



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE SISTEMA PARA TRATAMENTO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA CINZA EM ÁREAS RURAIS DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Alex Pinheiro Feitosa¹, Humbelina Silva Siqueira Lopes², Rafael Oliveira Batista³, Monalisa Soares Costa⁴, Fernanda Negreiros Moura¹

RESUMO

Este trabalho objetivou avaliar o desempenho de uma mini-estação para tratamento de água cinza, visando o aproveitamento do efluente no ambiente rural. Os ensaios foram realizados em área experimental da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA) em Mossoró-RN. A mini-estação é composta por caixa de gordura, tanque anaeróbio, filtro anaeróbio, mini-sistema alagado construído e reator solar. Análises físico-química e microbiológica foram realizadas nos efluentes coletados em distintos pontos do sistema. Com os resultados obtidos conclui-se que ocorreram remoções significativas de turbidez, coliformes termotolerantes, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Demanda Química de Oxigênio, sólidos totais, sólidos suspensos, fósforo e óleos e graxas foram obtidas com a mini-estação. O valor médio de radiação solar de 29,33 MJ m⁻² d⁻¹ e tempo de exposição de 12 horas proporcionou remoções de até 99,99 e 99,98% na população de coliformes totais e de coliformes termotolerantes. Para utilização agrícola para a utilização agrícola recomenda-se que o efluente tratado seja aplicado de forma subsuperficial com sistema de irrigação por gotejamento, o que minimiza riscos ambientais e de contaminação de pessoas no campo.

Palavras-chave: água residuária; desempenho; sustentabilidade.

PERFORMANCE EVALUATION OF SYSTEM FOR TREATMENT AND UTILIZATION OF GREY WATER IN RURAL ÁREA OF BRAZILIAN SEMIARID

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the performance of graywater treatment system, aiming to use effluent in a rural environment. The tests were carried out in the field of University Federal Rural Semiarid (UFERSA) in Mossoró-RN. The gray water treatment system is comprised of grease trap, anaerobic tank, anaerobic filter, wetland and solar reactor. Physicochemical and microbiological analysis were made on effluents collected in points different system. The results showed that significant removals of turbidity, fecal coliform, biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand, total solids, suspended solids, phosphorus and grease were obtained on system. The average solar radiation of 29.33 MJ m⁻² d⁻¹ and exposure time of 12 hours promoted removal up to 99.99 and 99.98% in the population of total coliform and fecal coliform. For agricultural use for agricultural use it is recommended that the treated effluent is applied with subsurface drip irrigation system, which minimizes environmental hazards and contamination of rural population.

Keywords: wastewater; performance; sustainability.

Trabalho recebido em 19/04/2011 e aceito para publicação em 21/08/2011.

¹ Graduado em Engenharia Agrícola e Ambiental. Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas - DCAT. Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA. Caixa Postal 137. Mossoró-RN. CEP 59625-900. e-mail: alexrn9@hotmail.com, fernandanegreiros17@hotmail.com

² Mestranda em Ciência do Solo. Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas - DCAT. Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA. Caixa Postal 137. Mossoró-RN. CEP 59625-900. e-mail: humbelinas@hotmail.com

³ Prof. Adjunto. Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas - DCAT. Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA. Caixa Postal 137. Mossoró-RN. CEP 59625-900. e-mail: rafaelbatista@ufersa.edu.br

⁴ Graduanda em Agronomia. Departamento de Ciências Vegetais - DCV. Universidade Federal Rural do Semiárido - UFERSA. Mossoró-RN. Caixa Postal 137. Mossoró-RN. CEP 59625-900. e-mail: monalisa_sc@hotmail.com

1. INTRODUÇÃO

A água é considerada uma substância de extrema importância para os ecossistemas e para a humanidade. Entretanto, é um dos recursos naturais mais afetados pela crescente degradação ambiental, causada principalmente pelo crescimento populacional (VON SPERLING, 2005).

