

CAPACIDADE DA LAGOA DE ESTABILIZAÇÃO, INTEGRANTE DE UM SISTEMA PILOTO, NA REMOÇÃO DA CARGA ORGÂNICA DA ÁGUA RESIDUÁRIA DO PROCESSAMENTO DO CAFÉ POR VIA ÚMIDA

Capability of a stabilization pond, part of a pilot system, of removing the organic load of wet coffee processing wastewater

Júlia Ferreira da Silva¹, Cláudio Milton Montenegro Campos²

RESUMO

O processamento do café por via úmida, além de aumentar a eficiência para se obter cafés de melhor qualidade, diminui consideravelmente os custos de secagem e ainda, reduz o espaço ocupado no terreiro. Porém, esse tipo de processamento gera grandes quantidades de águas residuárias, que devem sofrer algum tipo de tratamento antes de serem lançadas em corpos hídricos. Nesta pesquisa, objetivou-se monitorar a Lagoa de Estabilização integrante desse sistema, avaliar a sua eficiência na remoção da carga orgânica afluente e desenvolver um modelo de ajuste para descrever a autodepuração ocorrida. Para esta pesquisa, foram considerados 300,200 litros de frutos do cafeeiro, da espécie *Coffea arabica* L., processados, por via úmida. A carga média diária foi de 136 kgDQO d⁻¹, encaminhada para um sistema piloto de tratamento de água residuária do processamento do café. O monitoramento foi realizado por meio de análises químicas e físico-químicas e o modelo de ajuste foi desenvolvido a partir do cálculo do balanço hídrico, das equações de estimativa teórica de remoção de DQO e das análises de DQO realizadas. O efluente da lagoa de estabilização apresentou concentração inicial de DQO de 7,100 mg L⁻¹ e final de 100 mg L⁻¹. Ficou constatado que a lagoa foi a unidade de tratamento que reduziu em cerca de 80% a concentração de matéria orgânica afluente. O modelo de ajuste desenvolvido apresentou coeficiente de ajuste satisfatório ($r^2 = 0,8015$).

Termos para indexação: Modelo matemático, tratamento de efluente, pós-colheita do café, lagoa de estabilização.

ABSTRACT

Wet coffee processing, besides its efficiency in getting better coffee quality, also minimizes considerably drying costs, and moreover reduces the space due to the ground-flour spreading seeds. However, this type of processing produces large quantities of wastewater, which must be treated before being discharged into the sewage system. The main objective of this research was to monitor the stabilization pond, as part of a pilot system, and therefore, to evaluate its efficiency concerning the organic loading removal and also to develop a model that can describe the auto-purification. In this research it was used 300.200 liters of coffee fruits, *Coffea arabica* L., specie, in the wet processing. The organic loading rate applied was 136 kgCOD d⁻¹. The performance of this unit was monitored through chemical and physical-chemical analysis, and the mathematical modeling was developed based on the hydric balance, on the theoretical COD estimation and on the actual analysis of COD realized. The stabilization pond effluent presented averages of initial and final COD concentration of 7.100 mg L⁻¹ and 100 mg L⁻¹, respectively. It was found that the stabilization pond was responsible for removing 80% of the total organic matter present in the affluent. The adjusted model developed showed a satisfactory regression coefficient ($r^2 = 0,8015$).

Index terms: Mathematical model, effluent treatment, coffee post-harvest, stabilization pond.

(Recebido em 13 de abril de 2007 e aprovado em 28 de julho de 2009)

INTRODUÇÃO

A obtenção de cafés de boa qualidade está diretamente vinculada aos processos de pós-colheita, capacitando agregar alto valor na melhoria da qualidade. A forma predominante de preparo correspondente a 95%, em média, da safra, se dá por via seca, já, o café descascado e despulpado/desmucilado, além de conferir melhor qualidade ao produto, requer menor área e um terço do tempo convencional para secagem (Campos et al., 2002). De acordo com Toledo Filho et al. (2002), tem sido crescente

o uso do preparo via úmida, uma vez que traz como vantagem a economia de até 60% em espaço de terreiro, tulha, secador e silos, para o autor, o monitoramento adequado da lavagem, desmucilagem, secagem e armazenamento do produto fazem parte do processo de melhoramento da bebida.

