



II-368 - SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES SANITÁRIOS PARA CANTEIROS DE OBRAS EM LOCAIS DE DIFÍCIL ACESSO

Humberto Coelho de Melo⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Pós-graduando em Licenciamento Ambiental em Mineração e Grandes Empreendimentos pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-MG).

André Pereira Rosa

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Pós-graduando em Licenciamento Ambiental em Mineração e Grandes Empreendimentos pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-MG).

Endereço⁽¹⁾: Rua Leopoldina, 72 / 302 – Santo Antônio – Belo Horizonte - MG - CEP: 30.330-230 - Brasil. - Tel: (31) 9932-0161 - e-mail hcdmelo@gmail.com..

RESUMO

A peculiaridade de obras executadas em locais de difícil acesso, desprovidos de esgotamento sanitário, exige o tratamento dos efluentes de forma adequada, atendendo às legislações e regulamentações federais, estaduais e municipais com o objetivo de mitigar os impactos diretos e indiretos causados pelos empreendimentos. Este trabalho visa discutir e apresentar a solução mais adequada para tal, levando em consideração aspectos técnicos e econômicos das alternativas consideradas (UASB + Filtro biológico de alta taxa, Fossa séptica + Filtro anaeróbio e Banheiros químicos). A avaliação teve como base os dados levantados na revisão da literatura.

Através da análise realizada no presente estudo propõe-se a utilização de reator UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) seguido por filtro biológico de alta taxa, pois este apresenta em relação ao sistema Fossa séptica + Filtro anaeróbio, maior eficiência, menor volume requerido, baixo custo de implantação, possibilidade de reaproveitamento, mobilidade e menor risco de danos ambientais durante a operação e após a desativação. Em relação ao sistema de Banheiros químicos, o UASB seguido de filtro biológico de alta taxa é mais eficiente, tem menor custo de operação, apresenta menor risco de danos ambientais durante a operação e após a desativação, além de não haver a possibilidade de utilização de chuveiros em banheiros químicos, exigência regulamentada através da NR 18.

PALAVRAS-CHAVE: tratamento, efluente sanitário, canteiros de obras, local de difícil acesso, rural.

INTRODUÇÃO

O crescimento da população mundial é responsável pelo aumento nos níveis de consumo, por conseguinte da necessidade de desenvolvimento e intensificação da produção de bens e serviços. Isto traz a necessidade de obras de infra-estrutura para possibilitar o escoamento da produção de matérias-primas para tal fim. Como produtos desse processo de crescimento podemos considerar a geração de resíduos sólidos e de efluentes líquidos e a necessidade de abastecimento de água para diversos usos nos locais de execução das obras.

Para minimizar o impacto de lançamento de efluentes sanitários em cursos de água deve-se adotar uma tecnologia de tratamento de esgotos que atenda aos padrões estabelecidos para lançamento e qualidade da água, utilizando-se das tecnologias eficientes, disponíveis e viáveis quanto a sua instalação e operação.

O lançamento de efluentes sanitários e industriais em cursos de água sem atender aos padrões requeridos para a atividade a qual esta é destinada pode causar prejuízos em diversas atividades econômicas e sociais.

Diante da ausência, total ou parcial, de serviços públicos de esgotamento sanitário nas áreas urbanas, suburbanas e rurais há a necessidade de implantação de algum meio de coleta, tratamento e disposição dos esgotos locais com o objetivo principal de evitar a contaminação do solo e da água (Jordão e Pessoa, 2005).

Para um cenário de canteiros de obras faz-se necessário priorizar sistemas de tratamento de esgotos que possuam baixo custo de implantação e operação, facilidade operacional e baixo nível de mecanização. A



geração de esgoto doméstico nestas unidades é dada, em especial, nas unidades de apoio administrativo, tais como: escritório, alojamento de operários, cozinha e refeitório.

