

II-390 - PROCESSO DE INICIALIZAÇÃO (STARTUP) DE INSTALAÇÃO COMPACTA PARA TRATAMENTO DE ESGOTOS EM UNIDADES RESIDENCIAIS UNIFAMILIARES

Lucas Achaval Silva⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. Mestre em Tecnologias Ambientais e Recursos Hídricos pela Universidade de Brasília (UnB). Consultor da Organização Pan-Americana de Saúde na Fundação Nacional de Saúde. Professor na área de saneamento pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Yovanka Péres Ginoris

Engenheira Química pelo Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarria (1995), Havana, Cuba. Mestre em Biotecnologia Industrial pela Faculdade de Engenharia Química de Lorena (2001). Doutora em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2006). Professora adjunta da Universidade de Brasília (UnB).

Marco Antonio Almeida de Souza

Engenheiro Químico pela Universidade Federal do Paraná (1971). Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo (1975) e Doutor em Engenharia Ambiental (PhD) pela Universidade de Birmingham, Inglaterra (1992). Professor aposentado do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília (UnB). Professor voluntário, pesquisador colaborador e orientador credenciado do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos da UnB.

Endereço⁽¹⁾: Anexo SG-12, Térreo, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Universidade de Brasília- UnB, Brasília-DF- CEP: 70.910-900- Tel: (61) 3107-0940 - e-mail: lucas_achaval@hotmail.com.

RESUMO

Muitos são os inconvenientes causados por lançamentos indiscriminados de esgoto nos corpos d'água. Nesta linha e considerando a situação sanitária do Brasil e que parte da sua população não é atendida por rede coletora de esgoto, esse trabalho teve o objetivo de avaliar o processo de inicialização (STARTUP) de um protótipo de estação compacta para tratamento de esgotos sanitários gerados por unidades residenciais unifamiliares.

Nesse trabalho foi avaliado o processo de inicialização (STARTUP) de uma estação compacta de tratamento de esgotos unifamiliar. Para tal, o protótipo foi incubado e teve sua estabilização avaliada com medidas de DBO e DQO.

A estação compacta de tratamento de esgotos unifamiliares foi operada sob condições reais e demorou pouco mais de dois meses para estabilizar. Assim que estabilizado, o protótipo obteve eficiência de 81% para DQO, o que representa remoção de 1066 mg/L de DQO. Já em relação a DBO₅ o protótipo obteve eficiência de 81,60% e, em números absolutos, removeu 550 mg/L.

O presente trabalho mostrou, portanto, que o protótipo de estação compacta de tratamento de esgotos domésticos voltado para residências unifamiliares, é uma alternativa adequada no tratamento de esgoto doméstico *in situ*.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de Esgoto; Estação Compacta; Processo de Inicialização (STARTUP); Residências Unifamiliares.

INTRODUÇÃO

A gestão mais eficiente dos recursos hídricos se torna indispensável, uma vez que o crescimento da população e o desenvolvimento da indústria levam à degradação da qualidade e à redução da quantidade desses recursos. Dessa forma, a aplicação de tecnologia de tratamento de água e de águas residuárias torna-se um instrumento indispensável.

A Lei Federal nº 6938, que dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, define poluição como a "degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que, direta ou indiretamente, prejudiquem a saúde, a segurança e o bem estar da população; criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;

afetem desfavoravelmente a biota; comprometem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente ou lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos”.

Muitos são os inconvenientes causados por lançamentos indiscriminados de esgoto nos corpos d'água. Entre eles estão o aumento da matéria orgânica solúvel, de compostos tóxicos e íons de metais pesados, de cor, de turbidez, de nutrientes, de óleos, de substâncias flutuantes, de ácidos, de matérias em suspensão e da temperatura.

Para evitar esses inconvenientes e atender às exigências ambientais que preveem padrões de qualidade para o efluente e o corpo receptor, torna-se necessária a aplicação de tecnologias de tratamento de esgoto. Os sistemas de tratamento principais e mais utilizados, conforme Von Sperling (2005), Jordão e Pessoa (2009) e Metcalf & Eddy (1991), são classificados em Lagoas de Estabilização, Disposição no Solo dos Efluentes, Sistemas Anaeróbios e Sistemas Aeróbios, como Lodos Ativados e Reatores Aeróbios com Biofilme.

Mesmo com os avanços em saneamento básico, o levantamento realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE, (2010), consubstanciado nos resultados da Pesquisa Nacional de Saneamento (PNSB) referente ao ano de 2008, mostrou que pouco mais da metade dos municípios brasileiros (55,2%) possuía serviço de esgotamento sanitário por rede coletora. Já no Distrito Federal, 86,3% dos domicílios (maior percentual do País) são atendidos por rede geral coletora de esgoto, seguido por São Paulo (82,1%) e Minas Gerais (68,9%). Verificou-se ainda que a média nacional é de 44% e os estados com os menores percentuais de domicílios atendidos correspondem ao Amapá (3,5%), Pará (1,7%) e Rondônia (1,6%).

Outro dado importante constatado na referida pesquisa IBGE, (2010) é que apenas 28,52% dos municípios tratam o esgoto coletado. Em relação ao tipo de tratamento, apenas 16,28% tratam a nível secundário e 2,66% a nível terciário. O que agrava esse panorama é que os dados retratam os municípios que possuem rede coletora e tratamento do esgoto, municípios cuja rede coletora não atende a toda a população - normalmente só a que vive na região central. Portanto, de modo geral, as populações distantes das regiões centrais não são atendidas pelo tratamento de esgoto.

