

EFEITO DA CONCENTRAÇÃO DE COAGULANTES E DO pH DA SOLUÇÃO NA TURBIDEZ DA ÁGUA, EM RECIRCULAÇÃO, UTILIZADA NO PROCESSAMENTO DOS FRUTOS DO CAFEIEIRO¹

ANTONIO T. MATOS¹, CLÁUDIA F. G. CABANELLAS², PAULO R. CECON³, MOZART S. BRASIL⁴, CLÁUDIO S. MUDADO⁵

RESUMO: Com o objetivo de determinar a dose e a faixa de pH dos coagulantes sulfato de alumínio (SA), sulfato ferroso clorado (SFC), cloreto férrico (CF) e extrato de semente de moringa (ESM), que proporcionassem maior eficiência na remoção da turbidez na água residuária da despolpa de frutos do cafeeiro (ARDC), após serem efetuadas cinco recirculações, foram conduzidos ensaios de coagulação/floculação utilizando o aparelho “Jar-test”. Todos esses coagulantes foram avaliados nas concentrações de 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 e 3,0 g L⁻¹. No caso da solução preparada com ESM, as doses utilizadas foram: 0; 10; 20; 30; 40; 50 e 60 mL L⁻¹. O pH da solução em teste foi alterado, utilizando-se do hidróxido de sódio (NaOH), na concentração de 0,3 mol L⁻¹, sendo avaliadas as faixas de 4,0 a 5,0; 5,0 a 6,0; 6,0 a 7,0 e 7,0 a 8,0. No ensaio de coagulação/floculação, o ESM proporcionou maior remoção de SS (sólidos em suspensão) da ARDC com a dose de 10 mL L⁻¹ e pH de 4,27 (natural). Para os coagulantes SA e CF, os melhores resultados foram obtidos com a concentração de 3 g L⁻¹ e pH de 7,27 e, para o coagulante SFC, com a concentração de 3 g L⁻¹ e pH de 4,27.

PALAVRAS-CHAVE: *Moringa oleifera*, água residuária, resíduos orgânicos.

EFFECTS FROM THE CONCENTRATION OF COAGULANTS AND pH SOLUTION ON THE TURBIDITY OF THE RECIRCULATING WATER USED IN THE COFFEE CHERRY PROCESSING

ABSTRACT: Aiming the determination of the dose and pH range of the coagulants aluminum sulfate (AS), chlorinated ferrous sulfate (CFS), ferric chloride (FC) and *Moringa oleifera* seed extract (MSE) that would provide a higher efficiency in removing the turbidity from the coffee cherry pulping wastewater (CPW), five recirculations were accomplished and the coagulation/flocculation assays were conducted, by using the Jar-test device. The concentrations (0; 0.5; 1.0; 1.5; 2.0; 2.5 and 3.0 g L⁻¹) were evaluated. In the case of the MSE-prepared solution, the following doses were used: 0; 10; 20; 30; 40; 50 and 60 mL L⁻¹. The pH of the solution under test was changed, by using the sodium hydroxide (NaOH) at the concentration of 0.3 mol L⁻¹, whereas the ranges from 4.0 to 5.0; 5.0 to 6.0; 6.0 to 7.0; and 7.0 to 8.0 were evaluated. In the coagulation/flocculation assay, the MSE provided a higher suspended solid removal (SSR) from the CPW at the dose of 10 mL L⁻¹ and 4.27 pH (natural). For the coagulants AS and FC, the best results were obtained at the concentration of 3 g L⁻¹ and 7.27 pH, whereas, for the CFS coagulant, at the concentration of 3 g L⁻¹ and 4.27 pH.

KEYWORDS: *Moringa oleifera*, wastewater, organic residue.

¹ Eng^o Agrícola, Prof. Doutor, Departamento de Engenharia Agrícola e Ambiental, UFV, Viçosa - MG.

² Eng^a Agrícola, M. Sc. Departamento de Engenharia Agrícola e Ambiental, UFV, Viçosa - MG.

³ Eng^o Agrônomo, Prof. Doutor, Departamento de Informática, UFV, Viçosa - MG.

⁴ Doutorando, Departamento de Engenharia Agrícola e Ambiental, UFV, Viçosa - MG.

