

II-014 - PÓS TRATAMENTO DE RAFAS ATRAVÉS DE DISPOSIÇÃO CONTROLADA NO SOLO: SOLUÇÃO APROPRIADA PARA O SEMIÁRIDO MINEIRO

Anibal Oliveira Freire⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Escola de Engenharia da UFMG . Especialização em Saneamento e Meio Ambiente pelo DESA/UFMG - Analista Master de Saneamento na COPASA-MG.

Endereço⁽¹⁾: Rua Maceió 162-501 Cruzeiro - Belo Horizonte - MG - CEP: 30310-120 - Brasil - Tel: (31) 3250 1001 – 9504 5389 - E-mail: anibal.freire@copasa.com.br

RESUMO

Há 20 anos realizamos aplicações de Disposição no Solo como pós tratamento de reatores anaeróbios em Minas Gerais, principalmente na região norte do Estado, caracterizada como região do Semiárido, e os resultados são tão excelentes que hoje é a tecnologia preferencial nos novos projetos, inclusive com perspectivas de aplicação em outras regiões do Estado, pelo baixo custo, simplicidade operacional e evidência dos resultados.

Um pequeno painel com alguns estudos de casos é apresentado nesse trabalho técnico no sentido de demonstrar sua eficácia e para que outras regiões do país possam visualizar e se apropriar dessa tecnologia, factível principalmente para regiões similares ou que venha ao menos ser cogitada nas concepções dos projetos em todo país, como uma alternativa clara de baixo custo e bons resultados.

Nesses tempos em que a necessidade de Reuso é iminente, pode-se olhar também com esta perspectiva, com o aproveitamento da biomassa vegetal para a alimentação animal se o projeto for manejado nesse sentido, embora no nosso caso a ênfase principal seja o sanitário e ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Disposição controlada no solo, Reuso, RAFA, Semiárido

INTRODUÇÃO

O Semiárido brasileiro é um dos maiores e mais populosos do mundo. Cerca de 22 milhões de pessoas vivem nessa área, o que equivale a 13% da população do país. O clima está presente em 10 estados brasileiros, sendo 9 do nordeste e parte de Minas Gerais. Em Minas Gerais, o semiárido é compreendido nas regiões Norte de Minas e Vale do Jequitinhonha, onde vivem mais de 3,5 milhões de pessoas. Os principais rios são o São Francisco, o Jequitinhonha e o Rio Pardo. A região é caracterizada, principalmente, pela distribuição irregular de chuvas durante o ano.

O Semiárido mineiro apresenta uma significativa porcentagem do Estado e compreende grande quantidade de municípios levando a solução e aplicabilidade do tratamento algo imprescindível a região. Dados abaixo concluem de forma sucinta essa informação:



- 37% do território mineiro
- 16 % da população de MG
- 144 municípios

Reatores anaeróbios seguidos de “Disposição no solo” é o processo de tratamento de esgotos mais aplicado e com maior eficiência no norte de Minas, em termos de redução de DBO, conforme resultados de monitoramentos; é também o único que contribui para a preservação dos poucos corpos d’água existentes, através da infiltração no solo e da evapotranspiração do efluente tratado. É também provavelmente o único no

Estado que produz um efluente límpido com potencial de desinfecção por Ultra Violeta, pela baixa concentração de sólidos suspensos (<10 mg/l).

A partir da década de 80, em Minas Gerais foram implantadas Estações de Tratamento de Esgoto – ETEs como pós-tratamento a RAFAs pelo método do escoamento superficial, como proposta de saneamento de baixo custo e potencial de reuso na agricultura. Por ser um processo recente, torna-se necessário pesquisar a melhor forma de operação e monitoramento desta técnica de tratamento, de maneira a subsidiar a elaboração de projetos, otimização de custos com a implantação de novas unidades e delinear novos indicadores operacionais. Contudo, as empresas de saneamento básico do Brasil, mesmo as do Nordeste, tem seguido a tendência de utilização de lagoas, com resultados controversos em relação ao delineado nos livros.

