

## II-452 - UTILIZAÇÃO DE DECANTAÇÃO LAMINAR ACOPLADA A PROCESSOS BIOLÓGICOS PARA TRATAMENTO ANAERÓBIO DE ESGOTOS

**Lucas Achaval Silva<sup>(1)</sup>**

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<sup>(1)</sup>:** 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

O lançamento indiscriminado de esgoto nos corpos d'água causa muitos inconvenientes. Considerando a situação sanitária do Brasil e que parte da sua população não é atendida por rede coletora de esgoto, este trabalho teve o objetivo de desenvolver um protótipo de estação compacta para tratamento de esgotos sanitários gerados por unidades residenciais unifamiliares utilizando decantadores laminares.

Nesta pesquisa foi avaliada a eficiência dos decantadores laminares na remoção de Sólidos Totais, Sólidos Totais Voláteis, Sólidos Totais Fixos, Sólidos Suspensos Totais e Sólidos Sedimentáveis. Os decantadores em questão fazem parte de protótipo de estação compacta de tratamento de esgotos domésticos, que é modular e compacto, com formato circular e dividido em três câmaras.

O protótipo de estação compacta de tratamento de esgotos domésticos, que possui dois decantadores laminares e que foi operado sob condições reais, obteve eficiência média de remoção de 87,14% de Sólidos Suspensos Totais-SST, 100% de Sólidos Sedimentáveis-SSed, 47,01% de Sólidos Totais-ST, 48,54% de Sólidos Totais Voláteis- STV e 45,13% de Sólidos Totais Fixos- STF.

A pesquisa mostrou que os decantadores laminares acoplados ao protótipo são eficientes na remoção de SST, SSed, ST, STV e STF, principalmente o que estava na primeira câmara, chamado de Tanque Imhoff Modificado – T.IM.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tratamento de Esgoto, Estação Compacta, Decantador Laminar, Residências Unifamiliares.

### INTRODUÇÃO

O saneamento básico é de suma importância para a população, uma vez que sua ausência pode tornar o ambiente insalubre. Nesse sentido, é necessário tornar sadio o espaço em que a população vive. Um dos caminhos pelos quais se pode conseguir isso é por meio do abastecimento com água potável, coleta e disposição de forma adequada dos resíduos sólidos, líquidos e gasosos gerados e da drenagem urbana, além do controle de doenças transmissíveis.

Nesse contexto, torna-se indispensável a gestão eficiente dos recursos hídricos, tendo em vista que o crescimento populacional e o desenvolvimento industrial levam à degradação da qualidade e a redução da quantidade desses recursos. Dessa forma, a aplicação de tecnologia de tratamento de água e de águas

residuárias torna-se um instrumento indispensável. Assim, a aplicação de tecnologia de tratamento de água e de águas residuárias torna-se um instrumento indispensável.

Os inconvenientes causados por lançamentos indiscriminados de esgoto nos corpos d'água são, por exemplo, 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.

Dessa forma, é imprescindível 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 de esgoto 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.

Os dados apresentados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE, (2010), consubstanciado nos resultados da Pesquisa Nacional de Saneamento (PNSB) referente ao ano de 2008, mostraram 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%).

Na mesma pesquisa do IBGE, (2010) outro dado que chama atenção, 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. Assim, pode-se observar é que as populações, de forma geral, distantes das regiões centrais não são atendidas pelo tratamento de esgoto.

Diante dessa situação sanitária, seria possível criar um sistema de tratamento de esgoto unifamiliar, de baixo custo, compacto e construído com material leve, que possibilitasse o tratamento eficiente dos esgotos gerados por essa parcela da população? Assim, o presente trabalho se justifica por existirem populações isoladas e periféricas que não são atendidas por nenhum sistema de tratamento de esgotos ou são atendidas por sistemas falhos. Outro ponto importante é que as pesquisas científicas voltadas a esse tipo de tecnologia, que envolvem os requisitos citados anteriormente, ainda têm muito a avançar, principalmente no que diz respeito ao uso de decantadores laminares no tratamento de esgotos domésticos.

Portanto, esta pesquisa almeja servir de base para estudos futuros, causando um impacto tecnológico e, dessa forma, minimizando problemas de saúde pública. Aspira-se também causar impacto econômico por meio da concepção de modelo economicamente viável para populações isoladas que minimize o impacto ambiental (reduzindo riscos de contaminação dos recursos hídricos) e o impacto social (minimizando riscos para saúde pública e colaborando para a melhora na qualidade de vida da população).

