas do setor mineral e esforços devem ser realizados para a busca de soluções (Smith, 1996).

Assim, o objetivo do presente trabalho foi estudar uma maneira de tratar o efluente proveniente dos processos de lavagem de areia no Município de Ernestina. Para tal, caracterizou-se o água residual da lavagem de areia e realizou-se estudos de separação água/argila por sedimentação em escala de laboratório. Por fim, uma proposta para o tratamento em escala real é apresentada.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Amostras da água de lavagem de areia foram coletadas na Empresa "Woll e Woll Comércio de Areia Ltda", localizada no Município de Ernestina, RS. As amostras foram tomadas logo após o processo de lavagem e trazidas para a Universidade de Passo Fundo em recipientes apropriados.

As análises realizadas para caracterizar o efluente foram: concentração de sólidos no efluente, viscosidade da polpa, granulometria e massa específica dos sólidos suspensos, constituição mineralógica e propriedades eletrocinéticas das partículas.

A concentração de sólidos suspensos foi medida através da determinação da quantidade de sólidos retidos em papel filtro Whatman número 40 por unidade de volume de efluente. A análise granulométrica foi realizada por difração de raios laser em um equipamento da Malvern modelo 3601. A massa específica foi determinada por picnometria. A viscosidade do efluente foi medida em um viscosímetro Brookfield modelo LVT. Os constituintes minerais presentes no efluente foram identificados por difração de raios X em um equipamento Siemens modelo Kristalloflex 810.

As propriedades eletrocinéticas, em função do pH, foram medidas em zetameter da Rank Brothers modelo LTD. Nas medições, as partículas foram suspensas em solução aquosa contendo 1×10^{-3} M KNO_3 e ajustou-se o pH com KOH e HNO_3 . Para cada pH, calculou-se a média de 20 leituras.

Os estudos de separação água-argila foram realizados em laboratório através de ensaios de floculação em um "Jar-Test" e em ensaios de sedimentação em provetas. Averiguou-se o melhor pH de sedimentação sem e com o uso de agentes floculantes. Os reagentes testados foram floculantes comerciais do tipo poliacrilamidas aniônicas, catiônicas e não-aniônicas de alto peso molecular.

Os ensaios de decantação foram realizados em provetas de 1 litro. Avaliou-se a velocidade de sedimentação nos primeiros 5 minutos do ensaio, quando a velocidade de sedimentação mantinha-se constante. Mediu-se, também, a turbidez residual da água no sobrenadante (em um turbidímetro Policontrol modelo AP 1000 II) e o teor de sólidos no lodo. Na água tratada, analisou-se a qualidade química e microbiológica, para fins de consumo humano, conforme os procedimentos do "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" (APHA, 1995). Os ensaios de proveta foram realizados de forma a possibilitar, ainda, o dimensionamento do espessador pelo método de Talmage e Fitch (Borges, 1998).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Características da Água Residual

O efluente gerado na lavagem de areia apresenta-se com uma coloração marrom avermelhada e a vazão gerada é de aproximadamente de 10 L/s. O efluente apresenta uma concentração de sólidos de 10 a 12%, que confere à polpa uma viscosidade de 50 cp à temperatura ambiente. O pH medido variou, dependendo da amostra, entre 5,5 e 6,0.

A análise granulométrica das partículas suspensas encontra-se na Figura 1. O material apresenta 100% das partículas abaixo de 56 μm e um D_{50} (diâmetro na qual passa 50% da massa das partículas) de 7 μm , indicando que a granulometria do material é bastante fina. A composição mineralógica do material foi investigada por difração de raios X, que demonstrou que os principais constituintes são sílica na forma de quartzo e o argilo-mineral caulinita. A massa específica das partículas suspensas foi determinada com 2,65 g/cm^3 .

A Figura 2 apresenta o potencial zeta das partículas em função do pH. Pode-se observar que as partículas, em pH 5,5 a 6,0, são negativas. Elas tendem a se tornarem neutras em valores de pH abaixo de 2,0. Esse comportamento é típico de minerais como o quartzo (pH do ponto de carga zero = 2,0) e caulinita (pH do ponto de carga zero = 3,4) (Fuerstenau e Palmer, 1976).