Torna-se objetivo deste trabalho a comparação de três alternativas de tratamento de efluentes gerados em canteiros de obras em locais de difícil acesso, onde o esgotamento sanitário possui grandes limitações, assim como o destaque de um destes sistemas como sendo o mais viável dentro de condições pré-estabelecidas. Os sistemas a serem avaliados são a combinação tanque séptico + filtro anaeróbio como uma tecnologia já consolidada e amplamente aplicada em locais de saneamento rural, os reatores UASB + Filtro biológico de alta taxa, como uma nova tecnologia de tratamento do esgoto doméstico e os banheiros químicos como outra vertente de solução.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

METODOLOGIA

Após uma pré-seleção, na qual foram consideradas alternativas que fazem uso de processos biológicos e solução química para o posterior lançamento em solos ou corpos de água doce, que requerem pequenas áreas, baixo custo de implantação e operação ou que sejam amplamente utilizadas, optou-se pelos seguintes sistemas de tratamento de efluentes sanitários para os canteiros de obras: (i) Reator UASB seguido de Filtro biológico de alta taxa; (ii) Tanque séptico + Filtro anaeróbio; (iii) Banheiro químico.

A avaliação das alternativas tem como base alguns parâmetros intimamente relacionados com a eficiência de tratamento, aspectos construtivos e operacionais desses sistemas. Após uma ampla revisão de literatura, foi obtida uma lista de variáveis utilizadas na tomada de decisão sobre a melhor alternativa para canteiros de obra com limitações na coleta e tratamento de esgoto doméstico, sendo elas: (i) Atendimento aos padrões estabelecidos na legislação; (ii) Custo para implantação; (iii) Custo para operação; (iv) Área requerida; (v) Possibilidade de reaproveitamento; (vi) Facilidade de transporte dos equipamentos (Mobilidade); (vii) Risco de danos ambientais durante a operação e após a desativação.

Cada parâmetro recebeu pelo autor um valor de relevância (R), ponderado em função da importância no cenário de canteiros de obras, sendo 10 a pontuação máxima possível. Na sequência, para cada um desses parâmetros, após um levantamento de literatura e comparação dos três sistemas determinou-se uma nota denominada grau de atendimento (GA) para cada sistema avaliado, com variação de 0 a 10. A partir da determinação da pontuação no critério de relevância, assim como as notas do grau de atendimento para os parâmetros, gerou-se uma nota final (NF) para cada um dos três sistemas avaliados, calculada através da equação 1, sendo expressada pela somatória das médias ponderadas dos valores de GA em relação à relevância de cada parâmetro. Quanto mais próximo da pontuação 10, maior é o grau de atendimento e satisfação do sistema avaliado.

$$NF = \frac{\sum_{i=1}^7 R_i \times GA_i}{\sum R}$$

Equação 1

Onde: NF = Nota final do sistema de tratamento de esgotos;
R = Relevância do parâmetro;
GA = Grau de atendimento à necessidade.

Os parâmetros foram classificados quanto a sua relevância seguindo os valores mostrados na Tabela 1. Vale ressaltar que os valores de relevância foram determinados pelo autor, frente avaliação e comparação das variáveis levantadas para este estudo.



Tabela 1 – Classificação dos parâmetros quanto a sua relevância.

Parâmetro	Relevância (R)
Atendimento aos padrões estabelecidos na legislação	10
Custo para implantação	6
Custo para operação	9
Área requerida	10
Possibilidade de reaproveitamento	8
Facilidade de transporte dos equipamentos (Mobilidade)	8
Risco de danos ambientais durante a operação e após a desativação	10

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Atendimento aos padrões estabelecidos na legislação

Na Tabela 2 são apresentados os valores de eficiência, tendo como base revisão de literatura, para as unidades com ação biológica. O sistema UASB+FB mostra-se mais eficiente no que tange a remoção de DBO no efluente, sendo seguido pelo desempenho da Fossa+FA. Para a DN 10/86 do COPAM, a eficiência exigida no tratamento para DBO é de 85%. A unidade de banheiro químico não apresenta eficiência de tratamento. Ainda de acordo com Coelho, van Haandel, Sousa e Nascimento (2001), o sistema Fossa séptica + Filtro anaeróbio apresenta a eficiência de 77% na remoção de DQO e 79% e 82% na remoção de SST. Na conclusão deste estudo, o autor aponta a maior eficiência do sistema UASB quando comparado ao sistema de Fossa séptica.