A aplicação do esgoto doméstico sobre a superfície do solo como processo de tratamento possibilita a remoção dos poluentes por meio de mecanismos de ordem física (sedimentação, filtração, radiação, volatilização e desidratação), química (oxidação e reações químicas, precipitação, adsorção e troca iônica) e biológica (absorção, biodegradação e predação). Além do efeito depurador do esgoto, essa prática proporciona o suprimento de nutrientes e água para as culturas e a adição de matéria orgânica no solo.

O efluente produzido por sistemas de tratamento com escoamento superficial geralmente apresenta concentrações bastantes reduzidas de DBO. A DBO é removida pelo filme biológico que se desenvolve junto à superfície do solo e das plantas. Eventualmente, este filme pode atingir uma espessura elevada, decorrente do crescimento excessivo. As células próxima da superfície do solo e das plantas acabam por morrer, devido à falta de oxigênio. Contrariamente ao que ocorre em outros sistemas de tratamento com biomassa fixa, a massa morta de sólidos biológicos não é significativamente removida do sistema e acaba por degradar-se ao longo do tempo, sem prejuízos ao processo.

Na última década, dezenas de sistemas de tratamento de esgotos foram implantados no norte de Minas, utilizando o método “RAFA + DISPOSIÇÃO CONTROLADA NO SOLO”, visando conter o déficit de saneamento e no afã de se encontrar soluções apropriadas ao clima e de baixo custo para a região.

OBJETIVOS

A aplicação do método de Disposição no Solo como tratamento final de uma ETE no Semiárido norte mineiro vem gerando como principal resultado a constatação de Poluição Zero do corpo receptor em pelo menos 10 meses do ano (no Semiárido as chuvas são parcas e concentradas em 02 meses do ano), possibilitando com isso a utilização das águas poucas e intermitentes dos mananciais da região a jusante das ETEs. Quando há efluente, normalmente menor que o afluente, este já sofreu a radiação solar e a filtração através do substrato gramíneas (raízes-solo), tendo como resultado a recarga dos lençóis e a despoluição/descontaminação dos corpos receptores.

Verificar o comportamento operacional das ETEs da região que utilizam o processo “RAFA + Disposição Controlada no Solo” através dos resultados do monitoramento de seus dados é o objetivo deste trabalho.

RESULTADOS ALCANÇADOS

TABELA 1: ÍNDICE DE REDUÇÃO DE DBO

MUNICÍPIO	RDBO (%)	OBSERVAÇÃO
AGUAS VERMELHAS *	100	Sem efluente, 90% do ano
CORONEL MURTA	93	
CRISTALIA *	100	Sem efluente, 90% do ano
INDAIABIRA*	100	
JAIBA *	100	Efluente não chega ao rio, morre na mata ciliar
JANUARIA	95	
MIRABELA	92	
RIO PARDO DE MINAS*	100	Sem efluente , 90% do ano
SÃO JOÃO DO PARAISO	97	
TAIOBEIRAS	87	
VARZELANDIA*	100	Sem efluente, 90% do ano
SANTO ANTONIO DO RETIRO	91	

ESTUDOS DE CASOS

1, ETE DE JANUÁRIA - MG

A cidade de Januária até pouco tempo atrás dispunha unicamente de Tratamento Preliminar dos Esgotos (Peneiras estáticas) antes do lançamento no corpo receptor, e esta situação foi motivo de divergência, protestos e demandas judiciais da população contra a cobrança da “tarifa cheia”, para coleta e tratamento (90% da tarifa de água), embora o caudal do rio São Francisco fosse capaz de sua diluição, e a ETE estivesse legalmente adequada, mesmo que não fosse a mais desejável porque a população ribeirinha tinha que conviver com um lançamento quase *in natura* junto à margem, ancoradouro dos barcos de pesca e lazer.