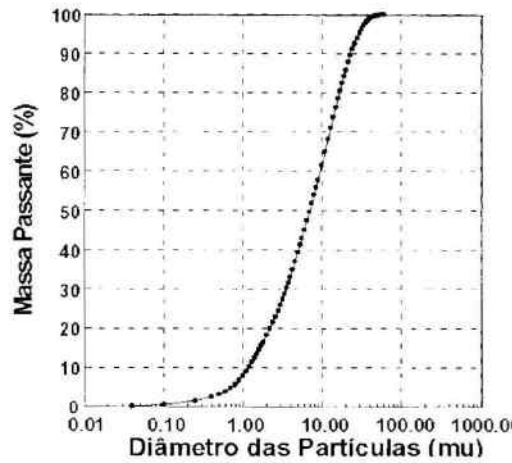


Figura 1. Análise granulométrica dos sólidos presentes na água residual.

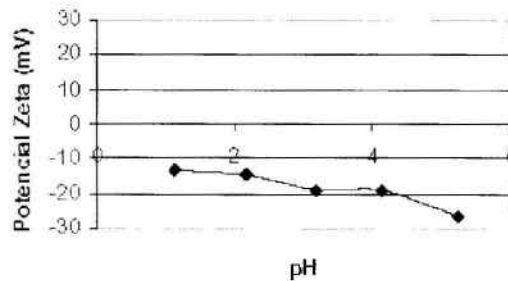


Figura 2. Potencial zeta das partículas em função do pH.

O pequeno tamanho das partículas, a alta viscosidade do meio e a carga negativa explicam a estabilidade do sistema e a dificuldade de sedimentação. Portanto o uso de auxiliares de floculação é essencial para a sedimentação das partículas.

3.2. Estudos de Floculação/Sedimentação

A Tabela 1 apresenta os resultados de floculação das partículas suspensas com três polímeros flocculantes diferentes. Reparou-se que os melhores resultados ocorreram com a poliacrilamida catiônica. O melhor desempenho desse flocculante pode ser explicado pelo favorecimento da adsorção das partículas no polímero devido a forças eletrostáticas (partículas negativas – polímero positivo). As dosagens necessárias do polímero ficaram na faixa de 10 a 50 mg/L ou de 100 g/t de material suspenso.

Tabela 1. Resultados de floculação com três tipos de polímeros flocculantes.

Polímero	Resultado
Poliacrilamida não iônica	Insipiente
Poliacrilamida catiônica	Muito bom
Poliacrilamida aniônica	Bom

A Figura 3 apresenta o efeito do pH do meio na velocidade de sedimentação das partículas com e sem polímero flocculante. Pode-se observar que a sedimentação, em ambos os casos, ocorre por sedimentação impedida e que há uma interface bem definida. A velocidade de sedimentação é aproximadamente constante nos primeiros minutos do ensaio (valores expressos no gráfico) diminuindo lentamente devido ao aumento da concentração das partículas no lodo sedimentado. O emprego de polímero flocculante (poliacrilamida catiônica de alto peso molecular) aumentou claramente a velocidade de sedimentação como promoveu um lodo com menor quantidade de água. A Figura 4 mostra o efeito do pH do meio na turbidez residual da água. Abaixo de pH 5,0 ocorreu a clarificação completa do efluente, tanto com como sem o polímero flocculante.

Os ensaios realizados demonstram que o uso de polímeros flocculantes é essencial para aumentar a velocidade de sedimentação das partículas e conseqüentemente reduzir o tamanho do equipamento a ser empregado no processo de separação sólido-líquido. Aplicando-se a equação de Talmage e Fitch, a área requerida para a sedimentação das partículas, nas condições da empresa alvo do presente trabalho, é de 165,30 m² sem o polímero flocculante e de 45,80 m² com o polímero flocculante.