No Brasil, a maior parte da população que não é atendida por rede coletora de esgoto tem acesso a tratamento de esgoto em nível primário por meio de sistemas de fossas sépticas, cuja eficiência de redução da carga poluidora é baixa. Além disso, para garantir o tratamento primário é necessário que as fossas sejam dimensionadas de acordo com as normas da ABNT, (1993) e (1997), em sua NBR-7229/93 e NBR-13969/97, respectivamente, o que normalmente não acontece. Isso faz com que os riscos sanitários e ambientais continuem a existir.

Dessa forma, criar um sistema de tratamento de esgoto unifamiliar se torna indispensável, principalmente se ele atender as seguintes características: de baixo custo, compacto e construído com material leve, que possa atender de forma eficiente essa parcela da população.

Diante disso, o presente trabalho se justifica pelo fato de existirem populações isoladas e periféricas que não são atendidas por nenhum sistema de tratamento de esgotos ou são atendidas por sistemas falhos. Assim, o processo de inicialização (STARTUP), se torna importantíssimo na eficiência da estação compacta unifamiliar de tratamento de esgoto. Além disso, as pesquisas científicas voltadas a este tipo de tecnologia que envolvem os requisitos citados anteriormente, ainda têm muito a avançar.

Portanto, este trabalho é o início de uma linha de pesquisa que aspira servir de base para pesquisas futuras, além de impacto tecnológico e possibilitar que o modelo seja aplicado, minimizando assim problemas de saúde pública.

OBJETIVO

O objetivo da pesquisa foi avaliar o processo de inicialização (STARTUP) de protótipo de estação compacta no tratamento de esgotos em unidades residenciais unifamiliares instalado *in situ* e operado em situações reais de funcionamento.

MATERIAIS MÉTODOS

O protótipo foi fabricado em escala real, utilizando a fibra de vidro como material. Foi instalado no local de produção e origem do esgoto, que corresponde a uma unidade geradora unifamiliar situada em uma casa térrea. O modelo foi desenvolvido para atender em média cinco habitantes e para tratamento de esgoto sanitário não segregado.

O arranjo arquitetônico do protótipo avaliado visou a obtenção de uma estação de tratamento compacta, modular e eficiente. Seguindo essa premissa, a proposta apresentada, como mostra a Figura 01, não necessita equipamentos, energia elétrica ou operador.

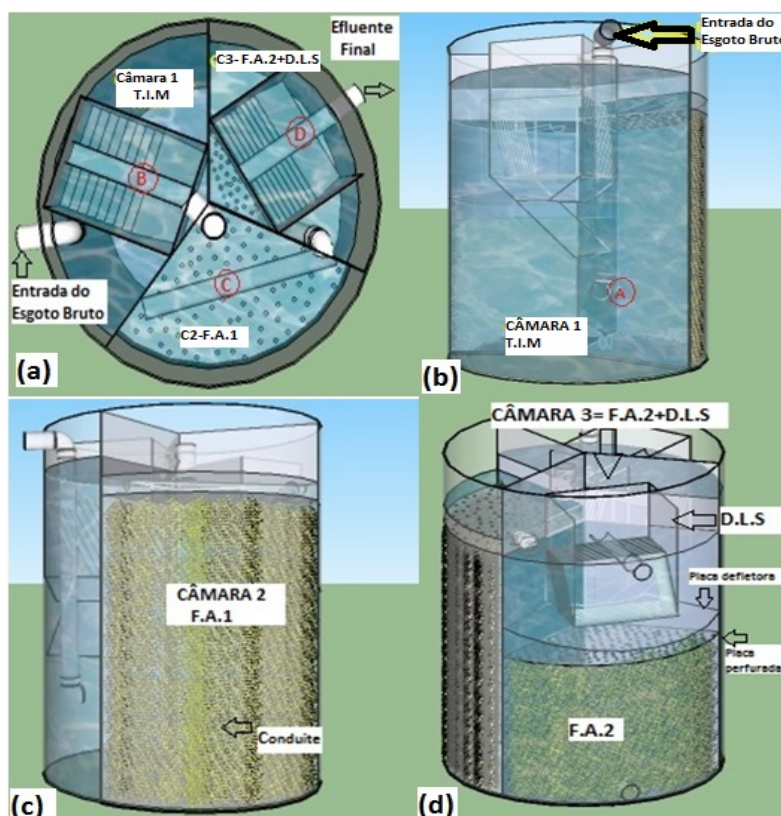


Figura 01- (a) Desenho da vista do topo do protótipo. (b) Vista da câmara 1 – T.I.M. Tanque Imhoff Modificado. (c) Vista câmara 2- F.A.1, Filtro Anaeróbio 1; (d) Vista da câmara 3 – F.A.2 + D.L.S, Filtro anaeróbio 2 e Decantador Laminar Secundário.