A cidade conta hoje com apenas 40% de rede coletora, sendo o restante servido por fossas, que apresenta riscos de contaminação do lençol freático e de transbordamento na época da cheia do rio, com a elevação do lençol freático. Esta rede está paulatinamente ganhando adesões, atingindo atualmente 60% da população com rede na porta (clientes factíveis). E a população não servida por rede coletora demanda hoje por sua construção.

Em 2010, foi construída uma ETE cujo processo de tratamento compõe-se de Reatores Anaeróbios seguidos por módulos de Disposição no Solo (04 módulos de 50 m de largura por 40 metros de extensão (sentido do fluxo), que apresenta uma performance muito alta, favorecida pelo tratamento superficial no solo que faculta uma equalização qualitativa do efluente, em qualquer época do ano.

A DBO do afluente à ETE é baixa, crescente ao longo do ano mas variando de 83 a 303 mg/l, influenciada talvez pela infiltração em PVs e rede coletora, mas em qualquer situação o efluente da capineira é cristalino e a DBO muitíssimo baixa (Média <15 mg/l) comparada ao limite da legislação que prescreve 60 mg/l. As eficiências de redução de DBO, em função da DBO baixa na entrada, vão de 86 a 96%, crescentes com a DBO de entrada.

Um fenômeno observado é a quantidade de espuma na caixa de distribuição do efluente do RAFA para as capineiras, causado pelo uso de detergentes – Agentes Tenso Ativos (A.T.A.) – pela população, que os reatores não retiram no processo mas que não se manifesta após as capineiras.

Ainda, nota-se uma quantidade muito grande de inorgânicos no lodo da ETE, requerendo descartes de lodo muito frequentes - provocado pelo efluente da lavagem dos decantadores e filtros da ETA, quer dizer a ETE vem funcionando como UTR do SAA de Januária, que a princípio parece não prejudicar o processo mas percebe-se em determinado horário do dia um arraste grande de sólidos no RAFA sincronizado com o descarte da ETA, gerando um efluente líquido turvo, absorvido é bem verdade pelas capineiras, mas é um caso a se

pensar até onde isso prejudica, com possível acumulação da lama inorgânica no fundo dos RAFAS, que pode comprometê-los a médio prazo, com paralização para remoção de sólidos no fundo.

Quando a ETE de Januária recebe os descartes de filtros e decantadores da ETA, funcionando assim como UTR, acusa teores de Sólidos Sedimentáveis de até 200 ml/l na saída dos RAFAs mas absorvida pelas capineiras, que apresentam efluente final em todo tempo com menos de 0,1 ml/l de sólidos decantados no Cone Imhoff, demonstrando sua capacidade-tampão.

Hoje a cidade de Januária dispõe de apenas 40% de cobertura com rede de esgotos, e uma adesão de 60% a esta rede (3 344 economias) e opera com uma vazão média de 13 l/s.

Mas o tratamento desta ETE como um todo é exemplar, com efluente que parece “água límpida”: este é talvez o único modelo de ETEs no Estado cujo efluente tem a possibilidade de ser desinfetado com aplicação de UV, ou até mesmo com cloro, sem filtração posterior, porque tem baixo índice de Sólidos em Suspensão e é baixo o teor de matéria orgânica mas esta aplicação só se justificaria se fosse para Reuso direto, já que o rio São Francisco, corpo receptor, tem grande capacidade de diluição e esta pequena vazão da ETE é inexpressiva em relação a vazão do rio.

Mostrar à população essa nova realidade e trabalhar para a adesão plena ao sistema e expansão para toda cidade, é hoje possível com a nova ETE, que apresenta um efluente de ótima qualidade, evidenciando a excelência do processo “RAFA+Solo” (Redução Média de DBO em 2013 >91%).



Afluentes ETE, efluente RAFA e efluente da capineira
Efluente límpido da capineira

Na última década, muitos sistemas de tratamento de esgotos foram implantados no norte de Minas, utilizando o método “RAFA + DISPOSIÇÃO CONTROLADA NO SOLO”, como solução apropriada ao clima e de baixo custo.