⁵ Eng^o Civil, Prof. Dr., Departamento de Engenharia Florestal, UFV, Viçosa - MG.

Recebido pelo Conselho Editorial em: 10-1-2005

Aprovado pelo Conselho Editorial em: 29-3-2007

INTRODUÇÃO

O processamento do fruto do cafeeiro pode ser feito por via seca ou via úmida. O processamento via úmida é recomendado para a produção de grãos de café de qualidade em regiões de clima úmido, pois a lavagem e o descascamento/despolpa dos frutos do cafeeiro reduzem a probabilidade de fermentação do grão e o tempo de secagem do mesmo; porém, se mal conduzida, pode prejudicar a qualidade e a aceitação no mercado externo.

A disposição dos resíduos orgânicos gerados na lavagem e no descascamento/despolpa dos frutos do cafeeiro é, no entanto, um dos principais problemas nas unidades de processamento de frutos por via úmida. DELGADO & BAROIS (1999) citaram que, no processamento via úmida tradicional, são gerados, aproximadamente, três toneladas de resíduos, e são requeridas quatro toneladas (m^3) de água para produzir uma tonelada de grãos processados.

O impacto ambiental que as águas residuárias da lavagem e descascamento/despolpa de frutos do cafeeiro causa ao ambiente é grande, não somente pela carga orgânica contaminante, mas também pelo grande volume de águas limpas que é utilizado no processamento do fruto (MATOS, 2003).

Na procura de se reduzir o volume de água gasto no processo, tem sido utilizada, por alguns produtores, a recirculação da mesma. Com a recirculação da água, o consumo pode diminuir para aproximadamente um litro para cada litro de fruto processado, cerca de um quarto do que é gasto quando a recirculação não é feita (MATOS et al., 2006).

Entretanto, tem sido observado que, à medida que a água é recirculada no sistema, suas características químicas e físicas são muito alteradas, havendo expressivo aumento na concentração de material suspenso e em solução (MATOS, 2003). Essa alteração na composição química da água em recirculação piora o desempenho das máquinas e pode comprometer a qualidade final do produto (RIGUEIRA, 2005), uma vez que essa água pode ser veiculadora de fungos e contaminantes que podem prejudicar a qualidade do grão.

A água em recirculação contém mucilagem, que não se sedimenta facilmente, sendo necessária a introdução de agentes coagulantes para flocular/sedimentar esse material sólido em suspensão.

Coagulação é o processo de neutralização das cargas negativas das partículas, o que possibilita que as mesmas se aproximem umas das outras, promovendo sua aglomeração, formando, com isso, partículas maiores, que, por sua vez, apresentam maior velocidade de sedimentação. Tem sido empregada como processo de tratamento em uma variedade de efluentes industriais, como indústria têxtil, processamento de carnes e peixes e indústrias de bebidas (AL MALACK et al., 1999).

Os sais de alumínio são os coagulantes químicos mais comumente utilizados no processo de tratamento de águas, apresentando maior eficiência quando o pH da suspensão estiver entre 5,0 e 8,0 (VIANNA, 2002). A maior desvantagem desses sais refere-se ao fato de que a disposição do lodo formado é sério problema ambiental ainda a ser resolvido, uma vez que o alumínio é um elemento tóxico para plantas e microrganismos.

Os sais de ferro são, também, muito utilizados como agentes coagulantes para tratamento de água. Reagem de forma a neutralizar cargas negativas dos colóides e proporcionam a formação de hidróxidos insolúveis de ferro. Devido à baixa solubilidade dos hidróxidos férricos formados, eles podem agir sobre ampla faixa de pH. Na coagulação, a formação de flocos é mais rápida, devido ao alto peso molecular desse elemento, comparado ao do alumínio; por conseguinte, os flocos são mais densos, e o tempo de sedimentação é reduzido significativamente (PAVANELLI, 2001).