## OBJETIVO

O objetivo da pesquisa foi avaliar a utilização de decantação laminar acoplada a processos biológicos para tratamento anaeróbio de esgotos, em especial na remoção de Sólidos Totais, Sólidos Totais Voláteis, Sólidos Totais Fixos, Sólidos Suspensos Totais e Sólidos Sedimentáveis. O protótipo em questão foi instalado *in situ* e operado em situações reais.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A estação compacta de tratamento de esgoto unifamiliar foi fabricada em fibra de vidro e em escala real. O protótipo foi instalado no local de produção e origem do esgoto, uma unidade geradora unifamiliar situada em uma região administrativa do Distrito Federal-DF, em uma residência térrea. A estação foi projetada para cinco habitantes e para tratamento de esgoto sanitário não segregado.

A estação de tratamento é compacta e fabricada em um módulo, como mostra a Figura 01. Esta proposta não necessita equipamentos, energia elétrica ou operador para seu funcionamento. A estação compacta possui formato cilíndrico e foi dividida em três câmaras. A primeira câmara - Tanque Imhoff Modificado (T.I.M) - é 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, ocupando 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, baseado em modelo utilizado por Silva e Nour (2005). Já 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) e o processo de construção do tanque Imhoff modificado pode ser verificado na Figura 02 (c) e (d).

Em sua segunda câmara- Filtro Anaeróbio 1 (F.A1)- existe 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 com 3,0 cm de comprimento e 32 mm de diâmetro, assim como Pimenta *et al.* (2005) e Chernicharo e Sousa (2006). De acordo com Chernicharo (2007), a porosidade de material de recheio está na ordem de 95%, apresenta área superficial em torno de ( $\sim 200 \text{ m}^2/\text{m}^3$ ) e peso de  $55 \text{ Kg/m}^3$ . 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).

Sua terceira câmara, composta por Filtro Anaeróbio 2 e Decantador Laminar Secundário (F.A2+D.L.S), corresponde a 30% do volume total da base cilíndrica,  $1,06 \text{ m}^3$ . 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) e o processo de construção do decantador laminar pode ser visto na Figura 02 (a) e (b).