Tabela 2 - Eficiência dos sistemas UASB+FB e Fossa+ FA

Parâmetros	Eficiência na remoção (%)	
	UASB+FB	Fossa+FA
DBO	94 – 99	70 – 90
N	37 – 55	10 – 25
P	37 – 56	10 – 20
Coliformes	84 – 99	60 – 90
DQO	78	

Fonte: Arceivala (1981), EPA (1979, 1981, 1992), Metcalf & Eddy (1991), Vieira (1993) (apud von Sperling, 1995)

INSERIR ÚLTIMO PARÁGRAFO COM AS PONTUAÇÕES.

Custo para implantação

Segundo von Sperling (1995) o custo de implantação do sistema Fossa+FA é entre US\$ 30 e US\$ 80 por habitante, estando consideravelmente inferior aos custos de implantação da alternativa UASB + Filtro biológico de alta taxa (entre US\$ 60 e US\$ 110 por habitante). Contudo, não existe a possibilidade de reaproveitamento deste sistema em outros canteiros de obras. No que se referem aos custos de implantação do sistema de banheiros químicos, pode-se destacar como sendo baixos, tendo em vista que é composto basicamente pelo frete, exceto em casos de aquisição pela empresa.

Custo para operação

O sistema de tratamento UASB+FB apresenta baixo custo de operação. Contudo apresenta custos mais elevados quando comparado ao sistema Fossa séptica + Filtro anaeróbio, visto a necessidade de recalque de efluente para alimentar a unidade. Dentre os três sistemas, a unidade química é a que mais demanda recursos para operação, visto os elevados gastos com produtos químicos responsáveis pela redução do odor, coleta periódica do efluente contribuindo com o aumento dos gastos com transporte, além dos gastos para disposição deste resíduo em Estações de Tratamento de Esgotos convencionais.

Área requerida

De acordo com von Sperling (2005), a área requerida para os sistemas UASB + Filtro biológico de alta taxa fica na faixa de 0,35 e 0,55 m²/hab e para a combinação Fossa séptica + Filtro anaeróbio estes valores se encontram entre 0,20 e 0,40 m²/hab. Para o banheiro químico, adotando-se que a NR 18 recomenda uma



unidade sanitária para cada 20 funcionários e que cada banheiro ocupa uma área de 1,1 m², temos uma área estimada de 0,06 m²/hab.

Possibilidade de reaproveitamento

A possibilidade de reutilização do reator UASB favorece a utilização deste sistema nos canteiros de obras, uma vez que o custo de implantação mais elevado pode ser amortizado pela não necessidade de construção de novos sistemas de tratamento em diferentes locais. Entretanto, deve-se atentar para a reutilização deste sistema em obras de portes diferentes e provável variação de usuários do sistema e eficiência do funcionamento desta unidade. Quanto à Fossa séptica + Filtro anaeróbio é excludente a possibilidade de reaproveitamento destas unidades. Quanto à unidade química, este pode ser amplamente reaproveitado em qualquer frente de obras.

Mobilidade das unidades

Em canteiros de obras os reatores UASB utilizados são de pequeno a médio porte, usualmente para populações que variam de 50 a 300 habitantes, resultando em reatores com volumes de até 30 m³, podendo os volumes ser divididos em vários reatores de pequeno e médio porte, facilitando o seu transporte para outros canteiros de obras. O sistema Fossa séptica + Filtro anaeróbio não possuem mobilidade, situação contrária aos banheiros químicos, os quais possuem grande facilidade de transporte.

Risco de danos ambientais durante a operação e após a desativação

Os sistemas UASB + Filtro biológico de alta taxa são instalados na superfície, não estando em contato direto com o solo. Isto facilita a manutenção do equipamento e evita a contaminação do meio ambiente devido a falhas no sistema de impermeabilização. Além disto, a possibilidade de reutilização do sistema faz com que haja menor geração de resíduos na fase de implantação e desativação. Os possíveis impactos causados referem-se ao descarte do meio suporte do filtro, que se disposto de maneira inadequada pode causar a poluição e/ou contaminação do meio ambiente, assim como a contaminação do solo e lençol freático quando da disposição do lodo do reator UASB em leitos de secagem com baixo nível de impermeabilização.