A estação compacta de tratamento de esgotos unifamiliar possui formato cilíndrico e foi dividida em três câmaras:

- 1ª Câmara - Tanque Imhoff Modificado (T.I.M): É a Câmara por onde entra o efluente doméstico bruto de forma ascendente. Nela, foi concebido um Tanque Imhoff Modificado, com base na norma NBR 7.229 na edição de 1982 (ABNT, 1982) que aborda este tema, que ocupa 40% do volume total da base cilíndrica. A parte superior deste Tanque Imhoff Modificado possui uma Câmara de Sedimentação Laminar, com nove lâminas posicionadas a 60° em relação à horizontal e distanciadas 5,0 cm, como utilizado por Silva e Nour (2005). A Câmara de Sedimentação Laminar possui placas defletoras que impedem a entrada de espuma no decantador, funcionando como um separador trifásico. O corte esquemático da câmara 1 pode ser visto na Figura 01 (b).
- 2ª Câmara- Filtro Anaeróbio 1 (F.A1): Esta câmara é um filtro anaeróbio ascendente, dimensionado com base na norma NBR 13.969, que ocupa 30% do volume total da base cilíndrica. O material escolhido como meio filtrante foi constituído de pedaços de conduíte, assim como Pimenta *et al.* (2005) e Chernicharo e Sousa (2006), cortados com 3,0 cm de comprimento e 32 mm de diâmetro. De acordo com Chernicharo (2007), a porosidade de material de recheio está na ordem de 95%, apresenta área superficial em torno de (~

200 m²/m³) e peso de 55 Kg/m³. Na parte superior do filtro anaeróbio 1 foi instalada uma placa perfurada que impede a passagem do recheio de conduíte para próxima etapa. O corte esquemático da câmara 2 pode ser visto na Figura 01 (c).

- 3ª Câmara - Filtro Anaeróbio 2 e Decantador Laminar Secundário (F.A2+D.L.S): Esta Câmara corresponde a 30% do volume total da base cilíndrica, 1,06 m³. Em sua parte inferior, foi construído um filtro anaeróbio ascendente dimensionado com base na norma NBR 13.969 com mesmo material filtrante que o Filtro Anaeróbio 1. Na parte superior foi instalado um Decantador Laminar Secundário, que possui dez lâminas posicionadas a 60° em relação à horizontal e distanciadas 3,0 cm. Entre o Filtro Anaeróbio (2) e o Decantador Laminar Secundário existe uma placa perfurada que impede a passagem dos conduítes para a próxima etapa e uma placa defletora que impede a entrada de espuma no decantador laminar. O corte esquemático da câmara 3 pode ser visto na Figura 01 (d).

O fluxo do efluente dentro do Protótipo segue a dinâmica exposta a seguir. O efluente doméstico bruto entra no sistema por um tubo que o conduz até a parte inferior da 1ª Câmara, no ponto A da Figura 01 (b). Em fluxo ascendente, a espuma é separada pelas placas defletoras da Câmara de Sedimentação Laminar e o efluente segue por dentro da Câmara de Sedimentação até a parte superior, local em que é coletado por uma canaleta, no ponto B, Figura 01 (a). Em seguida, o efluente clarificado do decantador é conduzido por um tubo até a parte inferior da 2ª Câmara e distribuído por um tubo em fluxo ascendente. A partir daí, o efluente atravessa o Filtro Anaeróbio e é coletado por uma canaleta em sua parte superior ponto C, Figura 01 (a). Após esse processo, é novamente conduzido por um tubo até o fundo da 3ª Câmara e distribuído por um tubo em fluxo ascendente. O efluente atravessa o Filtro Anaeróbio da 3ª Câmara. Após o filtro anaeróbio da 3ª câmara existe uma placa perfurada que impede a passagem dos pedaços de conduíte para a próxima fase e uma placa defletora, que impede que a espuma formada durante o processo passe para a saída do sistema. Logo após a passagem pela placa defletora, o efluente passa pelo Decantador Laminar Secundário, é coletado em sua parte superior e sai do sistema pelo ponto D, Figura 01 (a).

As dimensões do protótipo de uma estação compacta e modular de tratamento de esgoto unifamiliar estão apresentadas na Tabela 01.

Tabela 01 - Dimensões do protótipo e das câmaras que o compõe.

V total (m ³)	A total (m ²)	H total (m)	D total (m)	Câmara 1		Câmara 2		Câmara 3	
				V (m ³)	A (m ²)	V (m ³)	A (m ²)	V (m ³)	A (m ²)
3,53	1,77	2,00	1,5	1,41	0,71	1,06	0,53	1,06	0,53

(V) Volume, (A) Área, (H) altura, (D) Diâmetro.

A escolha do local em que o protótipo foi instalado levou em consideração, que a região não possui rede coletora de esgoto, que a família é constituída por quatro moradores fixos e, principalmente, porque houve completa disposição por parte dos proprietários em colaborar com o desenvolvimento da pesquisa. A residência está situada a cerca de 25 km da região central de Brasília-DF. O fluxograma da Figura 02 mostra em tracejado a ligação antiga de esgotamento sanitário, constituída de fossa e sumidouro e a nova ligação, constituída pelo protótipo e sumidouro, em linhas contínuas.

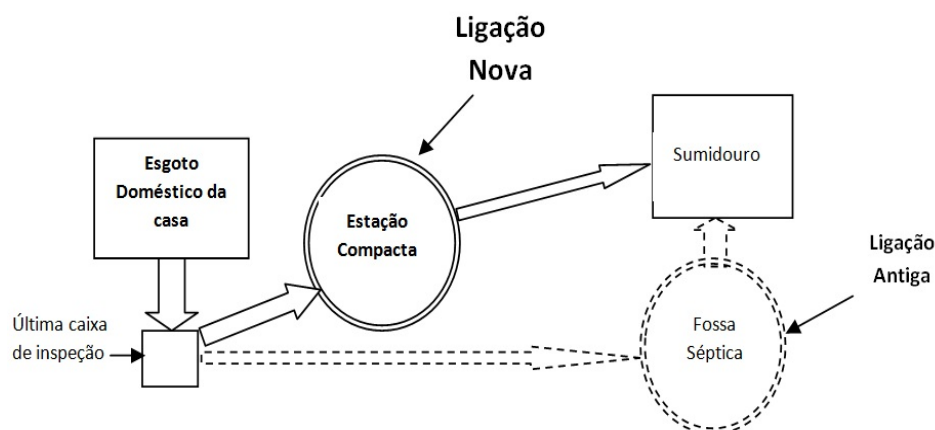


Figura 02- Fluxograma do antigo esgotamento sanitário e a nova configuração.