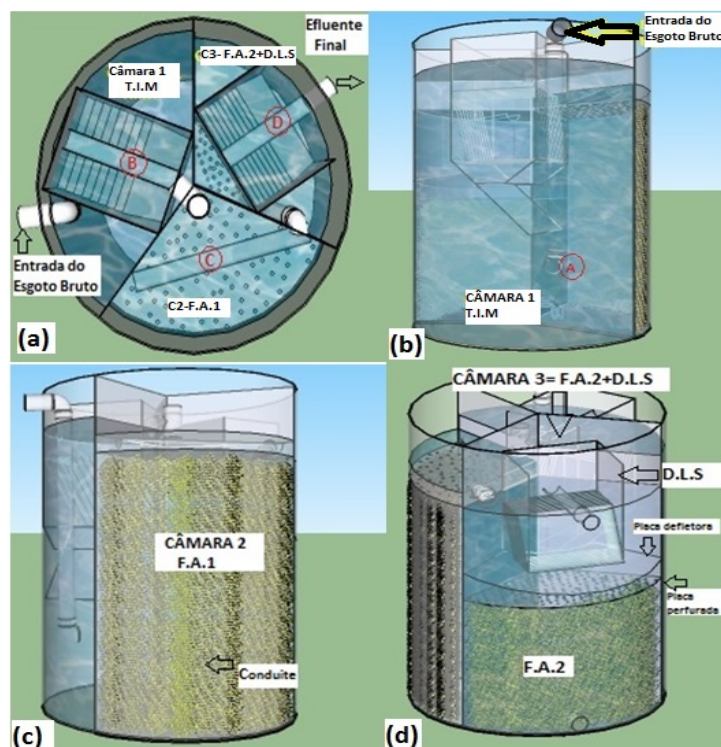
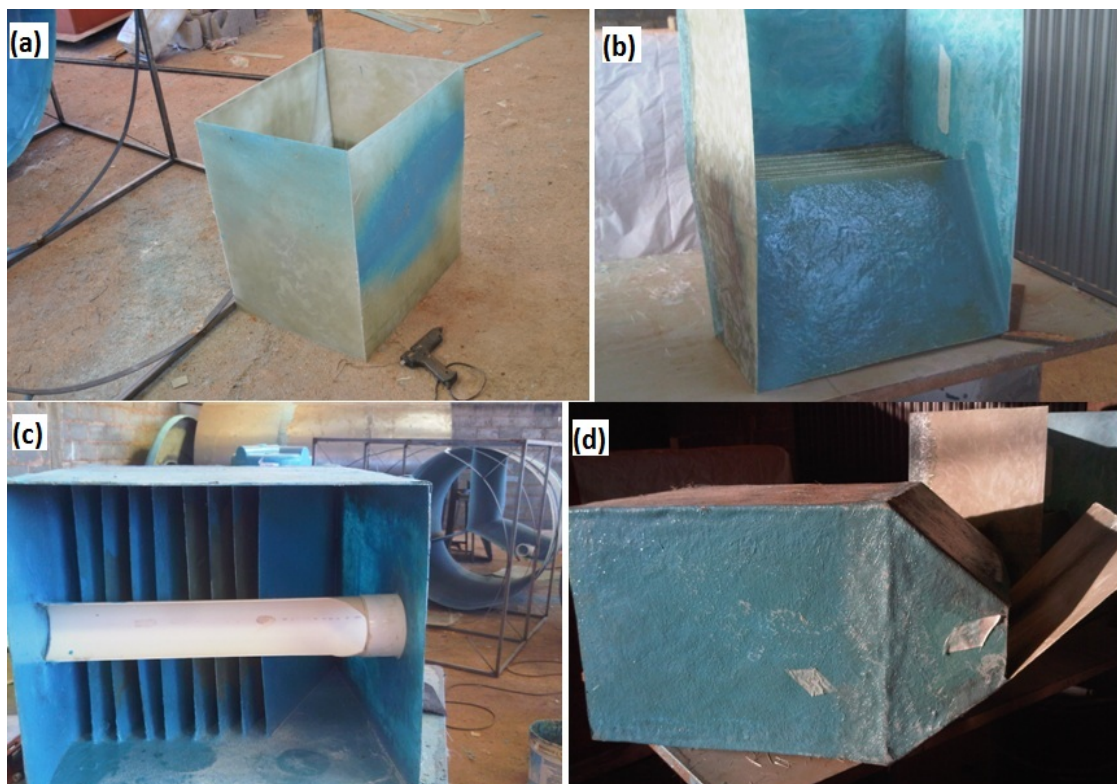


Figura 1- (a) Desenho da vista do topo do protótipo. (b) Vista da câmara 1 – T.I.M. Tanque Imhoff Modificado. (c) Vista câmara 2- F.A.1, Filtro Anaeróbio 1; (d) Vista da câmara 3 – F.A.2 + D.L.S, Filtro anaeróbio 2 e Decantador Laminar Secundário.





**Figura 02– Processo de fabricação, (a) Colagem das placas com cola quente no processo de montagem das peças; (b) Montagem do Decantador Laminar Secundário; (c) Câmara de sedimentação laminar do Tanque Imhoff vista de cima e (d) Câmara de sedimentação laminar do Tanque Imhoff vista da lateral.**

A dinâmica do fluxo do efluente dentro da estação compacta de tratamento de esgoto se faz da seguinte forma: o efluente doméstico bruto é alimentado ao 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 Anaeróbico e é coletado por uma canaleta em sua parte superior ponto C, Figura 01 (a). Após esse processo, o efluente é novamente conduzido por um tubo até o fundo da 3ª Câmara e distribuído por um tubo em fluxo ascendente. O efluente atravessa então o Filtro Anaeróbico da 3ª Câmara. No filtro anaeróbico 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).

O protótipo de estação compacta e modular de tratamento de esgoto unifamiliar possui as seguintes dimensões: Volume total de 3,53 m<sup>3</sup>; Área total de 1,77 m<sup>2</sup>; Altura total de 2,00 m; Diâmetro total de 1,5 m. A câmara 1 possui o volume de 1,41 m<sup>3</sup> e área de 0,71m<sup>2</sup>; a câmara 2 possui o volume de 1,06 m<sup>3</sup> e área de 0,53m<sup>2</sup> e a câmara 3 possui o volume de 1,06 m<sup>3</sup> e área de 0,53m<sup>2</sup>.