Para a combinação fossa séptica e filtro anaeróbio, quando da desativação deste sistema é necessário realizar a sua inutilização, podendo, quando feito de maneira incorreta, gerar um passivo ambiental devido a contaminação do solo e disposição inadequada do meio suporte do filtro. Avaliando-se o banheiro químico podemos considerar como principal risco ambiental a disposição inadequada do efluente pela empresa especializada nos serviços de coleta. Este risco pode ser minimizado contratando-se exclusivamente empresas licenciadas para esta atividade junto aos órgãos ambientais.

AVALIAR A INSERÇÃO DA TABELA NESTE LOCAL.

ANÁLISE COMPARATIVA

Tendo em vista o aspecto ambiental esgotamento sanitário da operação dos canteiros de obras, verificam-se os seguintes potenciais impactos negativos:

- Vazamento e, conseqüentemente, percolação do esgoto através do solo, contaminando tanto águas superficiais quanto águas subterrâneas;
- Risco à saúde do trabalhador e da vizinhança, por causa do contato com o esgoto;
- Geração de resíduos contaminados na desativação do sistema e na troca de meios de suporte no tratamento de esgotos;
- Incômodo para a comunidade, pelo odor e proliferação de vetores;
- Poluição de águas superficiais.

Para minimizar os impactos ambientais listados anteriormente, deve-se adotar nos canteiros de obras uma alternativa de tratamento de efluentes sanitários capaz de atender às necessidades e aos padrões estabelecidos nas legislações federal, estadual e municipal.



A análise realizada em torno das três alternativas discutidas neste trabalho (UASB + Filtro biológico de alta taxa, Fossa Séptica + Filtro Anaeróbio e Banheiro Químico) permite estabelecer um quadro (Tabela 11) comparativo, obtido conforme metodologia já detalhada.

A escolha do sistema irá variar de acordo com cada caso, podendo inclusive, a alternativa a ser adotada ter custos de implantação e operação significativamente mais altos que uma outra alternativa.

Tabela 3 – Comparação das alternativas de tratamento de esgotos UASB + Filtro biológico de alta taxa, Fossa Séptica + Filtro Anaeróbio e Banheiro químico.

Parâmetro	R	GA		
		UASB + Filtro biológico de alta taxa	Fossa séptica + Filtro Anaeróbio	Banheiro químico
Atendimento aos padrões estabelecidos na legislação	10	8	4	0
Custo para implantação	6	8	5	9
Custo para operação	9	9	10	4
Área requerida	10	7	8	10
Possibilidade de reaproveitamento	8	9	0	10
Facilidade de transporte dos equipamentos (Mobilidade)	8	8	0	10
Risco de danos ambientais durante a operação e após a desativação	10	10	7	6
Total		8,4	5,1	6,7

R = Relevância; GA = Grau de atendimento à necessidade

O sistema de tratamento de esgotos domésticos UASB + Filtro biológico de alta taxa é o mais indicado para se utilizar em canteiros de obras a serem instalados em locais de difícil acesso. Em comparação ao sistema Fossa séptica + Filtro anaeróbio, a combinação UASB+Filtro biológico de alta taxa apresentou maior eficiência, menor volume requerido, baixo custo de implantação, maior possibilidade de reaproveitamento e mobilidade, além do menor risco de danos ambientais durante a operação e após a desativação. Quando da comparação com o banheiro químico, avaliou-se uma maior eficiência, baixo custo de operação, menor risco de danos ambientais durante a operação e após a desativação da unidade. Estes quesitos levaram o sistema de tratamento de efluentes sanitários UASB + Filtro biológico a obter a maior Nota Final dentre as três alternativas comparadas.

Cabe ressaltar que foi realizada uma análise simplificada das alternativas estudadas, sendo consideradas a princípio, alternativas de baixo custo de implantação e de operação. Para casos em que a exigência por eficiência no tratamento de esgotos sanitários seja maior, devem ser considerados sistemas mais complexos que envolvam tratamentos terciários como por exemplo, aeração mecânica e até tratamentos físico-químicos, como flotação, floculação, cloração e radiação Ultra-Violeta.

CONCLUSÃO

O sistema reator UASB + Filtro biológico de alta taxa se mostrou a melhor opção na comparação com o sistema Fossa séptica + Filtro anaeróbio e a instalação de banheiros químicos para o tratamento de esgotos domésticos e canteiros de obras sem estrutura de tratamento desses efluentes.