O processamento via úmida, pode reduzir o custo de secagem dos grãos e imprimir melhor qualidade à bebida, porém, gera grandes volumes de águas residuárias, que são ricas em matéria orgânica e possuem alto poder

¹Universidade Federal de Lavras/UFLA – Departamento de Engenharia/DEG – Lavras, MG

²Universidade Federal de Lavras/UFLA – Departamento de Engenharia/DEG – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – cmmcampos@deg.ufla.br

poluente que, se lançados no ambiente sem nenhum tratamento, podem causar degradação ambiental.

A carga orgânica gerada no processamento pós-colheita do café produzido por via úmida, pode atingir valores acima de 20.000 mgDBO₅ L⁻¹, muito acima da carga gerada pelo esgoto doméstico, que é da ordem de 300 mgDBO₅ L⁻¹ (Matos, 2003).

As águas residuárias originadas do processamento do café (ARC) podem ser tratadas por processos de digestão anaeróbia, cada vez mais utilizados, servindo-se da alta eficiência na remoção de matéria orgânica e de macronutrientes, como o nitrogênio e o fósforo e, ainda, pelo seu baixo custo. Esse sistema produz baixa quantidade de lodo e, ainda, energia, com a produção de biogás, composto, principalmente, por metano e dióxido de carbono (Silva et al., 2010).

Nos processos biológicos, a remoção da matéria orgânica se dá pela atividade de microrganismos, que, ao utilizarem esta matéria como fonte de alimento, contribuem para sua redução. A autodepuração ocorre nos sistemas de tratamento biológicos, como nos cursos d'água, porém, em taxas mais elevadas. Esse tipo de tratamento é uma forma de reproduzir os processos naturais após o lançamento do efluente num corpo receptor (Campos, 2000).

Pode-se também utilizar sistemas de tratamento compostos de um tanque de acidificação e equalização (TAE), um reator UASB e uma lagoa aerada facultativa (LAF). Nesse sistema, ocorre a acidificação no TAE, a metanificação no reator UASB e o polimento por aerobiose na LAF. O sistema TAE-UASB-LAF, que tem sido muito utilizado no tratamento de águas residuárias agroindustriais, em escala laboratorial e piloto, demonstra ter resultados promissores no tratamento das ARC (Prado & Campos, 2008).

Campos et al. (2005), com o objetivo de analisar os parâmetros cinéticos bacteriológicos, relacionados ao desempenho de um reator anaeróbio de manta de lodo (UASB), utilizou, no Laboratório de Análise de Água do Departamento de Engenharia (LAADeg/UFLA), um sistema de bancada para tratamento das ARC, composto de tanque de acidificação e equalização (TAE), reator UASB e lagoa aerada facultativa (LAF). Os resultados foram promissores, demonstrando que, a metodologia mais adequada ao desenvolvimento de projetos e escalonamentos das unidades de tratamento, deveria ter por base os modelos cinéticos. O TAE, como unidade antecessora ao tratamento, se mostrou essencial ao bom desempenho do sistema.

Prado et al. (2010), dando continuidade ao trabalho anterior, utilizou um sistema em escala laboratorial para o

tratamento das ARC, tendo observado, também, que a utilização de uma unidade anterior à unidade anaeróbia, era capaz de equalizar as vazões e permitir a acidificação do afluente, proporcionando uma operação com faixas de vazão e cargas mais uniformes. Observou, ainda, que a diminuição da eficiência na remoção da DQO e DBO₅ na referida unidade, se relacionava ao aumento na concentração no efluente da unidade anaeróbia. O mesmo autor observou, ainda, que na lagoa aerada facultativa, utilizada para polimento do efluente tratado por anaerobiose, ocorreu aumento na eficiência de remoção da DBO₅ e a diminuição na de DQO, demonstrando que, após a ARC ter sofrido tratamento anaeróbio, a relação DQO/DBO₅ tornou-se maior, fazendo com que a proporção da fração não biodegradável preponderasse em relação à biodegradável. Os tanques TAE, descritos nos experimentos anteriores, equivalem à lagoa de estabilização no atual experimento.