O local escolhido para que o protótipo fosse 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 em uma região administrativa do Distrito Federal-DF. Na casa em que o protótipo foi instalado, todo esgoto sanitário da casa era destinado a uma fossa séptica e depois a um sumidouro. Com a instalação do protótipo, a fossa séptica foi desativada e o todo o esgoto sanitário da casa foi direcionado para o protótipo e depois seguia para o sumidouro.

Ao todo foram cinco meses de monitoramento e 32 visitas com o intuito de coletar material, iniciadas no dia 03/10/2013 e finalizadas no dia 14/02/2014. As caracterizações foram feitas *in loco* (Temperatura, pH e condutividade) e as coletas de amostras para a caracterização qualitativa de esgoto (DQO, DBO), feitas em laboratório. 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). Todo procedimento foi realizado de acordo com o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (AWWA/APHA/WPCF, 1999).

Os pontos selecionados para avaliar como os decantadores laminares removem Sólidos Totais, Sólidos Totais Voláteis, Sólidos Totais Fixos, Sólidos Suspensos Totais e Sólidos Sedimentáveis, são: entrada do esgoto bruto (EB) que corresponde ao 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 a Figura 01. A avaliação comparou a eficiência de cada câmara, assim como a tecnologia apresentada por outros autores.

## RESULTADOS

A temperatura do efluente nos quatro pontos coletados no protótipo instalado se manteve praticamente constante, como mostra a Tabela 01. A média no E.B foi de 23,74°C, no T.I.M foi de 24,03°C, no F.A.1 foi de 23,7°C e no F.A.2+D.L.S 23,74°C. As temperaturas obtidas nos quatro pontos coletados são consideradas satisfatórias para manutenção das atividades microbianas do protótipo concebido.

**Tabela 01- 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	32,00	32,00	32,00	32,00
<b>Média</b>	<b>23,74</b>	<b>24,03</b>	<b>23,75</b>	<b>23,74</b>
Mediana	23,80	24,00	23,80	23,80
Máximo	25,20	25,60	25,20	25,00
Mínimo	21,20	22,40	21,40	21,40
Desvio Padrão	0,76	0,70	0,76	0,76

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 02, obtiveram média de 6,53 no E.B, 6,58 no T.I.M e 6,83 no F.A.1 e no F.A.2+D.L.S de 6,81. Portanto, os resultados de pH do protótipo próximos a neutralidade provavelmente favoreceram para o desenvolvimento da atividade dos microrganismos responsáveis pelo tratamento do esgoto.

**Tabela 02- 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	32,00	32,00	32,00	32,00
<b>Média</b>	<b>6,53</b>	<b>6,58</b>	<b>6,83</b>	<b>6,81</b>
Mediana	6,52	6,58	6,84	6,78
Máximo	6,92	6,94	7,27	7,37
Mínimo	6,04	6,07	6,48	6,45
Desvio Padrão	0,18	0,20	0,16	0,19

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.

Já em relação à condutividade dos efluentes dos pontos coletados, o resultado foi um valor médio de 559,75  $\mu\text{S/cm}$  no E.B, 509,54  $\mu\text{S/cm}$  no T.I.M, 518,78  $\mu\text{S/cm}$  no F.A.1 e 498,57  $\mu\text{S/cm}$  no F.A.2+D.S.L, como mostra a Tabela 03. Tais resultados mostram que a condutividade elétrica variou muito pouco de uma câmara para outra.

**Tabela 03 - Resultados de condutividade ( $\mu\text{S/cm}$ ) dos efluentes nos quatro pontos coletados do protótipo.**

Resultados de Condutividade				
	E.B	Câmara 1 T.I.M	Câmara 2 F.A(1)	Câmara 3 F.A(2)+ D.S.L
	( $\mu\text{S/cm}$ )	( $\mu\text{S/cm}$ )	( $\mu\text{S/cm}$ )	( $\mu\text{S/cm}$ )
Nº de Coletas	32,00	32,00	32,00	32,00
Média	<b>559,75</b>	<b>509,54</b>	<b>518,78</b>	<b>498,57</b>
Mediana	553,00	498,00	517,00	498,50
Máximo	811,00	666,00	658,00	626,00
Mínimo	299,00	372,00	295,00	267,00
Desvio Padrão	115,95	76,31	82,93	86,35

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.