A *Moringa oleifera* é uma planta tropical, cujas sementes apresentam características coagulantes. Para que seja obtida maior eficiência nessa coagulação, é recomendável a utilização de sementes recém-colhidas, uma vez que as propriedades coagulantes podem ter seu efeito

diminuído com o tempo (AL AZHARIA JAHN, 1986). As descobertas recentes do uso de sementes trituradas de *Moringa oleifera* para a purificação de água adquirem grande importância, se considerada a possibilidade do uso desse agente coagulante como alternativa de baixo custo, em relação ao tratamento químico convencional.

NDABIGENGESERE et al. (1994) concluíram que a ação coagulante da *Moringa oleifera* deve ser atribuída à presença de proteínas catiônicas solúveis na semente. SILVA et al. (2001) estudaram a utilização de coagulantes naturais no tratamento de efluentes da indústria têxtil e observaram que, comparativamente aos coagulantes químicos utilizados, a *Moringa oleifera* foi uma alternativa promissora no tratamento físico-químico dessas águas residuárias, podendo ser empregada como auxiliar no tratamento primário, já que proporciona aumento na eficiência dos decantadores na remoção de sólidos em suspensão. A *Moringa oleifera* requer, entretanto, mais tempo para a formação de flocos do que outros coagulantes químicos (AL AZHARIA JAHN, 1986).

Com a realização deste trabalho, teve-se como objetivo determinar a melhor combinação concentração-pH de coagulantes, de forma a maximizar a remoção de sólidos em suspensão presentes na água em recirculação no descascamento/despolpa dos frutos do cafeeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

A água usada no descascamento/despolpa (ARDC), submetida à recirculação por cinco vezes no processamento dos frutos do cafeeiro, foi coletada na Fazenda Lage, localizada no Município de Viçosa - MG. A água foi transportada em galões de 50 L e armazenada no máximo por dois dias, em câmara fria, sob temperatura de 10 °C.

Os agentes coagulantes adicionados à ARDC foram o sulfato de alumínio, o sulfato ferroso clorado, o cloreto férrico e o extrato de sementes de moringa. As concentrações utilizadas dos três primeiros coagulantes foram de 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 e 3,0 g L⁻¹. As doses utilizadas de extrato de sementes de moringa foram: 0; 10; 20; 30; 40; 50 e 60 mL L⁻¹, obtidas a partir de solução-estoque preparada com uma semente macerada em liquidificador para cada 10 mL de água (REMI THIER, 1995). O pH das suspensões (soluções coagulantes + ARDC) foi alterado, utilizando-se do hidróxido de sódio (NaOH), na concentração de 0,3 mol L⁻¹, de forma a se obterem as faixas de pH de 4,0 a 5,0; 5,0 a 6,0; 6,0 a 7,0 e 7,0 a 8,0.

As suspensões foram acondicionadas em béquer de 500 mL e colocadas no aparelho “Jar-test”, por 10 segundos, após a adição do coagulante, na rotação de 160 rpm, que foi a velocidade máxima obtida no aparelho de “Jar-test”, representando um gradiente de velocidade de aproximadamente 340 s⁻¹, sob temperatura de 25 °C. Após decorrido o tempo de 10 segundos, a rotação das pás foi reduzida a 20 rpm, permanecendo nessa condição por mais cinco minutos. Desligou-se o aparelho e aguardou-se 15 minutos para a sedimentação dos flocos formados, exceção ao tratamento com adição do coagulante de extrato de semente de moringa, para o qual se optou por tempo de sedimentação de 90 minutos, tendo em vista que, segundo AL AZHARIA JAHN (1986), a floculação deve ocorrer entre 90 e 120 minutos após sua adição à água residuária.

Monitorou-se a temperatura da ARDC durante os ensaios e mediu-se o pH inicial e final da suspensão.

A clarificação da suspensão foi avaliada com a determinação da turbidez inicial e final (após a sedimentação), utilizando-se, para isso, de turbidímetro de bancada, seguindo-se o método apresentado pela APHA (1995).

O ensaio foi montado seguindo esquema fatorial 4x7x4 (quatro coagulantes em sete concentrações e quatro faixas de pH), no delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. Foram realizadas análises estatísticas de variância e de superfície de resposta, em que os modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se do

teste t, a 1% de probabilidade, a partir dos resultados obtidos no processamento dos dados, nos programas STATISTICA e SAEG.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados da análise estatística dos dados, apresentados na Tabela 1, pode-se verificar que foi significativo, a 1% de probabilidade, o efeito do pH e das interações pH x coagulante, pH x concentração e pH x coagulante x concentração, indicando serem as condições de pH de fundamental importância para obter maiores eficiências de remoção de sólidos em suspensão também da ARDC.