As lagoas de estabilização constituem-se na forma mais simples para o tratamento de efluentes, com diferentes níveis de simplicidade operacional e requisitos de área. As vantagens dessas lagoas em relação a outros tipos de tratamento têm sido destacadas como alta remoção da carga orgânica, redução de coliformes fecais e custos de investimento e manutenção mínimos. A principal desvantagem é atribuída à necessidade de grandes áreas planas para sua construção. Para as condições brasileiras, as lagoas de estabilização são bastante indicadas, em razão dos aspectos: disponibilidade de área, clima favorável, fácil operação e manutenção, e necessidade de pouco ou nenhum equipamento (Sperling, 1996b).

As lagoas anaeróbias são, normalmente, empregadas para estabilização de altas cargas orgânicas aplicadas e atuam como tratamento primário em uma série de lagoas, ou em um sistema com pós-tratamento. Sua função principal é a degradação da matéria orgânica, envolvendo a participação das bactérias facultativas e das estritamente anaeróbias (Sperling, 1996b).

Conduziu-se esta pesquisa, com o objetivo de monitorar a Lagoa de Estabilização integrante do sistema piloto de tratamento das águas residuárias do café (ARC), avaliar a sua eficiência na remoção da carga orgânica afluente e desenvolver um modelo de ajuste para descrever a autodepuração ocorrida.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização do efluente

Foram processados no Centro de Ensino, Pesquisa e Extensão do Agronegócio do Café, instalado no

Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (CEPECAFÉ/UFLA), por via úmida, 300.200 litros de frutos do cafeeiro da espécie *Coffea arabica* L., sendo que 160.200 litros foram apenas lavados, 20.000 litros foram lavados e descascados e 120.000 passaram por todo o processo, sendo lavados, descascados e desmucilados. Todo o efluente desse processo ia diretamente, por meio de canalizações, para a Estação Piloto de Tratamento.

Caracterização do sistema

A Estação piloto de tratamento das ARC está localizada no Centro de Processamento do Café do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras. A cidade de Lavras, estado de Minas Gerais, apresenta coordenadas geográficas de 21°14' de latitude S e 45°00' de longitude W, altitude de 920 metros, clima temperado com verões quentes e úmidos e invernos secos e frios, tipo Cwa, segundo classificação de Koppen. O sistema recebia todo o efluente do processamento do café. Era constituído por tratamento preliminar, tratamento primário e tratamento biológico, com grades, caixa de retenção de areia, uma lagoa de estabilização, dois reatores UASB concêntricos trabalhando em série, filtros de H₂S, medidores de gás, um reator anaeróbio híbrido (RAH), dois reatores aeróbios operando em batelada, um leito de secagem, seis reservatórios de efluentes, registradores de temperatura localizados na lagoa, em um reator UASB e em um reator batelada e, ainda, sistema de bombeamento constituído por seis bombas. O sistema era controlado por automatização, por bóias e válvulas solenóides, por meio de um controle lógico programável (CLP), que usava um ciclo de controle periódico (serial).

A lagoa de estabilização possuía volume útil de 878 m³, sendo revestida com geomembrana de PVC flexível (vinimanta).

As análises de DBO e DQO seguiram as metodologias propostas pelo Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (American Public Health Association – APHA, 1998).