A inicialização (STARTUP) do sistema envolveu duas fases. A primeira foi a inoculação e a segunda a estabilização. A inoculação foi feita, assim como Passig e Blundi (1997), Pereira-Ramirez *et al.* (2001) e Aisse e Sobrinho (2001), usando lodo estabilizado. Foi adicionado lodo estabilizado perfazendo 10% do volume útil do protótipo. A estabilização do sistema foi determinada em função da concentração do efluente e da DBO e DQO nos pontos coletados.

Uma vez inoculado o sistema, iniciaram-se as visitas de rotina, determinadas pelo no horário de maior uso das instalações hidráulico-sanitárias da residência, de acordo com relatos dos próprios moradores (compreendido entre 6:30 e 7:30 da manhã). Esse monitoramento teve o intuito de determinar qual é o período de estabilização do protótipo de estação compacta no tratamento de esgotos em unidades residenciais unifamiliares.

Nas visitas de rotina ao protótipo instalado foi seguido um protocolo pré determinado. Todo procedimento foi realizado de acordo com o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (AWWA/APHA/WPCF, 1999). Assim, foram realizadas medidas *in loco* (Temperatura, pH e condutividade) e coletas de amostras para a caracterização qualitativa de esgoto (DQO, DBO). Os exames foram realizados no Laboratório de Análise de Água (LAA), pertencente ao Departamento de Engenharia Civil e Ambiental (ENC) da Universidade de Brasília (UnB). Os quatro pontos selecionados foram: entrada do esgoto bruto (EB), realizada no ponto A; ponto B, que fica na saída da câmara 1; ponto C, que fica na saída da câmara 2, e por fim, ponto D, que fica na saída da câmara 3, correspondendo ao efluente final, conforme Figura 01.

RESULTADOS

A instalação do protótipo ocorreu no dia 08/07/2013 e, no dia 12/07/2013, foi realizada a inoculação do sistema. Para isso, foi utilizado lodo estabilizado, assim como Passig e Blundi (1997), Pereira-Ramirez *et al.* (2001) e Aisse e Sobrinho (2001). O lodo utilizado, oriundo de uma fossa séptica que tinha permanecido por um ano sem retirada, foi coletado de um caminhão limpa fossa que descarregava na estação de tratamento de esgoto de Brasília - Asa Sul - ETEB-Sul. Foi colocado em cada câmara cerca de 10% do volume útil em lodo, que somou um total de 270 litros de lodo, com a seguinte distribuição: 110 litros na primeira câmara, 80 litros na segunda e 80 litros na terceira.

No dia 17/07/2013 foi realizada a primeira coleta e, no dia 08/10/2013, a última considerada nesse estudo. Ao todo foram realizadas 14 visitas ao protótipo com a finalidade de coletar amostras para monitorar a estabilização da estação compacta de tratamento de esgoto. Nessas coletas foram realizadas medições *in loco* de temperatura, pH e condutividade. Em seguida, as amostras foram encaminhadas para o laboratório da UnB para a caracterização qualitativa de DBO₅ e DQO.

Tendo em vista que este protótipo foi instalado *in situ*, algumas características do esgoto bruto são diferentes se comparadas ao encontrado na literatura e nas pesquisas desenvolvidas utilizando esgoto doméstico de estações de tratamento convencionais. Vários são os fatores que podem influenciar as características como infiltração na rede, consumo de água *per capita* da região que a ETE atende, condição social, entre outros.

A Tabela 02 mostra as características, DBO, DQO, temperatura, pH e condutividade, do esgoto bruto no local em que o protótipo foi instalado.

Tabela 02- Características do esgoto bruto em que o protótipo foi instalado, continuação

Característica do Esgoto Bruto					
	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	T (°C)	ph	Condutividade
Nº de Dados	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00
Média	638,03	1284,26	22,05	6,65	995,33
Mediana	632,00	1296,00	21,90	6,68	1020,00
Máximo	796,00	1492,00	23,40	7,00	1220,00
Mínimo	508,00	1090,00	21,00	6,26	663,00
Desvio Padrão	76,32	116,11	0,76	0,19	183,85

As características do esgoto bruto como a DBO, DQO do local em que o protótipo foi instalado se mostraram mais concentradas do que as apresentadas na literatura. Em relação à DBO₅ do esgoto bruto, a média de concentração de 638,03 mg/L encontrada na residência se mostra acima da média apresentada por Von Sperling (2005). Nos sistemas por ele avaliados o valor de DBO₅ varia de 250 a 400 mg/L, sendo típico 300 mg/L. Os sistemas que Jordão e Pessoa (2009) avaliaram a variação de DBO₅, vai de 100 a 400 mg/L.

Sartori (2010), em sua pesquisa, encontrou concentrações que variaram de 174 a 201 mg/L, enquanto o sistema monitorado por Bof *et al.* (2001) apresentou uma concentração média de 204 mg/L. No sistema de Alves *et al.* (2004) o valor de DBO foi de 210 mg/L e no sistema de Sousa e Chernicharo (2005) a média foi de 446 mg/L. Já Orrico (2005), que avaliou o seu sistema operado *in situ*, obteve média de concentração de DBO₅ de 860 mg/L.