TABELA 1. Resumo da análise de variância das concentrações e do pH dos coagulantes no teste “Jar-test”.

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
Coagulante	4	245.350,00	61.337,50 ^{NS}	**
Resíduo (A)	10	42,07	4,20	
Concentração	6	3.694.458,00	615.743,00 ^{NS}	**
Concentração x Coagulante	24	684.572,90	28.523,87 ^{NS}	**
Resíduo(B)	60	149,11	2,48	
pH	3	14.503,04	4.834,34 ^{**}	1.122,28
pH x Coagulantes	12	113.840,50	9.486,71 ^{**}	2.202,31
pH x Concentração	18	29.259,71	1.625,54 ^{**}	377,35
pH x Concentração x Coagulante	72	100.195,50	1.391,60 ^{**}	323,05
Resíduo	210	904,60	4,30	
C.V.(%) parcela			2,35	
C.V.(%) subparcela			1,80	

** significativo a 1% de probabilidade, ^{NS} não-significativo a 5% de probabilidade.

Na Tabela 2, estão apresentados os valores obtidos para a turbidez nas suspensões, após terem sido misturadas no “Jar-test”. Ocorreu, de forma geral, para os coagulantes cloreto férrico, sulfato de alumínio e sulfato ferroso clorado, menor turbidez na ARDC com o aumento da dose e do pH da solução. Resultados diferentes foram obtidos para o extrato de sementes de Moringa, com o qual foram obtidos os menores valores de turbidez em doses intermediárias e mais baixo valor de pH, que coincidia com a condição natural dessa solução.

Nas Figuras 1; 2; 3 e 4, estão apresentadas, respectivamente, as superfícies de resposta e equações ajustadas para a estimativa da turbidez em função do valor do pH e da concentração das soluções de cloreto férrico, sulfato de alumínio, sulfato ferroso clorado e da dose de extrato de semente de moringa adicionada à ARDC.

O modelo exponencial foi o que melhor representou a relação entre os dados de turbidez em relação ao pH e à dose do coagulante extrato de semente de moringa.

Com o aumento na concentração dos coagulantes sulfato ferroso clorado, sulfato de alumínio e cloreto férrico, até a concentração máxima de 3,0 g L⁻¹, obtém-se maior remoção de sólidos suspensos, sendo que, para os dois últimos, essa remoção aumenta com o aumento do pH da solução. As maiores remoções de turbidez, com a utilização dos coagulantes sulfato de alumínio e cloreto férrico ocorreram quando a solução se encontrava com pH na faixa de 7 a 8, corroborando os resultados obtidos por COSTA (1992), que observou, nas referidas faixas de pH, eficiência de remoção da turbidez de 98 e 84%, respectivamente, para os referidos coagulantes. SANTOS (2001) obteve maior eficiência na remoção da turbidez de esgoto sanitário com a utilização do coagulante sulfato de alumínio, na faixa de pH 7 a 8, e com cloreto férrico, na faixa de 6 a 7, condições que proporcionaram eficiências de remoção superiores a 96%.

TABELA 2. Turbidez (UTN) da água utilizada em recirculação, no descascamento/despolpa de frutos do cafeeiro, tratada com diferentes doses de agentes coagulantes e condições de pH do meio.