As concentrações de Sólidos Totais (ST) nos quatro pontos coletados foram de 702,94 mg/L no E.B, 496,24 mg/L no T.I.M, 428,08 mg/L no F.A.1, e 372,52 mg/L no conjunto F.A.2+D.S.L, como mostra a Tabela 04. Em relação à eficiência de remoção de ST o T.I.M atingiu média de 29,40%, 13,74% no F.A(1) e 12,98% no conjunto F.A(2)+ D.S.L, totalizando uma eficiência do protótipo de 47,01%. Já em relação à remoção em números absolutos a média de remoção do T.I.M foi de 206,70 mg/L, a segunda câmara, F.A.1, removeu em média 68,16 mg/L e o conjunto F.A.2+D.S.L removeu em média 55,56 mg/L, sendo que todo o sistema removeu 330,42 mg/L. Desta forma, mostra que o decantador laminar da primeira câmara foi a mais eficiente na remoção de Sólidos Totais, tanto em números absolutos como em porcentagem.

**Tabela 04- Resultados da concentração de ST, nos quatro pontos coletados do protótipo.**

Resultados de ST 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	30	30	29	29
Média	<b>702,94</b>	<b>496,24</b>	<b>428,08</b>	<b>372,52</b>
Mediana	690	493	423	371
Máximo	991	656	561	489
Mínimo	504	365	318	278
Desvio Padrão	97,21	62,24	54,27	47,26

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 eficiência de remoção do protótipo foi de 47,01% para ST e, se comparado a algumas pesquisas, obteve eficiência maior. O sistemas de Aisse *et al* (2000), apresentou para o UASB 39,3% e para o RAC 33,3% de eficiência de remoção de ST. Já o sistema de Sartori (2010), composto por um desarenador, tanque séptico, Vermifiltro (bagaço de cana-de-açúcar, serragem de madeira), apresentou resultados entre 33,6 e 42% na remoção de ST.

Tratando dos Sólidos Totais Voláteis (STV), as concentrações médias foram de 386,11 mg/L no E.B, 273,92 mg/L no T.I.M, 232,08 mg/L no F.A.1 e 198,68 mg/L no conjunto F.A.2+ D.L, como mostra a Tabela 05. Já a eficiência de remoção de STV em cada ponto do protótipo dado em porcentagem, foi de 29,06% no T.I.M, 15,28% no F.A(1) e 14,39% no conjunto F.A(2)+ D.S.L, totalizando 48,54%.

Em relação à remoção em números absolutos, a média do T.I.M foi de 112,19 mg/L, a segunda câmara, F.A.1, removeu em média 41,48 mg/L e o conjunto F.A.2+D.L.S removeu em média 33,40 mg/L, sendo que todo o sistema removeu 187,43 mg/L. Portanto, o T.I.M, com seu decantador laminar, na remoção de STV se mostrou mais eficiente que o F.A.1 e F.A.2+D.L.S.

**Tabela 05- Resultados da concentração de STV, nos quatro pontos coletados do protótipo.**  
**Resultados de STV em (mg/L)**

	<b>E.B</b>	<b>Câmara 1 T.I.M</b>	<b>Câmara 2 F.A(1)</b>	<b>Câmara 3 F.A(2)+ D.S.L</b>
	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
<b>Nº de Coletas</b>	30	30	29	29
<b>Média</b>	<b>386,11</b>	<b>273,92</b>	<b>232,08</b>	<b>198,68</b>
<b>Mediana</b>	361	259	220	186
<b>Máximo</b>	645	427	363	316
<b>Mínimo</b>	247	178	158	137
<b>Desvio Padrão</b>	77,13	50,75	44,16	38,22

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.

Já as concentrações dos Sólidos Totais Fixos (STF), foram de 316,83 mg/L no E.B, 222,32 mg/L no T.I.M, 196,00 mg/L no F.A.1 e 173,84 mg/L no conjunto F.A.2+D.L, conforme a Tabela 06. O protótipo apresentou uma eficiência de remoção de STF de 45,13%, sendo que no T.I.M a eficiência foi de 29,83%, no F.A(1) foi de 11,84% e 11,31% no conjunto F.A(2)+D.S.L.