Grande quantidade de efluentes são lançados diariamente nos corpos hídricos receptores, causando problemas de poluição e aumento de casos de doenças veiculadas por água, degradação do meio ambiente e, conseqüentemente, escassez dos mananciais de água adequados para o consumo humano (VON SPERLING, 2005).

As águas cinzas são as águas que não possuem contribuição de efluentes de vasos sanitários, mas sim aquela proveniente do uso de lavatórios, chuveiros, banheiras, pias de cozinha, máquina de lavar roupa e tanque (OTTOSON; STENSTRÖM, 2003).

As principais características a serem consideradas quando da definição do tipo de tratamento de água cinza para aproveitamento são a grande variação de vazão em períodos curtos de tempo e a elevada biodegradabilidade. Existe uma grande variedade de processos desenvolvidos para o tratamento de água cinza, variando desde sistemas simples em

residências até séries de tratamentos avançados para aproveitamento em larga escala (JEFFERSON *et al.*, 1999).

A utilização de filtros e de reatores solares em série se destaca para o tratamento de águas cinza. Os filtros utilizados no tratamento de águas residuárias, na maioria das vezes, são constituídos de areia grossa, brita e cascalho, tendo a finalidade de reduzir a carga orgânica do efluente; enquanto, os reatores solares são estruturas construídas em alvenaria ou de fibra de vidro que possibilitam a inativação de microrganismos patogênicos pela exposição direta à radiação solar (RAMON *et al.*, 2007).

Segundo Ramon *et al.* (2007), nos estados do Piauí e Maranhão, durante o ano todo, é preciso dois dias de exposição solar, independentemente da profundidade (até 0,20 m) da água residuária a ser tratada. Nas Regiões Sudeste e Centro Oeste, durante o inverno, são necessários menos de 2,5 dias; enquanto, no resto do ano serão necessários dois dias de exposição solar.

O aproveitamento de água cinza pode resultar em economia de água potável, economia de energia elétrica e menor produção de esgoto sanitário na escala das edificações. Em uma escala maior, resulta em preservação dos mananciais de água, por diminuir a

quantidade de água captada e por reduzir o lançamento de esgoto sanitário pelas áreas urbanas, além de reduzir o consumo de energia elétrica (ERIKSSON *et al.*, 2002).

Diante do exposto o presente trabalho objetivou avaliar o desempenho de uma mini-estação para tratamento de água cinza, visando o reaproveitamento do efluente no ambiente rural.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios experimentais do presente trabalho foram realizados em uma residência situada no Centro de Multiplicação de Animais Silvestres (CEMAS) da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) em Mossoró-RN, sob as coordenadas geográficas 5°12'46''S 37°18'36''O Datum WGS – 84.

A residência selecionada possui: a) espaço físico no quintal suficiente para a implantação de protótipos; e b) instalações hidráulicas separando as águas cinza. No presente trabalho a água cinza foi composta basicamente por: água do chuveiro, da pia do banheiro e dos tanques de lavagem de roupas. A residência é habitada por duas pessoas, que costumam receber visitas de duas a três pessoas nos finais de semana, o que contribui para a produção de água cinza.

No período de junho a setembro de 2010 foram implantados e ajustados os

seguintes componentes da mini-estação de tratamento de água cinza:

- Caixa de gordura: com a finalidade de reduzir a quantidade de material gorduroso em etapas subsequentes. Este dispositivo foi construído em alvenaria dotado com tempo de detenção hidráulico de 12 horas para um volume útil de 0,03 m³.

- Tanque anaeróbio: construído em alvenaria e dotado de tempo de detenção hidráulico médio (TDH) de 24 horas. Tal dispositivo foi dimensionado para reduzir as concentrações de Demanda Bioquímica de Oxigênio, óleos e graxas e sólidos decantáveis, bem como os riscos de entupimento de tubulações nas etapas subsequentes.

- Filtro inorgânico: construído em fibra de vidro, dotado de tampa circular e preenchido com camadas de brita, areia lavada e carvão ativado. Um tubo de PVC de 50 mm de diâmetro nominal foi posicionado verticalmente nas camadas filtrantes, permitindo a alimentação do sistema com fluxo ascendente.