Agentes Coagulantes	Dose (g L ⁻¹)	pH			
		4,27	5,27	6,33	7,27
Cloreto férrico	0,0	540,77	541,30	541,31	541,31
	0,5	89,33	105,21	66,40	58,35
	1,0	94,50	77,25	54,20	19,61
	1,5	107,57	64,06	27,40	14,96
	2,0	70,80	34,51	38,39	15,99
	2,5	68,07	38,81	33,21	24,91
	3,0	42,21	28,81	16,33	13,11
Sulfato de alumínio	0,0	250,07	253,30	251,53	248,97
	0,5	50,00	45,69	42,31	54,74
	1,0	40,03	44,43	67,14	25,16
	1,5	42,40	35,30	66,07	32,31
	2,0	48,21	53,22	42,50	26,51
	2,5	40,60	29,70	39,61	16,21
	3,0	44,60	31,71	34,30	15,02
Sulfato ferroso clorado	0,0	266,90	266,90	266,90	266,33
	0,5	78,91	74,01	118,57	99,94
	1,0	52,31	26,44	99,53	22,63
	1,5	28,43	22,69	32,40	29,24
	2,0	21,91	15,64	28,30	33,63
	2,5	19,50	16,06	28,20	15,84
	3,0	19,15	22,79	25,91	13,16
Extrato de semente de moringa	Dose (mL L ⁻¹)				
	0	266,90	266,93	266,90	266,90
	5	27,26	119,11	143,58	101,22
	10	16,92	76,52	147,22	103,10
	15	26,30	79,42	156,11	110,93
	20	27,36	82,90	139,28	104,31
	25	29,04	58,51	151,02	108,48
	30	41,98	163,04	148,70	111,73

$$\hat{T} = 111,8131 - 14,6223 \text{ pH} + 1/(0,031955 \text{ C} + 0,001947)$$

$$R^2 = 0,99$$

$$\hat{T} = 52,74901 - 3,395976 \text{ pH} + 1/(0,1068787 \text{ C} + 0,0045922)$$

$$R^2 = 0,98$$

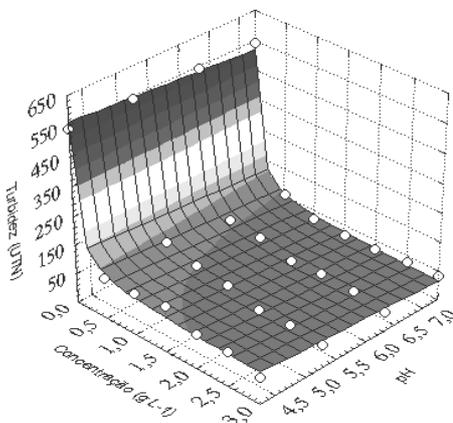


FIGURA 1. Superfície de resposta e equação ajustada da estimativa da turbidez em função da concentração e do pH do coagulante cloreto férrico.

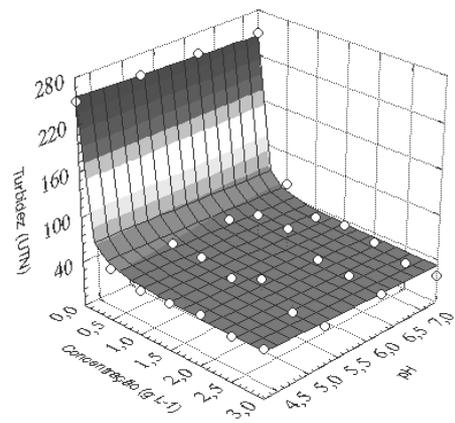


FIGURA 2. Superfície de resposta e equação ajustada da estimativa da turbidez em função da concentração e do pH do coagulante sulfato de alumínio.

$$\hat{T} = 18,50367 - 1.85209 \text{ pH} + 1 / (0,0132157 C + 0,0036397) \quad \hat{T} = 117,0746 + 181,6916 \exp(-D) - 5847,99 \exp(-\text{pH})$$

$$R^2 = 0,96 \quad R^2 = 0,80$$

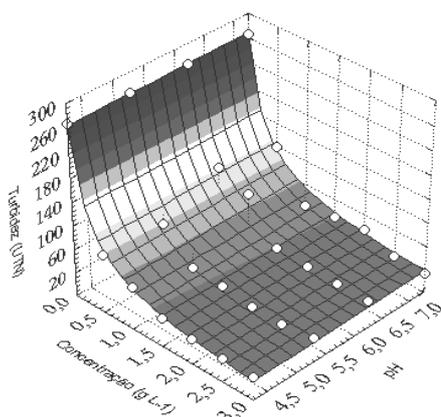


FIGURA 3. Superfície de resposta e equação ajustada da estimativa da turbidez em função da concentração e do pH do coagulante sulfato de ferroso clorado.