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

	<b>E.B</b>	<b>Câmara 1 T.I.M</b>	<b>Câmara 2 F.A(1)</b>	<b>Câmara 3 F.A(2)+ D.S.L</b>
	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
<b>Nº de Coletas</b>	30	30	29	29
<b>Média</b>	<b>316,83</b>	<b>222,32</b>	<b>196,00</b>	<b>173,84</b>
<b>Mediana</b>	313	222	197	174
<b>Máximo</b>	467	310	265	235
<b>Mínimo</b>	200	108	94	83
<b>Desvio Padrão</b>	51,23	40,16	34,97	30,93

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 números absolutos, a média de remoção de STF foi de 94,51 mg/L no T.I.M. A segunda câmara F.A.1, removeu em média 26,32 mg/L e o conjunto F.A.2+D.L.S removeu em média 22,16 mg/L, sendo que todo o protótipo removeu 142,99 mg/L. Portanto, tanto na eficiência em porcentagem como em números absolutos, a primeira câmara com o decantador laminar (T.I.M) se mostrou mais eficiente na remoção de Sólidos Totais Fixos- STF que a segunda e a terceira câmaras.

As concentrações dos Sólidos Suspensos Totais (SST) foram, como mostra a Tabela 07, de 270,56 mg/L no E.B, 148,75 mg/L no T.I.M, 79,48 mg/L no F.A.1 e 34,79 mg/L no conjunto F.A.2+ D.L, . Já as eficiências médias do protótipo em relação à remoção de SST foi de 87,14%, sendo 45,02% no T.I.M, 46,57% no F.A.1 e 56,23% no F.A.2+D.L.S.



Tratando-se de números absolutos, a média de remoção de SST foi de 121,81 mg/L no T.I.M. Já a segunda câmara, F.A.1, removeu em média 69,27 mg/L e o conjunto F.A.2+D.L.S removeu em média 44,69 mg/L, sendo que todo o protótipo removeu 235,77 mg/L. Portanto, o protótipo se mostrou muito eficiente o que pode ser percebido tanto na eficiência de remoção em porcentagem como em números absolutos. Diferente do que se vinha sendo apresentado, a remoção de SST se mostrou mais eficiente na terceira câmara (F.A.2+D.L.S), que possui o decantador laminar secundário.

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

	E.B	Câmara 1 T.I.M	Câmara 2 F.A(1)	Câmara 3 F.A(2)+ D.S.L
Nº de Coletas	32	32	32	32
<b>Média</b>	<b>270,56</b>	<b>148,75</b>	<b>79,48</b>	<b>34,79</b>
Mediana	256	151	80	37,00
Máximo	428	244	146	60,00
Mínimo	150	70	26	6,00
Desvio Padrão	57,15	38,48	26,10	13,48

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.

Diante dos números apresentados (com a remoção média apresentada de 87,14%) e realizando uma comparação à literatura pesquisada, pode-se considerar que o protótipo concebido apresentou boa eficiência de remoção de SST, sendo que os resultados são semelhantes aos sistemas convencionais e compactos pesquisados. De acordo com Von Sperling (2005), os sistemas convencionais de tanques sépticos seguidos por filtro anaeróbio possuem eficiência de 80-90% na remoção de SST, assim como o UASB seguido por filtro anaeróbio. Silva e Nour (2005) pesquisaram o comportamento de um reator compartimentado anaeróbio/aeróbio e o sistema obteve 78,8% de eficiência na remoção de SST. Já o sistema de Sartori (2010), composto por desarenador, tanque séptico e vermifiltro (bagaço de cana-de-açúcar e serragem de madeira), obteve média de 86%.

O sistema de Alves *et al.* (2004), composto por um reator UASB seguido por filtro biológico percolador (FBP) e unidade de desinfecção, obteve 88,1% de eficiência na remoção de SST. Os protótipos de Chernicharo e Sousa (2005), utilizando (UASB + filtro anaeróbio) + filtro Biológico (FB), obtiveram médias entre 68 a 92% e, utilizando duas vezes o UASB + filtro anaeróbio, foram obtidas médias entre 88 e 97%. Valentim (1999), por sua vez, utilizou um tanque séptico modificado seguido por leitos cultivados com macrófitas (*Typha sp. ou Eleocharis sp.*) e o sistema obteve, na configuração mais eficiente, uma eficiência variando entre 91 e 97%. Aisse *et al* (2000), que compararam o UASB com RAC, obtiveram para o sistema UASB 72,6% e para o sistema RAC 60,6 % de média na eficiência na remoção de SST.