- Mini sistema alagado construído: construído em alvenaria e preenchido do fundo para a superfície com os seguintes elementos filtrantes: primeira camada composta de brita 1 na espessura de 0,30 m; segunda camada de cascalho pequeno na espessura de 0,10 m; e terceira camada composta de areia lavada na espessura de

0,10 m.. Sobre a terceira camada foi plantada a gramínea capim elefante (*Pennisetum purpureum*) para a remoção de nutrientes (principalmente nitrogênio e fósforo). Tal espécie vegetal produz matéria-prima para alimentação de animais após processo de fenação. O efluente do filtro inorgânico é conduzido para o sistema alagado construído por meio de uma tubulação de 50 mm. Na entrada do sistema alagado construído foi instalado um segmento de tubo de PVC de 50 mm com perfurações para que o efluente seja lançado no sistema de forma homogênea subsuperficial, de forma a evitar odores desagradáveis e proliferação de insetos.

- Reator solar: construído em fibra de vidro, área de seção circular e capacidade para tratamento diário de 0,13 m³. Tal dispositivo permite à exposição do efluente do mini sistema alagado construído à radiação solar local, objetivando redução do nível populacional de coliformes termotolerantes à níveis recomendados pela Organização Mundial de Saúde para uso agrícola de efluentes tratados. O efluente do mini sistema alagado construído passa pelo reator solar por meio da abertura de um registro de esfera, até alcançar a lâmina desejada de 0,10 m.

- Sumidouro: composto de tubo de drenagem corrugado de 75 mm, enterrado em vala com dimensões internas de 0,4 m de largura por 0,50 m de profundidade por

5,0 m de comprimento e envelopado com brita 1.

No período de setembro à outubro de 2010 foram realizadas quatro amostragens de efluentes nos seguintes pontos da mini-estação de tratamento de água cinza: Ponto 1 - efluente coletado a montante do filtro; Ponto 2 - efluente coletado a jusante do filtro; Ponto 3 - efluente coletado à jusante do mini sistema alagado construído; e Ponto 4 - efluente coletado no reator solar.

Para caracterização físico-química dos efluentes, amostras compostas foram obtidas de amostras simples coletadas em três horários do dia (às 8:00, 11:00; e 14:00 horas) nos pontos 1, 2, 3 e 4 do sistema. No processo de amostragem as amostras foram preservadas em caixas isotérmicas com gelo à temperatura de 4°C até a entrada das mesmas nos laboratórios.

Parte das amostras foi encaminhada para o Laboratório de Diagnóstico Físico-Químico da Universidade Estadual do Rio Grande do Norte (UERN). As análises físico-químicas compreenderam: pH, condutividade elétrica (CE), turbidez (TB) UNT, coliformes totais (CT), coliformes termotolerantes (CF), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), sólidos totais (ST), sólidos suspensos (SS), nitrogênio total (N_{total}), fósforo total (P_{total}), óleos e graxas (OG) e nitrato (NO₃⁻).

Para caracterização microbiológica dos efluentes, a outra parte das amostras simples foram coletadas nos pontos 1 e 4 do sistema às 14:00 horas. Estas amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Inspeção de Produtos de Origem Animal, localizado na Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA) para identificação e quantificação dos níveis populacionais de coliformes totais (CT) e coliformes termotolerantes (CF). Deve-se ressaltar que para avaliar estas características foi necessário o preparo do reator solar, um dia antes da amostragem, ou seja, às 14:00 horas do dia anterior armazenava-se uma lâmina de efluente no reator de cerca de 0,10 m (em função da escassez de água neste período do ano), para exposição à radiação solar local.

O experimento foi montado no delineamento inteiramente casualizado (DIC) com quatro repetições no tempo. Os dados foram submetidos a análise de variância, utilizando-se o teste F com significância de até 5%. As médias foram comparadas empregando-se o teste de Tukey com significância de até 10%.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas dos efluentes coletados na mini-estação de tratamento de água cinza,

no período de 30 de setembro a 20 de outubro de 2010.