Assim como a concentração de DBO₅, a de DQO também foi alta, apresentando uma média de 1.284,26 mg/L. Na literatura, as concentrações de DQO reportadas são menores. Nos sistemas avaliados por Von Sperling (2005), as concentrações variaram de 450 a 800 mg/L e apresentaram como valor típico 600 mg/L.

Já para Jordão e Pessoa (2009), a concentração variou de 200 a 800mg/L, sendo o valor médio em torno de 400 mg/L. Em sua pesquisa, Valentim (1999) encontrou concentrações pequenas de DQO, com média de 316 mg/L, assim como Javarez Júnior (2007), que obteve no sistema avaliado uma média de 327,7 mg/L.

Nos sistemas avaliados por Alves *et al.* (2004) a concentração média foi de 419 mg/L de DQO. Já para Aisse *et al.* (2000) a concentração média foi de 479 mg/L e para Bof *et al.* (2001) foi de 477 mg/L. Em seu estudo, Sartori (2010) encontrou no sistema avaliado concentrações variando entre 607 e 623mg/L e o sistema de Silva e Nour (2005) obteve média de 790 mg/L. Chernicharo e Sousa (2006) mostraram que nos protótipos avaliados por eles as concentrações médias foram de 271 mg/L na época chuvosa e de 1293 mg/L no período sem chuvas.

Durante a realização dessa pesquisa, a temperatura do esgoto doméstico nos diferentes pontos coletados do protótipo instalado se manteve praticamente constante, como mostra a Tabela 03. A média no E.B foi de 22,05°C, no T.I.M foi de 21,77°C, no F.A.1 foi de 21,70°C e no F.A.2+D.L.S 21,69 °C. A temperatura está relacionada à transferência de calor por radiação solar e, como as coletas foram realizadas por volta das 7 horas da manhã, possivelmente era inferior nesse horário em comparação ao restante do dia. As temperaturas obtidas nos quatro pontos coletados foram consideradas satisfatórias para manutenção das atividades microbianas do protótipo concebido.

Tabela 03- Resultados da Temperatura nos quatro pontos coletados do protótipo
Resultados da Temperatura (°C)

	E.B	Câmara 1 T.I.M	Câmara 2 F.A(1)	Câmara 3 F.A(2)+ D.S.L
Nº de Coletas	14	13	13	13
Média	22,05	21,77	21,70	21,69
Mediana	21,90	21,50	21,40	21,40
Máximo	23,4	23,90	23,60	23,60
Mínimo	21	19,50	20,30	20,30
Desvio Padrão	0,76	1,18	0,96	0,95

E.B=Esgoto Bruto, T.I.M= Tanque Imhoff Modificado, F.A.1=Filtro Anaeróbio 1. F.A.2=Filtro Anaeróbio 2 + D.S.L= Decantador Secundário Laminar.

Os resultados do protótipo concebido em relação ao pH nos quatro pontos coletados, como mostra a tabela 04, mantiveram uma média de 6,65 no E.B, 6,69 no T.I.M e 6,81 no F.A.1 e no F.A.2+D.L.S de 6,82. O pH é uma característica do esgoto que está intimamente ligada às taxas de crescimento dos microrganismos, sendo um aspecto favorável a neutralidade. Portanto, os resultados de pH do protótipo próximos a neutralidade provavelmente favoreceram o desenvolvimento da atividade dos microrganismos responsáveis pelo tratamento do esgoto.

Tabela 04- Resultados de pH nos quatro pontos coletados do protótipo
Resultados de pH

	E.B	Câmara 1 T.I.M	Câmara 2 F.A(1)	Câmara 3 F.A(2)+ D.S.L
Nº de Coletas	14,00	13,00	13,00	13,00
Média	6,65	6,69	6,81	6,82
Mediana	6,68	6,73	6,84	6,79
Máximo	7,00	6,89	6,95	7,02
Mínimo	6,26	6,30	6,58	6,62
Desvio Padrão	0,19	0,18	0,11	0,12

E.B=Esgoto Bruto, T.I.M= Tanque Imhoff Modificado, F.A.1=Filtro Anaeróbio 1. F.A.2=Filtro Anaeróbio 2 + D.S.L= Decantador Secundário Laminar.

Em relação à condutividade dos efluentes dos pontos coletados, foi obtido como resultado um valor médio de 995,33 µS/cm no E.B, 758,23 µS/cm no T.I.M, 734,23 µS/cm no F.A.1 e 715 µS/cm no F.A.2+D.L.S, como mostra a Tabela 05. Tais resultados mostram que a condutividade elétrica variou muito pouco de uma câmara para outra.

Tabela 05 - Resultados de condutividade (µS/cm) dos efluentes nos quatro pontos coletados do protótipo
Resultados de Condutividade

	E.B (µS/cm)	Câmara 1 T.I.M (µS/cm)	Câmara 2 F.A(1) (µS/cm)	Câmara 3 F.A(2)+ D.S.L (µS/cm)
Nº de Coletas	14,00	13,00	13,00	13,00
Média	995,33	758,23	734,23	715,00
Mediana	1020,00	815,00	790,00	770,00
Máximo	1220,00	842,00	829,00	819,00
Mínimo	663,00	532,00	535,00	495,00
Desvio Padrão	183,85	100,98	93,27	109,35

E.B=Esgoto Bruto, T.I.M= Tanque Imhoff Modificado, F.A.1=Filtro Anaeróbio 1. F.A.2=Filtro Anaeróbio 2 + D.S.L= Decantador Secundário Laminar.