Algumas variáveis contudo precisam ser cercadas para se obter a performance ideal do processo, tais como distribuição homogênea do afluente na capineira, contenção de fluxos preferenciais, espécie do capim plantado, poda, etc.. No caso de Januária, a Operação local vem cuidando desses itens com afinco, transformando-a num modelo de sucesso, escolhido para este Estudo de Caso.

Verificar o comportamento operacional de uma ETE representativa da região através dos resultados do monitoramento de dados é o objetivo deste trabalho.

Demonstrar a pertinência e excelência deste processo com o fim de balizar outros projetos de tratamento de esgotos na região é o objetivo indireto.

METODOLOGIA UTILIZADA

Processamento do banco de dados, análise dos resultados das análises laboratoriais de coletas bimestrais de amostras compostas (afluente, efluente e corpo receptor), dados de 2013 e 2014, e discussão dos resultados.

RESULTADOS OBTIDOS/ESPERADOS

Os resultados obtidos/esperados são apresentados abaixo em Quadros e Gráficos, com tratamento dos dados.

BIMESTRE	UNIDADE	1	2	3	4	5	6	Media
DBO afluente	mg/l	91,50	83,00	124,00	182,00	244,00	303,00	171,25
DBO efluente	mg/l	12,60	11,70	15,60	21,10	17,60	12,90	15,25
Eficiência Red. DBO	(%)	86,23	85,90	87,42	88,40	92,79	95,74	91,09
DQO afluente	mg/l	274,00	196,00	171,00	432,00	610,00	565,00	374,67
DQO efluente	mg/l	37,00	39,00	37,90	84,00	53,60	48,00	49,92
Eficiência Red. DQO	(%)	86,50	80,10	77,84	80,55	91,21	91,50	86,68

Figura 3: Síntese PROGRAMA DE MONITORAMENTO - ETE JANUÁRIA – Ano 2013 : DBO/DQO

BIMESTRE	UNIDADE	1	2	3	4	5	6	MEDIA GEO.
Sólidos Sedimentáveis afluente	ml/L	11,00	1,20	8,90	19,00	18,00	90,00	24,68
Sólidos Sedimentáveis efluente	ml/L	0,40	<0,1	<1	0,70	0,10	0,60	<0,48

Figura 4: Síntese PROGRAMA DE MONITORAMENTO - ETE JANUÁRIA - Ano 2013 Sólidos Sedimentáveis

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O processo RAFA+SOLO tem sua excelência na remoção de DBO e Sólidos Suspensos.

E os resultados alcançados estão coerentes com os esperados. A performance em relação a redução de DBO atinge eficiências superiores a 91% (ou DBO remanescente de 9% (BOD5 fraction remaining)), com uma taxa de aplicação da ordem de 0,31 m³/m.h (Family lines) nas calhas de distribuição do efluente dos RAFAs com comprimento (distance down slope) dos módulos de 40 metros e considerando sempre um modulo em descanso no rodízio, ou sejam 150 metros de calhas em operação simultânea

Os Solidos Sedimentáveis decaem de 24,68 ml/l para menos de 0,48ml/l, usualmente inferiores a 0,1 ml/l.

Solidos em suspensão não são comumente medidos (não são exigidos pela Legislação vigente) mas pelas observações na limpidez do efluente pode-se concluir que atingem tranquilamente valores abaixo de 10 mg/l, limite recomendado para efetividade na aplicação e transmitância de UV (Ultra Violeta).

O decaimento bacteriológico não é a principal vantagem do processo RAFA+SOLO mas observa-se um decaimento da ordem de 2 casas de potencia, o que demonstra um efeito colateral positivo. A maior vantagem do processo sob o ponto de vista bacteriológico é observada no efluente límpido produzido que pode ser submetido com sucesso a uma radiação de Ultra Violeta para desinfecção face ao teor de sólidos suspensos reduzido ou eventualmente a uma cloração do efluente final, já que a DBO remanescente (matéria orgânica) é muito baixa.

CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

A aplicação do método de Disposição no Solo como pós-tratamento de ETEs compostas por Reatores Anaeróbios tem apresentado muitos bons resultados (eficiências > 90%), podendo ser recomendado como modelo ideal para toda região do Semi-Arido mineiro e/ou brasileiro, em função da performance excelente obtida, da simplicidade dos projetos e da operação e do baixo custo.

A ETE de Januária confirma esta tese neste Estudo de Caso que comprova com resultados e evidências operacionais sua alta performance.

Um aspecto a se considerar é que a ETE está localizada num terreno enorme, com muita área plana deflorestada e onde hoje prolifera capim colônio mas é propícia para experiências de Reuso agrícola. Entramos em contacto com o Instituto Tecnológico local, no seu Departamento de Agronomia, e estamos para elaborar um Convenio de Cooperação Técnica, para a celebração de uma parceria produtiva para ambas as partes, podendo constituir-se em um modelo tecnológico para a região, o que é bom para se realizar um tratamento terciário no efluente tratado e bom para o corpo docente e discente que pode encontrar um nicho para desenvolvimento de pesquisa e trabalho, além de uma produção agrícola que pode beneficiar a ETE hoje e prenunciar novos horizontes para a região do Semi-Arido no futuro.

2. ETE DE TAIÓBEIRAS

ETE composta atualmente de 02 Reatores Anaeróbios (RAFAs) + 06 canteiros de disposição no solo, numa área de aproximadamente 8 000 m², atendendo atualmente a uma população de 8 000 habitantes (2 500 economias de esgoto).

Esta ETE está sendo expandida com mais 02 RAFAs, lagoa facultativa e de maturação e por fim, introdução de mais canteiros de disposição no solo, para atender a população de toda cidade, estimada em 30 000 habitantes.



Figura 03: ETE Taiobeiras: RAFAs, Módulos de Capineiras, Sistema de Distribuição e Coleta

TABELA 2: AUTOMONITORAMENTO DA ETE TAIÓBEIRAS (DBO)

CIDADE	TAIOBEIRAS	BIMESTRE						
PARAMETRO		1º	2º	3º	4º	5º	6º	MEDIA GEOM.
DBO afluente	mg/l	439,00	364,00	522,00	351,00	784,00	491,00	473,00
DBO efluente	mg/l	55,20	67,40	45,10	45,90	80,50	76,70	60,19
Eficiência	(%)	87,43	81,48	91,36	86,92	89,73	84,38	87,27

02. ETE DE SANTO ANTONIO DO RETIRO

ETE composta atualmente de 01 Reator Anaeróbio (RAFA em ferrocimento) + 03 canteiros de infiltração no solo, numa área de aproximadamente 2 000 m², atendendo atualmente a uma população de 2 000 habitantes (600 economias de esgoto).

TABELA 3: AUTOMONITORAMENTO DA ETE SANTO ANTONIO DO RETIRO (DBO)

PARÂMETROS BIMESTRAIS DA ETE	UNIDADE	BIMESTRE						MEDIA GEO
		1°	2°	3°	4°	5°	6°	
DBO afluente	mg/l	723,00	663,00	607,00	530,00	562,00	672,00	622,60
DBO efluente	mg/l	44,70	39,00	75,20	38,50	80,00	66,60	54,74
Eficiência	%	93,82	94,12	87,61	92,74	85,77	90,09	91,21

03. ETE DE SÃO JOÃO DO PARAISO

ETE composta atualmente de 02 Reatores Anaeróbios (RAFAs em ferrocimento, D=8 metros, H=5,0m) + 03 canteiros de disposição no solo, numa área de aproximadamente 4 000 m², atendendo atualmente a uma população estimada de 6 000 habitantes (2 000 economias de esgoto).