Para o monitoramento da lagoa de estabilização, tanto a diluição como a depuração biológica, foram estimadas baseando-se em dados climatológicos, levando-se em consideração o balanço hídrico (Pereira et al., 1997), por meio dos dados da Estação Climatológica da UFLA. Foram coletados diariamente, dados de temperatura, umidade relativa, precipitação, insolação, velocidade do vento e evaporação do tanque classe A, durante todo o período experimental. Todos os demais dados que subsidiaram o modelo foram baseados nas concentrações obtidas em análises laboratoriais. A carga

de DQO afluente da lagoa foi estimada em função de levantamentos pré-realizados da carga de DQO de cada equipamento utilizado no processamento dos frutos do cafeeiro. Partindo-se da carga de DQO afluente à lagoa, obtido por meio de análise laboratorial, e considerando o regime de fluxo disperso, empregou-se o coeficiente de remoção (K), número de dispersão (d) e a taxa de aplicação superficial (Ls) para se estimar a carga de DQO, anterior ao período da pesquisa.

Para a determinação das curvas que descrevem a remoção de DQO foram utilizadas equações relacionadas a seguir, trocando-se os dados das análises de DBO₅ por dados de DQO.

1. Carga

$$L_o = Q \times C \quad (1)$$

em que:

L_o = carga de DQO (kg d⁻¹)

Q = vazão do afluente na lagoa (m³ h⁻¹)

C = concentração de DQO do afluente (kg m⁻³)

2. Taxa de aplicação superficial (Mara, 1995, citado por Sperling, 1996a)

$$L_s = 350x(1,107 - 0,002xT)^{(T-25)} \quad (2)$$

em que:

L_s = taxa de aplicação superficial (kgDBO₅ ha⁻¹ d⁻¹)

T = temperatura média do líquido no mês mais frio (°C)

3. Coeficiente de remoção de DBO (K) (Vidal, 1983, citado por Sperling, 1996a)

$$K = 0,091 + 2,05x10^{-4} \times L_s \quad (3)$$

em que:

K = coeficiente de remoção de DBO₅

L_s = taxa de aplicação superficial (kgDBO₅ ha⁻¹ d⁻¹)

4. Coeficiente corrigido de remoção de DBO

$$K_t = Kx\theta^{(T-20)} \quad (4)$$

em que:

K_t = coeficiente corrigido de remoção de DBO

K = coeficiente de remoção de DBO

θ = coeficiente de temperatura (1,085)

T = temperatura média do líquido no mês mais frio (16,5° C)

5. Número de dispersão (d) (Agunwamba et al., 1992, citados por Sperling, 1996a)

$$d = 0,102 \left(\frac{3.(B + 2.H).t.v}{4.L.B.H} \right)^{-0,410} \left(\frac{H}{L} \right) \left(\frac{H}{B} \right)^{-(0,981+1,385.H/B)} \quad (5)$$

em que:

d = número de dispersão

B = largura da lagoa (m)

H = profundidade da lagoa (m)

L = comprimento da lagoa (m)

T = tempo de detenção hidráulica (dia)

v = viscosidade cinemática da água em função da temperatura (m² d⁻¹)

6. Concentração final do efluente

$$S = S_0 \frac{4ae^{1/2d}}{(1+a)^2 \cdot e^{a/2d} - (1-a)^2 \cdot e^{-a/2d}} \quad (6)$$

$$a = \sqrt{1 + 4k_t \cdot t \cdot d} \quad (7)$$

em que:

S₀ = concentração de DBO total afluente (mg L⁻¹)

S = concentração de DBO solúvel efluente (mg L⁻¹)

d = número de dispersão

K = coeficiente de remoção de DBO (d⁻¹)

Os dados da DQO teórica foram baseados na carga afluente da lagoa e nos dados climatológicos, obtidos por cálculo do balanço hídrico. A curva obtida do modelo de ajuste foi feita a partir dos resultados das análises de DQO durante o monitoramento, ajustando os dados teóricos aos dados analisados.