Um das principais características utilizadas para verificar se a estação de tratamento de esgoto doméstico estava estabilizada foi a DBO₅. Assim, observou-se até o momento em que as concentrações nos quatro pontos estivessem estabilizadas. A Tabela 06 mostra a média nos quatro pontos de coleta durante o período da pesquisa, mostrando que houve uma redução da concentração média do esgoto em relação a DBO₅. A média da concentração de DBO₅ manteve-se alta nos quatro pontos, sendo 638,03mg/L no E.B, 496,50 mg/L no T.I.M, 410,42 mg/L no s F.A.1 e 314,11 mg/L no conjunto F.A.2+D.L.S.

Tabela 06- Resultados da concentração de DBO₅, nos quatro pontos coletados do protótipo
Resultados da DBO₅ em (mg/L)

	E.B	Câmara 1 T.I.M	Câmara 2 F.A(1)	Câmara 3 F.A(2)+ D.S.L
	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
Nº de Coletas	14	13	13	13
Média	638,03	496,50	410,42	314,12
Mediana	632,00	496,00	425,00	342,00
Máximo	796,00	624,00	536,00	422,00
Mínimo	508,00	318,00	268,00	116,00
Desvio Padrão	76,32	64,31	71,81	95,15

E.B=Esgoto Bruto, T.I.M= Tanque Imhoff Modificado, F.A.1=Filtro Anaeróbio 1. F.A.2=Filtro Anaeróbio 2 + D.S.L= Decantador Secundário Laminar.

A Figura 03 mostra de forma mais clara a estabilização da estação compacta de tratamento de esgoto ao longo do tempo em relação a concentração de DBO₅ nos quatro pontos coletados. Pode-se observar no gráfico que a concentração do efluente final (F.A.2+D.L.S) foi decrescendo ao longo do tempo. O último dado desta pesquisa mostra que o sistema se estabilizou e que a concentração média foi de 674 mg/L no E.B, 450 mg/L no T.I.M, 272 mg/L no s F.A.1 e com efluente final de 124 mg/L no conjunto F.A.2+D.L.S.

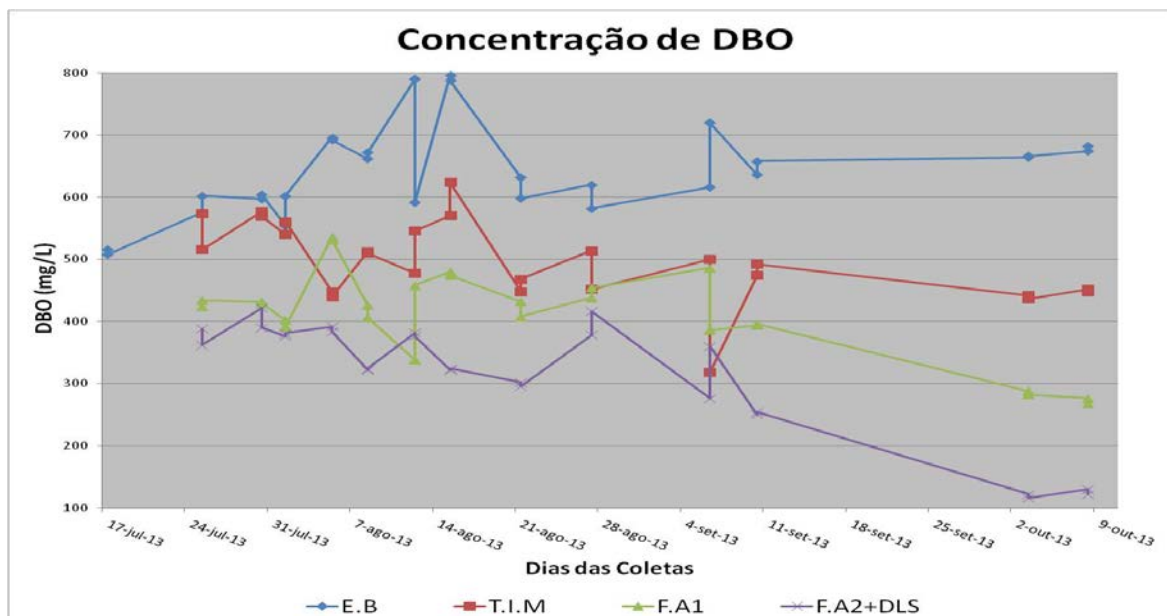


Figura 03- Gráfico da concentração de DBO₅ nos efluentes dos quatro pontos coletados ao longo do monitoramento

Foram necessários cerca de três meses para estabilização completa do sistema. No primeiro mês houve grande oscilação das concentrações, provavelmente por que não ainda havia sido o biofilme, que é o responsável pela decomposição da matéria orgânica. Em números absolutos, o sistema obteve uma eficiência total de remoção de DBO₅ de 323,93 mg/L e quando estabilizou, de 550 mg/L, mostrando a boa eficiência em remoção de matéria orgânica. Tratando-se da eficiência de remoção em cada câmara, no T.I.M a média foi de 22,18%, no

F.A(1) de 12,58% e no conjunto F.A(2)+ D.S.L de 23,461%, totalizando 50,76 % de eficiência do protótipo. Após sua estabilização a eficiência foi de 81,60%.