As vantagens deste sistema em comparação aos sistemas Fossa séptica + Filtro anaeróbio são:

- Maior eficiência;
- Menor volume requerido;
- Baixo custo de implantação;
- Possibilidade de reaproveitamento
- Mobilidade;
- Menor risco de danos ambientais durante a operação e após a desativação.

Em comparação aos sistemas de Banheiros químicos:

- Maior eficiência;
- Baixo custo de operação;
- Menor risco de danos ambientais durante a operação e após a desativação;
- Não há a possibilidade de utilização de chuveiros em banheiros químicos.

Com esta análise exploratória pode-se especular e orientar em novas frentes de obras a instalação de um sistema mais adequado para o porte e as características do empreendimento, havendo vantagens no que tange a escolha do sistema com uma boa relação custo benefício.

A escolha do sistema pode variar de acordo com as peculiaridades de cada caso, pois elas irão implicar na alteração da relevância de cada parâmetro discutido neste trabalho.

Tabela 1: Parâmetros e Técnicas Analíticas Utilizadas.

PARÂMETROS	TÉCNICA ANALÍTICA	UNIDADE
PH	Direto, Potenciométrico	-----
SST	Standard Methods, Gravimétrico	mg/L
SSV	Standard Methods, Gravimétrico	mg/L
DQO	Standard Methods, Refluxo Aberto	mg/L

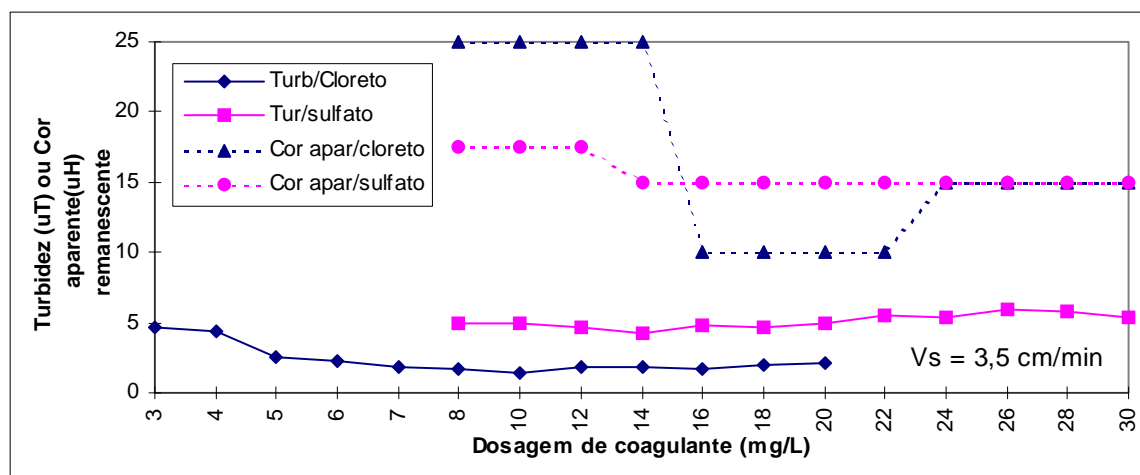
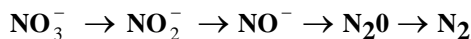


Figura 1: Turbidez remanescente ou cor aparente remanescente em função da dosagem de coagulante-Água tipo A, ETA-Morrinhos.



equação (1)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARORA, M.L., BARTH, E., UMPHRES, M.B. Technology evaluation of sequencing batch reactors. Journal Water Pollution Control Federation, v.57, n.8, p. 867-875, ago. 1985.
2. DATAR, M.T., BHARGAVA, D.S. Effects of environmental factors on nitrification during aerobic digestion of activated sludge. Journal of the Institution of Engineering (India), Part EN: Environmental Engineering Division, v.68, n.2, p.29-35, Feb. 1988.
3. FADINI, P.S. Quantificação de carbono dissolvido em sistemas aquáticos, através da análise por injeção em fluxo. Campinas, 1995. Dissertação de mestrado-Faculdade de Engenharia Civil-Universidade Estadual de Campinas, 1995.