7. Evaporação da lagoa (Pereira et al., 1997)

$$E_L = ECA \cdot k_p \quad (8)$$

em que:

E_L = evaporação da lagoa (mm)

ECA = evaporação do tanque classe A

k_p = coeficiente de tanque (fator de correção)

8. Balanço hídrico da lagoa

$$\Delta H = P_p - E_L \quad (9)$$

em que:

ΔH = balanço hídrico da lagoa (mm)

P_p = precipitação média diária (mm d⁻¹)

E_L = evaporação da lagoa (mm)

9. Coeficiente de tanque calculado (Snyder, 1992, citado por Pereira et al., 1997)

$$K_p = 0,482 + 0,024.Ln(F) - 0,000376.U + 0,0045.UR \quad (10)$$

em que:

F = distância (tamanho da área de bordadura -1,0 m)

U = velocidade do vento (km d⁻¹)

UR = umidade relativa média do dia (%)

10. Cálculo da DQO estimada (teórica)

$$DQO_{TEÓRICA} = \frac{(Lo)}{(V + (V + (P - E_L)))} \cdot 1000 + DQO_a \quad (11)$$

em que:

Lo = carga de DQO (kg d⁻¹)

V = volume da lagoa (m³)

P = precipitação (m³)

E_L = evaporação da lagoa (m³)

DQO_a = DQO anterior

Com os dados da DQO, estimada por meio do balanço hídrico, e os resultados da DQO obtidos por meio das análises laboratoriais, empregou-se o *software NLREG*, versão 4.1, capaz de descrever um modelo matemático de regressão não linear predizendo a taxa de remoção de matéria orgânica, de acordo com a Equação 12.

$$y = a \left(e^{(-b \cdot x)} - e^{(-c \cdot x)} \right) \quad (12)$$

em que:

a = 9531; b = 0,01992; c = 0,50

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A lagoa de estabilização foi de fundamental importância na autodepuração do efluente tratado, contribuindo para a diluição das ARC lançadas na safra de 2006. Como o efluente recebido foi misturado com a água tratada proveniente da safra anterior, auxiliada pelas condições climáticas como precipitação e evaporação, e presença de algas e outros microrganismos no líquido remanescente, houve forte redução na carga orgânica em razão da diluição ocorrida. Miwa et al. (2007), também

trabalharam com baixa carga orgânica, em razão de problemas de infiltração na rede coletora de esgoto, e o sistema de tratamento de lagoas de estabilização, estudado pelos autores, recebeu uma carga orgânica cerca de 66,0% inferior à carga original de projeto (5.177,2 kgDBO₅ d⁻¹), sendo que, essa baixa carga orgânica implicou em semelhança de funcionamento entre as lagoas anaeróbia e facultativa.

Foram gerados, durante o processamento, 6.261 kg de matéria orgânica e a carga média diária, lançada na lagoa, foi de 136 kgDQO d⁻¹. A concentração da DQO inicial, do efluente da lagoa, no início da colheita e antes do início do experimento, foi de 7.121 mg L⁻¹. No início do monitoramento do sistema, o dado inicial obtido de DQO foi de 1.303 mg L⁻¹ e de DBO₅ de 900 mg L⁻¹. Já, no final do monitoramento, as análises apresentavam-se com valores estáveis para todo o sistema, evidenciando que o mesmo entrara em equilíbrio, a DBO final medida foi de 9 mg L⁻¹ e a DQO de 118 mg L⁻¹, devido à baixa carga recebida e também ao efeito da recirculação do efluente (Figura 1).

De acordo com Sperling (1996b), a DQO, em um efluente, é geralmente mais alta que a DBO₅, em virtude de maior facilidade com que grande número de compostos pode ser oxidado por via química do que por via biológica. Correlacionar a DQO de um efluente com a DBO₅ é considerado vantajoso, visto que a DQO pode ser determinada com cerca de duas horas, enquanto a determinação da DBO₅ leva 5 dias. A relação DQO/DBO₅ apresentada para a lagoa de estabilização foi de 1,45 no início do monitoramento e de 13,11 para as últimas análises realizadas. Essa relação DQO/DBO₅ foi verificada também nas outras unidades do sistema, ou seja, nos reatores UASB e no reator anaeróbio híbrido.