Outra característica utilizada para verificar se a estação de tratamento de esgoto doméstico estava estabilizada foi a DQO. A Tabela 07 mostra a média da concentração de DQO nos quatro pontos coletados durante a fase de estabilização.

Tabela 07- Resultados da concentração de DQO, nos quatro pontos coletados do protótipo
Resultados da DQO em (mg/L)

	E.B	Câmara 1 T.I.M	Câmara 2 F.A.1	Câmara 3 F.A.2+ D.S.L
	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
Nº de Coletas	14,00	13,00	13,00	13,00
Média	1284,26	890,64	757,08	588,92
Mediana	1296,00	884,00	746,00	609,00
Máximo	1492,00	1015,00	887,00	755,00
Mínimo	1090,00	785,00	685,00	246,00
Desvio Padrão	116,11	60,65	57,22	152,42

E.B=Esgoto Bruto, T.I.M= Tanque Imhoff Modificado, F.A.1=Filtro Anaeróbio 1. F.A.2=Filtro Anaeróbio 2 + D.S.L= Decantador Secundário Laminar.

Por meio dessa tabela é possível confirmar que a concentração de DQO nos quatro pontos coletados foi alta, sendo 1284,26 mg/L no E.B, 890,64 mg/L no T.I.M, 757,08 mg/L no F.A.1 e 588,92 mg/L no conjunto F.A.2+D.L.S. Em números absolutos, o sistema obteve uma eficiência total de remoção de DQO de 695,34 mg/L e quando estabilizou, de 1059 mg/L, mostrando a boa eficiência do sistema em remover matéria orgânica.

Assim como a DBO, a forma mais clara de mostrar a estabilização do protótipo pela DQO é por meio de um gráfico, como mostra a Figura 04. No gráfico pode-se observar a concentração de DQO dos quatro pontos ao longo do tempo e, principalmente, o decaimento da concentração de DQO do efluente final até sua completa estabilização. Na última coleta a concentração de DQO foi de 1316 mg/L no E.B, 884 mg/L no T.I.M, 698 mg/L no s F.A.1 e com efluente final de 250 mg/L no conjunto F.A.2+D.L.S.

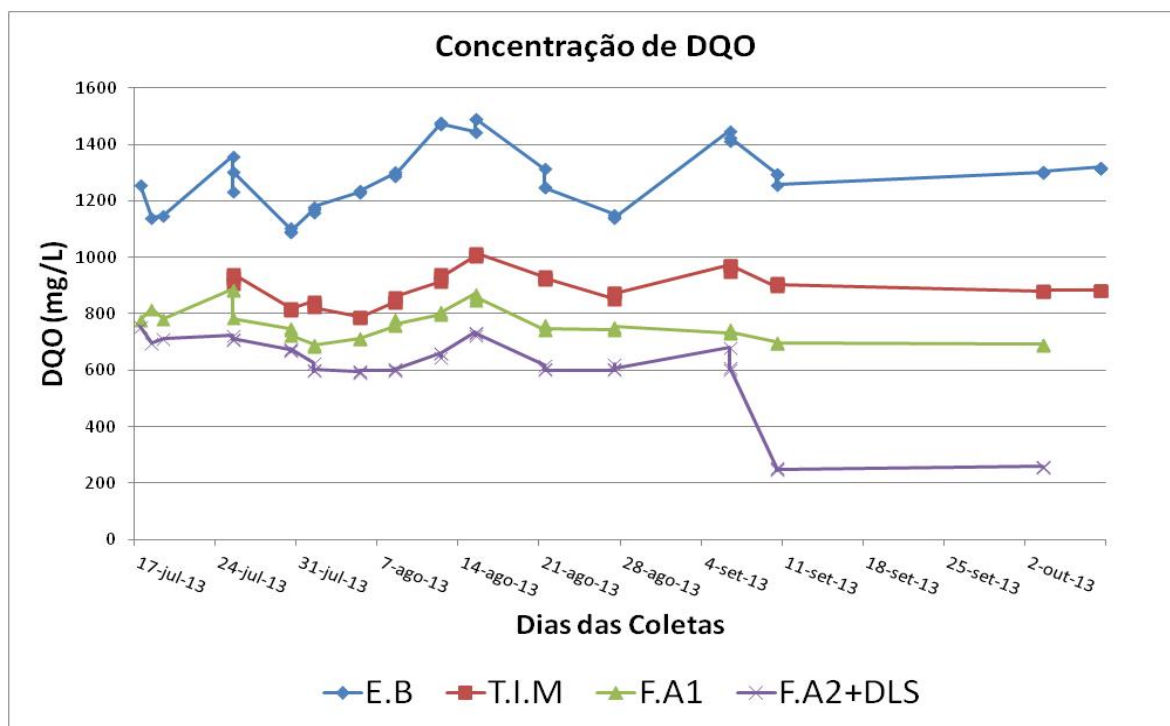


Figura 04 - Gráfico da concentração de DQO nos efluentes dos quatro pontos coletados ao longo do monitoramento.

Tratando-se da eficiência de remoção em cada câmara, no T.I.M a média foi de 30,64%, no F.A(1) de 14,99% e no conjunto F.A(2)+ D.S.L de 22,21%, totalizando 54,14 % de eficiência do protótipo. Após sua estabilização a eficiência foi de 81%. O sistema mostrou-se eficiente na remoção de DQO em números absolutos, uma vez que removeu uma média de 695,34 mg/L de DQO, quando estabilizou o sistema removeu 1066 mg/L de DQO.