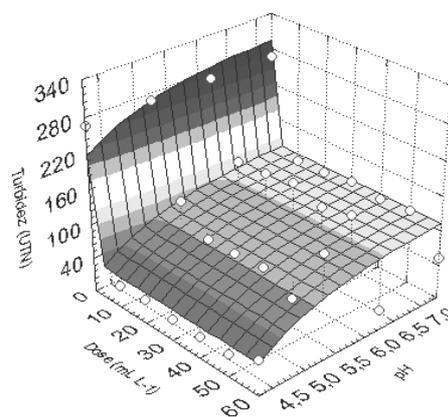


FIGURA 4. Superfície de resposta e equação ajustada da estimativa da turbidez em função da dose e do pH do coagulante extrato de semente de moringa.

Segundo VIEIRA (1999), quando se utiliza o coagulante sulfato de alumínio, a remoção de substâncias húmicas se dá por co-precipitação e formação de espécies insolúveis resultantes da interação entre os compostos hidrolisáveis do alumínio e as substâncias húmicas.

No que se refere ao sulfato ferroso clorado e ao extrato de sementes de moringa, os melhores resultados de remoção de sólidos em suspensão foram obtidos sob condições de pH mais baixo, na faixa de 4 a 5 para o extrato de sementes de moringa e de 4 a 6 para o sulfato ferroso clorado.

A faixa de pH que proporcionou as maiores remoções de sólidos em suspensão com a adição do coagulante cloreto férrico coincidiu com a apresentada por outros autores (SEMMENS & FIELD, 1980; DEMPSEY et al., 1995; JACANGELO et al., 1984) e a faixa de concentração 2,0 a 3,0 mg L⁻¹ foi a que proporcionou essa maior eficiência do coagulante.

Os sais de ferro, quando utilizados como coagulantes, possibilitam a formação de hidróxidos insolúveis de ferro, de baixa solubilidade, que podem agir sobre ampla faixa de pH (VIANNA, 2002), tal como verificado neste experimento, sendo, segundo VIEIRA (1999), a co-precipitação o mecanismo preponderante de remoção de sólidos em suspensão.

Em relação ao extrato de semente de moringa, observou-se maior eficiência na remoção de SS quando foi utilizada a dose de 10 mL L⁻¹, estando o pH da suspensão na faixa de 4 a 5, obtendo-se eficiências de remoção de turbidez acima de 90%, discordando de REMI TRIER (1995), que afirmou não ter o pH influência na atuação do extrato de semente de moringa como coagulante. Os resultados obtidos também indicaram que as doses mais adequadas do extrato de sementes de moringa não foram as maiores, o que torna desnecessária a maceração de grandes quantidades de semente para obter a clarificação da ARDC.

Baseando-se nas informações apresentadas por AL AZHARIA JAHN (1986), de que a moringa pode produzir, em média, 17.500 sementes por planta, por ano, e, como no preparo do extrato é necessária a maceração de uma semente por litro de ARDC, pode-se estimar que seja necessário disponibilizar a produção de sementes de uma árvore por dia para o tratamento da ARDC para unidades de processamento de pequeno porte e de cerca de 3-5 árvores para as de grande porte. Como a produção e a conseqüente geração de águas residuárias do processamento de frutos do cafeeiro estão concentrados em período em torno de três meses, pode-se estimar a necessidade de disponibilização de pequena área agrícola para o cultivo da Moringa, de forma a se fornecer quantidade suficiente de sementes para tratamento da ARDC gerada.

Os resultados obtidos com a utilização do extrato de sementes de moringa como coagulante para o tratamento da ARDC foram bastante promissores, e essa suspensão pode ser importante alternativa aos sais comerciais utilizados no tratamento da água.

CONCLUSÕES

A concentração dos coagulantes sulfato de alumínio e cloreto férrico que proporcionou maior remoção de sólidos suspensos da água residuária da despulpa de frutos do cafeeiro (ARDC) dentre as avaliadas foi a de $3,0 \text{ g L}^{-1}$, para faixa de pH de 7,0 a 8,0 e, no caso do sulfato ferroso clorado, concentração de $2,0$ a $3,0 \text{ g L}^{-1}$ e pH na faixa de 4,0 a 5,0.