Os sistemas pesquisados operados em condições reais, como Javarez Júnior (2007) que utilizou dois sistemas, UASB e RAC seguidos por Filtro Anaeróbico (FA), apresentaram no sistema com RAC uma média de redução de 93,34% para SST e com UASB 94,33%. Já o sistema de Bof *et al.* (2001), que tratou esgoto de comunidades de até cinco mil habitantes, utilizando um sistema composto por UASB seguido de Biofiltro Aerado Submerso (BF), obtiveram uma média de 93%. O sistema de Orrico (2005), que tratou o esgoto *in loco* utilizando Tanques Imhoff seguido por “wetlands”, obteve média de 88%.

Os Sólidos Sedimentáveis (SSed) apresentaram concentrações no E.B de 3,31 mg/L. Já no T.I.M foi de 0,36 mg/L, no F.A.1 foi de 0,08 mg/L e no conjunto F.A.2+ D.L foi zero, como mostra a Tabela 08. As eficiências nos quatro pontos obtiveram 89,05% no T.I.M, 79,31% no F.A(1) e 100% no F.A(2)+ D.S.L, sendo de 100% de remoção de SSed no protótipo concebido.



Em relação aos números absolutos, a média de remoção de SSed foi de 2,95 mg/L no T.I.M. Já a segunda câmara, F.A.1, removeu em média 0,28 mg/L e o conjunto F.A.2+D.L.S em média 0,08 mg/L, sendo que todo o protótipo removeu 3,31 mg/L.

**Tabela 08- Resultados da concentração de SSed, nos quatro pontos coletados do protótipo**  
**Resultados de SSed em (mg/L)**

	E.B	Câmara 1 T.I.M	Câmara 2 F.A(1)	Câmara 3 F.A(2)+ D.S.L
Nº de Coletas	32	32	32	32
<b>Média</b>	<b>3,31</b>	<b>0,36</b>	<b>0,08</b>	<b>0,00</b>
Mediana	3	0	0	0,00
Máximo	8	2	1	0,00
Mínimo	1	0	0	0,00
Desvio Padrão	1,71	0,43	0,13	0,00

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.

O protótipo concebido apresentou resultados excelentes em relação à eficiência na remoção de SSed, com 100%. Tal fato pode ser atribuído à decantação laminar, assim como o sistema de Valentim (1999), que utilizando um tanque séptico modificado seguido por leitos cultivados com macrófitas (*Typha sp. ou Eleocharis sp.*) obteve, na configuração mais eficiente, uma eficiência na remoção de SSed de 100%. Já Javarez Júnior (2007) que, assim como o protótipo concebido operou em condições reais dois sistemas, sendo um com UASB e outro com RAC e os dois seguidos por Filtro Anaeróbico (FA), obteve no sistema com RAC uma média de redução de 99,49% e com o UASB 99,58% para SSed.

## CONCLUSÕES

O decantador laminar acoplado a estação de tratamento de esgoto de unidades unifamiliares se mostrou eficiente, principalmente aquele acoplado a primeira câmara. Assim, este arranjo proposto se torna uma alternativa satisfatória no auxílio ao tratamento de esgoto doméstico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AISSE, M.M., LOBATO, M. B., BONA, A., GARBOSSA, 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 Ingenieria Sanitaria Y Ambiental, Porto Alegre, RS, Brasil, 2000.
2. 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.
3. APHA, AWWA; WPCF. “Standard methods for examination of water and wastewater”. 20<sup>th</sup> edition, American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, Washington DC, USA, 1999.
4. 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.
5. CHERNICHARO, C. A. L. E SOUSA, V. P. “Desenvolvimento de um sistema compacto de tratamento de esgotos domésticos oriundos de populações dispersas ou de pequenas comunidades em áreas rurais (Siscote).” Relatório Final- Programa de pesquisa em saúde e saneamento, Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde, Funasa Belo Horizonte, MG, Brasil, 2005.

6. 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.
7. SARTORI, M.A. “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.
8. 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.
9. 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.
10. 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.