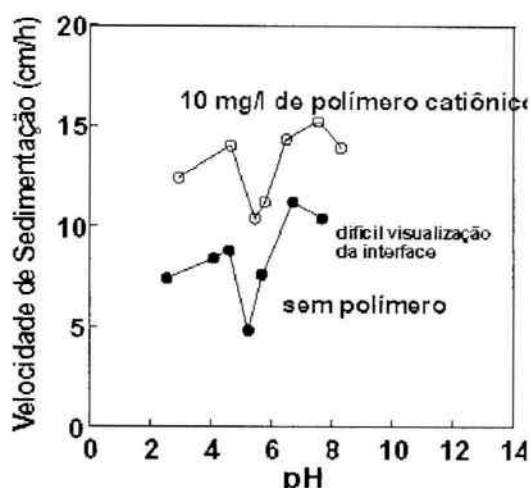


Figura 3. Efeito do pH do meio na velocidade de sedimentação.

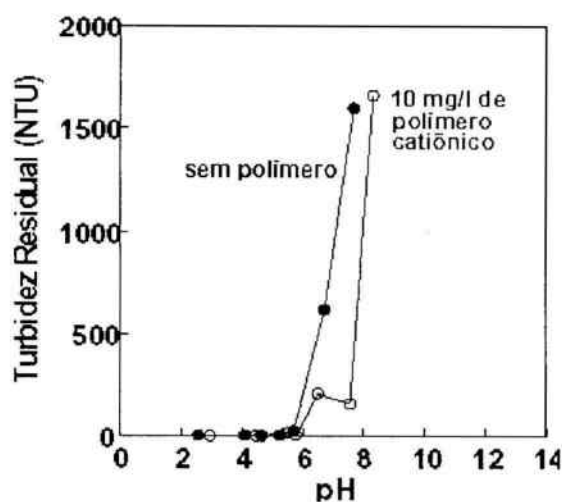


Figura 4. Efeito do pH do meio na turbidez residual da água.

Tabela II. Características da água após a remoção do material.

DETERMINAÇÕES	RESULTADOS	VMP ₍₄₎
pH	4,38	6-8,5
Turbidez (NTU)	0,35	1
Condutividade ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	62,8	2000
Cloretos (Cl^- mg/L)	2,42	250
Dureza Total (CaCO_3 mg/L)	7,9	500
Sódio (mg/L)	7,4	1000
Potássio (mg/L)	2,1	500
Nitritos ($\mu\text{g/L}$)	3,3	AUSENTE
Ferro Total (mg/L)	ND	0,3
Alumínio (mg/L)	ND	0,2
Manganês (mg/L)	0,03	0,1
Cobre (mg/L)	0,01	5
Zinco (mg/L)	0,09	5
Cianeto (mg/L)	---	0,1
Nitrato (mg/L)	4,99	10
Cromo Hexavalente Livre (mg/L)	ND	0,01
Cor	AUSENTE	AUSENTE
Sabor	AUSENTE	AUSENTE
Odor	AUSENTE	AUSENTE
Coliformes fecais (NMP/100 ml)	AUSENTE	AUSENTE
Coliformes totais (NMP/100 ml)	AUSENTE	AUSENTE

ND – não detectado pelo método.

VPM₍₁₎ – valor máximo permitível, acima do qual a água não é considerada potável. Portaria nº36/GM de 19 de janeiro de 1990. Ministério da Saúde.

De modo geral, pode-se dizer que, de cada litro tratado, 600 ml serão descartados na forma de água limpa e 400 ml na forma de lodo com 25% de sólidos. A água residual apresenta características de potabilidade, cujos valores de uma análise encontram-se na Tabela II. O lodo espessado apresenta ainda uma grande quantidade de água (75%), sendo necessário uma etapa posterior de secagem. A filtração, por exemplo com filtros prensa, é uma alternativa com um custo demasiadamente elevado para as empresas do setor. Nesse sentido, Kirchheim et al. (2000 e 2001) sugerem o uso de leitos de secagem, tanto convencional como em uma câmara solar.

Por fim, a Figura 5 mostra uma proposta para o tratamento da água residual do processo de lavagem de areia. Inicialmente a água seria transportada em uma calha que contém um ressalto hidráulico seguido de chicanas. O polímero floculante seria adicionado antes do ressalto, para que a turbulência promovesse a mistura do floculante no efluente. Nas chicanas ocorreria a formação de flocos. A polpa floculada seguiria para um tanque de sedimentação, sendo que a água tratada sairia pela parte superior do equipamento ("overflow") e a polpa de argila, pela parte inferior do equipamento ("underflow").