As análises de DQO e de DBO₅ são consideradas como chaves para a interpretação inicial e o direcionamento na escolha dos possíveis tratamentos a serem utilizados. A relação DBO₅/DQO pode ser considerada como indicativo da degradabilidade dos despejos; valores altos indicam que a fração biodegradável é elevada e valores baixos indicam que a fração inerte é elevada (Braile & Cavalcanti, 1993). Para a lagoa de estabilização, a relação DBO₅/DQO foi de 0,69, o que, de acordo com Metcalf & Eddy (2003) pode ser considerado esgoto facilmente biodegradável e, sendo o valor final de 0,08, os mesmos autores consideram que pode existir no esgoto algum componente tóxico ou compostos refratários de baixa degradabilidade, o que pode ser facilmente explicado pela autodepuração ocorrida na lagoa e recirculação do efluente. No início do monitoramento, o efluente podia ser considerado biodegradável, justificando, assim, o uso do pós-tratamento em reatores de alta carga, com maior capacidade para remoção

de matéria orgânica. No final, a relação DBO₅/DQO mostrou haver grande quantidade de matéria orgânica não atacável biologicamente e que o tratamento biológico se tornara pouco eficaz, com a necessidade do uso de tratamentos posteriores, físicos ou químicos.

Para a avaliação da capacidade da lagoa de estabilização em remover carga orgânica, foram descritas três curvas de concentração de DQO do efluente, representadas na Figura 1.

Para a DQO estimada, foram encontrados os seguintes valores para os parâmetros calculados, considerando os meses de junho, julho e agosto: concentração inicial de DQO (S₀) 20.567; 12.130 e 9.721 mg L⁻¹; carga afluente de DQO (L₀) 206,93; 8,38 e 8,44 kgDQO d⁻¹; taxa de aplicação superficial (L_s) 190,78; 204,32 e 241,89 kgDQO ha⁻¹ d⁻¹; taxa de aplicação volumétrica (L_v) 0,3 kgDQO m⁻³ d⁻¹, valor adotado para os três meses. Os coeficientes de remoção de DQO (K) para as três etapas foram 0,1311; 0,13289 e 0,14059 d⁻¹; os coeficientes corrigidos de remoção de DQO (K_t) foram 0,09779; 0,10662 e 0,13387 d⁻¹; os coeficientes de dispersão (d) foram 0,34197; 0,34497 e 0,38668 (adimensional). Os valores da concentração de DQO efluente (S) foram 2.869,62; 1.491,39 e 1.240,09 mg L⁻¹ e a eficiência na remoção (E) de 86,05; 87,7 e 87,2%, respectivamente. Por meio desses parâmetros são projetadas as lagoas de estabilização, e esses parâmetros de projeto, podem ser utilizados para a estimativa da concentração de DQO, no período anterior ao início do monitoramento. A partir dessa etapa, trabalhou-se com a obtenção de dados reais, medindo-se a concentração de DQO por meio de análises laboratoriais.

Verificou-se que, os valores da DQO teórica do efluente da lagoa de estabilização, aumentaram à medida que foram lançados efluentes concentrados do processamento dos frutos do cafeeiro e estabilizou-se em torno de 7000 mg L⁻¹. Durante o monitoramento obteve-se, na primeira análise, DQO inicial de 1.303 mg L⁻¹ e, ao final, a concentração de DQO já se encontrava estabilizada, em torno de 100 mg L⁻¹, bem abaixo do valor teórico estabilizado, evidenciando o efeito da mistura da remoção de matéria orgânica, ou seja, só foi possível chegar a esse valor de 100 mg L⁻¹, em razão da autodepuração ocorrida. Para o modelo matemático de regressão não linear usado, predizendo a taxa de remoção de matéria orgânica, foi encontrado um coeficiente de ajuste de determinação múltipla (r²) = 0,8015 (80,15%), demonstrando que os valores ajustados foram compatíveis com os valores analisados, a partir de cerca de 70 dias de monitoramento do sistema, conforme pode ser visto na Figura 1.