CONCLUSÕES

A pesquisa apresentada nesse trabalho mostrou que a incubação de uma estação compacta de tratamento de esgotos domésticos pode ser realizada com lodo estabilizado de fossa séptica, desde que com volumes adequados.

Em relação à estabilização da estação compacta, a pesquisa mostrou que acontece com um pouco mais de dois meses. Assim que estação se estabilizou, a concentração do efluente final foi de 250 mg/L e a eficiência de 81% para DQO. Para a DBO_5 , a concentração foi de 124 mg/L e a eficiência foi de 81,6 %. Portanto, o protótipo se mostrou uma alternativa adequada ao tratamento de esgoto doméstico *in situ*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7229 "Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos". Rio de Janeiro, RJ. 15p, 1993.
2. ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13969 "Tanques sépticos, Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos, Projeto, Construção e Operação." Rio de Janeiro, RJ. 60p, 1997.
3. AISSE, M.M., SOBRINHO, P.A. "Avaliação do sistema reator UASB e filtro biológico aerado submerso para tratamento de esgoto sanitário". Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios; Coletânea de Trabalhos Técnicos - Volume 2. Belo Horizonte, 2001, p. 131-140, 2001.
4. AISSE, M.M., LOBATO, M. B., BONA, A., GARBOSA, L. H. P. "Estudo comparativo do reator UASB e do reator anaeróbio compartimentado sequencial no tratamento de esgoto sanitário". Anais do 27º Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria Y Ambiental, Porto Alegre, RS, Brasil, 2000.

5. ALVES, C.V.P., CHERNICHARO, C.A.L., VON SPERLING, M., FRADE, E.C. "Saneamento ambiental: a hora da solução" Anais da 34ª Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento, ASSEMAE, p.7, Rio Grande do Sul, RS, Brasil, 2004.
6. APHA, AWWA; WPCF. "Standard methods for examination of water and wastewater". 20th edition, American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, Washington DC, USA, 1999.
7. BRASIL, Lei Federal nº 9.638, de 31 de Agosto de 1981. "Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências". Política Nacional do Meio Ambiente. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF, (1981).
8. BOF, V.S., SANT'ANA, T.D., WANKE, R., SILVA, G. M., SALIM, F. P. C., NARDOTTO, J. I.O., NETTO, E. S. e PEGORETTI, J. M. "ETEs compactas associando reatores anaeróbios e aeróbios ampliam a cobertura do saneamento no estado do Espírito Santo." Estudo comparativo do reator UASB e do reator anaeróbio compartimentado sequencial no tratamento de esgoto sanitário, ABES, II-170, João Pessoa, Brasil, 2001.
9. CHERNICHARO, C. A. L. SOUSA, V. P. (2006) "Desenvolvimento de um sistema compacto de tratamento de esgotos domésticos oriundos de populações dispersas ou de pequenas comunidades em áreas rurais (Siscote)." 2º Caderno de pesquisa em engenharia e saúde pública, Estudos e Pesquisas, Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde, Funasa, Brasília, DF, Brasil, 119 – 144p, 2006.
10. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. "Pesquisa Nacional de Saneamento Básico- PNSB 2008", 2010.
11. JAVAREZ JÚNIOR, A., JÚNIOR e D.R.P., GAZZOLA, J. "Avaliação do desempenho de dois sistemas modulares no tratamento anaeróbio de esgoto em comunidades rurais." Engenharia Agrícola, Jaboticabal, 27(3), 794-803, 2007.
12. JORDÃO, E. P. E PESSÔA, C. A. "Tratamento de esgotos domésticos". ABES 5ª ed. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, (2009).
13. METCALF & EDDY. "Wastewater engineering: treatment disposal reuse". 3ªed. McGraw-Hill Book Company, New York, E.U.A, (1991).
14. ORRICO, S.R.M. "Tratamento de esgoto com processos simplificados como alternativa para pequenas comunidades do estado da Bahia" Anais do 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES, II-047, Campo Grande, MS, 2005.
15. PASSIG, F.H, E BLUNDI, C.E. (1997) "Filtro anaeróbio de fluxo ascendente: uma nova concepção" Anais do 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES, I-047, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 1997.
16. PEREIRA- RAMIREZ, O., ANTUNES, R.M., QUADRO, M.S. e KOETZ, P.R. "Pós-Tratamento de efluentes de reator UASB com filtros anaeróbios". Revista brasileira de Agrociência, 7(3), p.209-212, set-dez, 2001.
17. SARTORI, MARIA APARECIDA "Desempenho de Vermifiltros no tratamento de esgoto doméstico em pequenas quantidades." Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Viçosa, programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola. Viçosa, MG, 2010.
18. SILVA, G. H. R. NOUR, E. A. A. "Reator compartimentado anaeróbio/aeróbio: Sistema de baixo custo para tratamento de esgotos de pequenas comunidades". Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 9(2) p.268-275. Campina Grande, PB, 2005.
19. SOUSA, V. P. e CHERNICHARO, C. A. L. "Sistema compacto de tratamento de esgoto domiciliares composto de tanque séptico modificado e reatores anaeróbios híbridos operando em série". Anais do 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES, II-205, Campo Grande, MS, Brasil, 2005.
20. VALENTIM, M. A. A. "Uso de leitos cultivados no tratamento de efluente de tanque séptico modificado". Dissertação de Mestrado, FEAGRI – Faculdade de Engenharia Agrícola – UNICAMP, Campinas, SP, Brasil. 119 p, 1999.
21. VON SPERLING, M. "Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto", Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. UFMG Vol.1. Belo Horizonte, Brasil, 53-116p, (2005).