O extrato de semente de moringa apresentou maior remoção de sólidos suspensos da ARDC na faixa de pH de 4,0 a 5,0 e dose de 10 mL L^{-1} .

O extrato de sementes de moringa mostrou grande potencial de utilização como coagulante natural e alternativo para tratamento da ARDC.

REFERÊNCIAS

- AL AZHARIA JAHN, S. *Proper use of African natural coagulants for rural water supplies: research in the Sudan and guide for new projects*. Eschborn: GTZ, 1986. 541 p.
- AL-MALACK, M.H.; ABUZAIID, N.S; EL-MUBARAK, A.H. Coagulation of polymeric wastewater discharged by a chemical factory. *Water Research*, Londres, v.33, n.2, p.521-9, 1999.
- APHA. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 20. ed. Washington, 1998. s.n.p.
- COSTA, E.R.H. Melhoria da qualidade da água tratada e aumento da capacidade de ETAS através da escolha adequada de coagulantes e auxiliares, em águas com alcalinidade alta. In: CONGRESSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., 2003, Joinville. *Anais...* Joinville: ABES, 2003. 1 CD-ROM.
- DELGADO, E.A.; BAROIS, I. Lombricompostaje de la pulpa de café em México. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE BIOTECNOLOGIA NA AGROINDÚSTRIA CAFEEIRA, 3., 1999, Londrina. *Anais...* Londrina: UFPR, 1999. p.335-43.
- DEMPSEY, B.A.; GANHO, R.M.; O'MELIA, C.R. The coagulation of humic substance by means of aluminum salts. *Journal American Water Works Association*, Denver, p.64-77, Jan., 1995.
- JACANGELO, J.G.; De MARCO, J.; OWEN, D.M.; RANDTKE, S.J. Select processes for removing NOM: an overview. *Journal American Water Works Association*, Denver, p.141-50, April, 1984.
- MATOS, A.T. Tratamento e destinação final dos resíduos gerados no beneficiamento do fruto do cafeeiro. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). *Produção integrada de café*. Viçosa: UFV/DFP, 2003. p.647-704.
- MATOS, A.T.; CABANELLAS, C.G.; SILVA, J.S.; MACHADO, M.C. Qualidade de bebida de grãos de café processados com água sob recirculação e tratamento físico-químico. *Engenharia na Agricultura*, Viçosa - MG, v.14, n.3, p.141-7, 2006.
- NDABIGENGESERE, A.; NARASIAH, K.S.; TALBOLT, B.G. Active agents and mechanism of coagulation of turbid waters using *Moringa oleifera*. *Water Research*, Londres, v.29, n.2, p.703-10, 1994.
- PAVANELLI, G. *Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada*. 2001. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

- REMI THIER. *Uso da semente do gênero Moringa: uma proposta alternativa para a clarificação das águas brutas no nordeste*. Recife, 1995. s.n.p.
- RIGUEIRA, R.J.A. *Avaliação da qualidade do café processado por via úmida, durante as operações de secagem e armazenagem*. 2004. 88 f. Tese (Doutorado em Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas) - Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2005.
- SANTOS, H.R. *Aplicação de coagulantes no afluente de reator anaeróbio de leite expandido alimentado com esgoto doméstico*. 2001. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.
- SEMMENS, M.J.; FIELD, T.K. Coagulation: experiences in organic removal. *Journal American Water Works Association*, Denver, p.476-83, August, 1980.
- SILVA, F.J.A.; SILVEIRA NETO, J.W.; MOTA, F.S.B.; SANTOS, G.P. Descolorização de efluente da indústria têxtil utilizando coagulante natural (*Moringa oleifera* e quitosana). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21., 2001, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: ABES, 2001. 1 CD-ROM.
- VIANNA, M.R. *Hidráulica aplicada às estações de tratamento de água*. Belo Horizonte: Imprimatur, 2002. 576 p.
- VIEIRA, A.F.T. Estudo de viabilidade técnica e econômica da utilização do sulfato ferroso em tratamento de águas de abastecimento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20., 1999. Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: ABES, 1999. p.1.408-18.