O modelo de ajuste mostra o que deveria acontecer durante o monitoramento se, durante a safra, fossem lançados na lagoa o efluente esperado, o que não aconteceu. A DQO estimada, pelos parâmetros de projeto, ficou próxima da DQO real, obtida por meio de análises laboratoriais, e a DQO teórica, não considera

os efeitos da autodepuração, visto que à medida que são lançados efluentes os valores sobem, porém, quando atingem um patamar de cerca de 7000 mg DQO L⁻¹, se estabiliza, mostrando o que aconteceria se não houvesse a depuração natural, como nos cursos d'água (Figura 2).

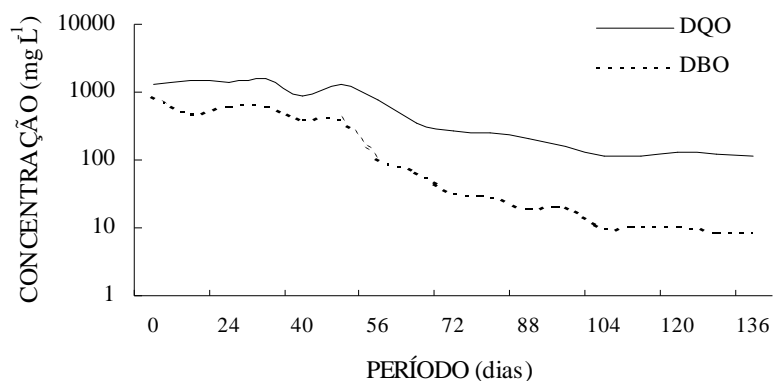


Figura 1 – Comportamento da DQO e da DBO₅ no efluente da Lagoa de Estabilização, durante o monitoramento do sistema piloto de tratamento das águas residuária do café (ARC).

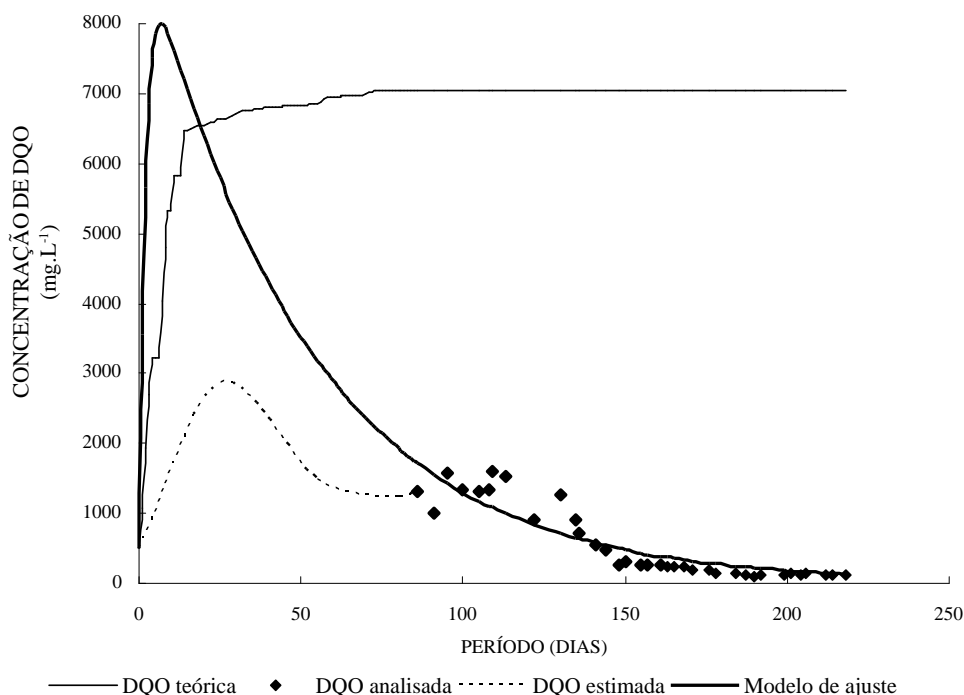


Figura 2 – Concentração de DQO no efluente da lagoa de estabilização. DQO teórica (sem considerar a autodepuração da lagoa de estabilização); DQO analisada (considerando-se a autodepuração ocorrida na lagoa de estabilização); DQO estimada (considerando-se a remoção da matéria orgânica) e, modelo de ajuste (desenvolvimento de um modelo de ajuste que descreve a remoção da carga orgânica por meio de dados teóricos).