Figura 04: ETE São João do Paraíso: RAFA em ferrocimento, sistema de coleta, efluente clarificado

TABELA 4: AUTOMONITORAMENTO DA ETE SÃO JOÃO DO PARAISO (DBO)

PARÂMETROS BIMESTRAIS DA ETE	UNIDADE	BIMESTRE						MEDIA GEO
		1°	2°	3°	4°	5°	6°	
DBO afluente	mg/l	553,00	549,00	440,00	489,00	845,00	632,00	571,00
DBO efluente	mg/l	39,00	31,50	30,50	22,20	15,40	43,60	14,72
Eficiência	%	92,95	94,26	93,07	95,46	98,18	93,10	97,42

4. ETE DE MIRABELA

ETE composta atualmente de 02 Reatores Anaeróbios (RAFAs) + 04 canteiros de disposição no solo, numa área de aproximadamente 10 000 m², atendendo atualmente a uma população de 2 500 habitantes (700 economias de esgoto).

TABELA 5: AUTOMONITORAMENTO DA ETE MIRABELA (DBO)

PARÂMETROS BIMESTRAIS DA ETE	UNIDADE	BIMESTRE						Media Geo
		1°	2°	3°	4°	5°	6°	
DBO afluente	mg/l			1373,0	1015,0	597,00	574,00	831,00
DBO efluente	mg/l			109,00	99,20	49,60	54,30	73,46
Eficiência	%			92,06	90,23	91,69	90,54	91,16

CONCLUSÕES E/OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação do método de Disposição no Solo como pós-tratamento de ETes compostas por RAFAs (Reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente) no semiárido norte mineiro tem apresentado muitos bons resultados (eficiência em termos de DBO > 90%, em média, superior a alcançada por processos de pós-tratamento a RAFAs, mais sofisticados como Filtros Biológicos ou série de lagoas), podendo ser recomendado para a região, em função da performance excelente obtida e em função da simplicidade dos projetos, que requerem basicamente uma boa topografia dos terrenos (declividade <10%) e em consequência movimento de terra barato, numa região de custos baixos de terras (previsão de 1 a 2 m² por habitante).

Recomendamos sua aplicação em ETes de pequeno a médio porte no Semiárido, e em outras regiões, onde haja terreno disponível (média estimada de 1 a 2 m²/habitante, similar a requerida por sistema de lagoas), como polimento e/ou infiltração total do efluente, para uma maior segurança dos usuários a jusante e para se evitar todos os transtornos provocados por lançamento de efluente parcialmente tratado em talvegues secos e/ou córregos intermitentes.

Enfim, conclui-se que o tratamento por **“DISPOSIÇÃO CONTROLADA NO SOLO”** contribui para a manutenção dos mananciais e seu reaproveitamento mostra-se viável para Reuso por gerar um efluente clarificado com potencial de ser desinfetado por Ultra Violeta, diferente da maioria de outros processos de tratamento conhecidos (efluentes de RAFAs + Filtros Biológicos Percoladores não atingem teor de Sólidos Suspensos totais <10 mg/l, requeridos para aplicação de UV); também efluente de lodos ativados só conseguem efetividade na aplicação de UV, após passagem por membranas de Ultrafiltração).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **U.S. E.P.A:** Process Design Manual: Land Treatment Of Municipal Wastewater, October 1977
2. **OMS:** Diretrizes Recomendadas Para A Qualidade Microbiológica de Esgotos Sanitários Utilizados na Agricultura
3. **MATOS, A. T.** Disposição de Águas Residuárias no Solo. Viçosa: Associação dos Engenheiros Agrícolas do Estado de Minas Gerais, DEA/UFV, 2006. 140p. (Série Caderno Didático, 38).
4. **FRANCISCO SUETONIO BASTOS MOTA, MARCOS VON SPERLING :** Nutrientes de Esgoto Sanitário: Utilização e Remoção.