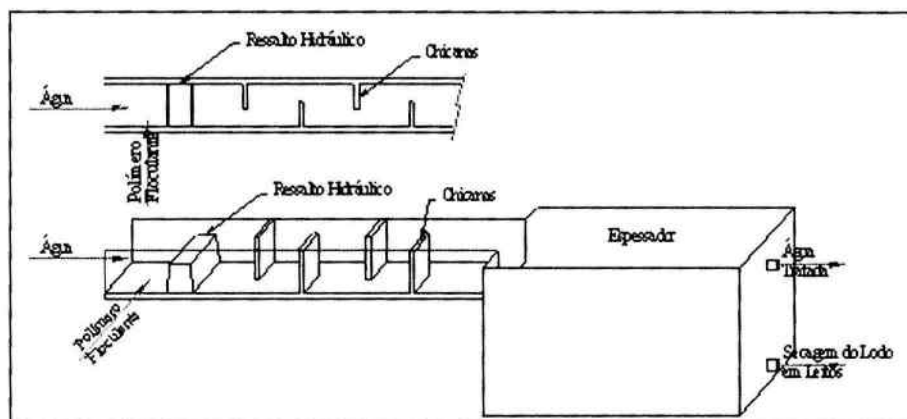


Figura 5. Proposta para o tratamento da água do processo de lavagem de areia.

4. CONCLUSÕES

As principais conclusões do trabalho são:

- A água residual do processo de lavagem de areia apresenta cerca de 10% de um material particulado muito fino composto por quartzo e caulinita. Constitui-se em um problema de ordem ambiental, pois promove o escurecimento dos cursos d'água a jusante;
- A melhor condição para a desestabilização do sistema argila/água encontra-se em valores de pH próximo a 5,0. A adição de uma poliacrilamida catiônica de alto peso molecular é também fundamental para aumentar a velocidade de sedimentação das partículas;
- A água tratada apresentou-se clarificada e com características de potabilidade.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Laboratório de Tecnologia Mineral da UFRGS e ao Instituto de Física da UFRGS pelas análises de granulometria, potencial zeta e difração de raios X.

6. BILIOGRAFIA

- APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19th Edition. Washington D.C: American Public Health Association, 1995.
- Borges, J. Separação sólido-líquido. In: Luz, A.B.; Possa, M.V.; Almeida, S.L. (editor). Tratamento de Minérios. Rio de Janeiro, CETEM, p.499-533, 1998.
- Fuerstenau, M.C.; Palmer, B.R. Anionic flotation of oxides and silicates. In: Fuerstenau, M.C. (editor). Flotation. New York, AIME, p.148-196, 1976.

- Kirchheim A.P.; Castro, C.D.; Santos, L.M.; Schneider, I.A.H. Secagem de residuo de uma unidade de lavagem de areia por energia solar e aproveitamento na cerâmica vermelha, anais do XV Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia, CD ROM, Rio Grande, RS, Brasil, 2000.
- Kirchheim A.P.; Castro, C.D.; Santos, L.M.; Schneider, I.A.H. Secagem de um residuo argiloso por energia solar. anais do VI Southern Hemisphere Meeting of Mineral Technology / XVIII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, v.3, p.217-220, Rio de Janeiro, Brasil, 2001.
- Kitchener, J.A. Flocculation in mineral processing. In: Ives, K.J. (editor). The Scientific Basis of Flocculation. Netherlands: Alphen aan den Rijn: Sijthoff & Noordhoff, p.283-328, 1978.
- Smith, R.W. Liquid and solid wastes from mineral processing plants. Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review, 16, p.1-22, 1996.
- Yarar, B.; Monte, M.B.M.; Hamelmann, C.R.A. Floculação. In: Luz, A.B; Possa, M.V.; Almeida, S.L. (editor). Tratamento de Minérios. Rio de Janeiro: CETEM, p.479-498, 1988.