CONCLUSÕES

O modelo de ajuste de DQO desenvolvido descreveu, de maneira adequada, a partir do 70º dia de monitoramento por meio do balanço hídrico e da capacidade da lagoa na remoção da carga orgânica. Os parâmetros considerados para o desenvolvimento do modelo se mostraram apropriados, uma vez que a análise de regressão mostrou um coeficiente de ajuste elevado, $r^2 = 0,8015$.

O resultado obtido, demonstrando o uso de lagoas de estabilização, mostra que, esta unidade, foi a que mais contribuiu na remoção da matéria orgânica do sistema, baixando consideravelmente a carga orgânica para as demais unidades de tratamento implantado, o que pode ser considerado boa indicação, para quem se dispuser a utilizar apenas essa etapa no tratamento da ARC.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPEMIG pelo apoio financeiro das instalações e equipamentos do Sistema Piloto de Tratamento, por meio do Projeto TEC 1550/03 e ao Laboratório de Análises de Água do Departamento de Engenharia (LAADEG/UFLA) pela execução das análises.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20. ed. New York, 1998. 1134p.
- BRAILE, P.M.; CAVALCANTI, E.W.A. **Manual de tratamento de águas residuárias industriais**. São Paulo: CETESB, 1993. 746p.
- CAMPOS, C.M.M. **Qualidade da água para irrigação**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000. v.2, 113p.
- CAMPOS, C.M.M.; CARMO, A.C.; LUIZ, F.A.R. Impacto ambiental causado pela poluição hídrica proveniente do processamento úmido do café. **Revista de Cafeicultura**, Piracicaba, p.28-30, 2002.
- CAMPOS, C.M.M.; SALEH, B.B.; CARMO, F.R. Determination of kinetic parameters of a lab-scale upflow anaerobic sludge blanket reactor (UASB) removing organic loading from swine manure effluents. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.5, p.1045-1051, 2005.
- MATOS, A.T. Tratamento e destinação final dos resíduos gerados no beneficiamento do fruto do cafeeiro. In: ZAMBOLIM, L. **Produção integrada de café**. Viçosa, MG: UFV, 2003. p.647-708.
- MIWA, A.C.P.; FREIRE, R.H.F.; CALIJURI, M.C. Dinâmica de nitrogênio em lagoas de estabilização no Vale do Ribeira **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.169, n.12, p.169-180, abr./jun. 2007.
- PEREIRA, A.R.; VILLA-NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G.C. **Evapor(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.
- PRADO, M.A.C.; CAMPOS, C.M.M. Produção de biogás no tratamento dos efluentes líquidos do processamento de *Coffea arabica* L. em reator anaeróbico UASB para o potencial aproveitamento na secagem do café. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.3, p.938-947, maio/jun. 2008.
- PRADO, M.A.C.; CAMPOS, C.M.M.; SILVA, J.F. Estudo da variação da concentração de metano no biogás produzido a partir das águas residuárias do café. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.34, n.2, p.475-484, 2010.
- SILVA, V.G.; CAMPOS, C.M.M.; SILVA, J.F.; ALMEIDA, P.H.; MARTINS, M.A. Monitoramento de parâmetros físicos, químicos e biológicos em um reator anaeróbio híbrido (RAH) em escala piloto, tratando água residuária do café produzido por via úmida. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.34, n.1, p.204-211, jan./fev. 2010.
- SPERLING, M. von. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**: princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Belo Horizonte: UFMG, 1996a. 134p.
- SPERLING, M. von. **Lagoas de estabilização**: princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Belo Horizonte: UFMG, 1996b. 246p.
- TOLEDO FILHO, J.A.; THOMAZIELLO, R.A.; OLIVEIRA, E.G.; COSTA, T.E. **Preparo pós-colheita do café**. 5.ed. atual. Campinas: CATI, 2002. 103p. (Boletim técnico, 193).