Com relação às características físico-químicas dos efluentes coletados, constatou-se que houve redução na concentração das características TB, DQO, DBO, ST, SS, P_{total} , N_{total} , OG e NO_3^- quando se estabelece comparação entre os pontos 1 e 4, ao longo do período experimental. Porém, com relação as características pH e CE não foram observadas alterações consideráveis.

O pH do efluente do reator solar (ponto 4) oscilou de 6,39 a 8,07, nos quatro dias de amostragem. Segundo BRASIL (2005), os valores de pH encontraram-se dentro da faixa de 5 a 9 para lançamento de efluente tratado em corpo hídrico receptor.

Os valores de CE dos efluentes coletados no ponto 4 variaram de 1,64 a 1,83 $dS\ m^{-1}$, ao longo do período experimental. Tais valores são inferiores ao limite de 3 $dS\ m^{-1}$ apresentado na Portaria n.º 154 do Estado do Ceará (CEARÁ, 2002) para uso agrícola de águas residuárias.

Estabelecendo comparação entre os valores de TB do efluente coletado nos pontos 1 e 4, nos quatro dias de amostragem, notaram-se remoções de 81 a 91%. No entanto, os valores de TB oscilaram de 68,6 a 139 UNT e estão acima do limite estabelecido pela NBR

13969 (ABNT, 1997) de 5 e 10 UNT para reuso de água em ambientes domiciliares.

Os valores de DQO do efluente no reator solar (ponto 4) apresentaram variações de 123,69 a 347,73 mg L⁻¹ nos quatro dias de amostragem. Notou-se que apenas o resultado do dia 06 de outubro de 2010 não atendeu ao limite de 200 mg L⁻¹

para lançamento direto de efluente tratado em corpo hídrico receptor (CEARÁ, 2002). Realizando comparações entre os valores de DQO dos pontos 1 e 4 constataram-se remoções que variaram de 50 a 83%, inferiores a faixa de 95 a 100% apresentada por Ferreira e Paulo (2009) em mini-sistemas alagados construídos.

Tabela 1. Características físicas, químicas e microbiológicas dos efluentes coletados a montante e jusante dos protótipos de tratamento de água cinza ao longo do período experimental.

Pontos	pH	CE	TB	CT	CF	DQO	DBO	ST	SS	P _{total}	N _{total}	OG	NO ₃ ⁻
		dS m ⁻¹	UNT	NMP/100 mL		-----mg L ⁻¹ -----							
Amostragem de 30 de setembro de 2010													
Ponto 1	6,81	1,67	1219	1,1x10 ⁷	1,1x10 ³	624,07	345,70	1232	374	16,09	72,3	51,12	6,90
Ponto 2	7,36	1,85	565					974	198				
Ponto 3	7,38	1,68	143					738	57				
Ponto 4	8,07	1,64	139	1,1x10 ⁶	1,1x10 ³	184,94	92,4	764	45	8,70	68,3	10,10	5,70
Amostragem de 6 de outubro de 2010													
Ponto 1	5,49	1,64	548,3	9,3x10 ⁵	6,2x10 ²	686,86	427,57	1090	331	17,51	38,10	45,60	5,20
Ponto 2	6,12	1,78	199,0					870	202				
Ponto 3	6,22	1,62	103,6					778	59				
Ponto 4	6,39	1,65	105,3	4,3x10 ¹	1,1x10 ¹	347,73	152,52	750	51	2,98	4,38	4,30	1,60
Amostragem de 13 de outubro de 2010													
Ponto 1	4,94	1,61	971,2	1,1x10 ⁶	1,1x10 ³	796,93	353,4	1352	424	20,84	41,79	55,60	13,00
Ponto 2	6,28	1,81	219,4					1154	128				
Ponto 3	6,49	1,64	90,2					932	78				
Ponto 4	6,48	1,68	84,5	1,5x10 ⁴	9,2x10 ²	185,75	24,89	964	72	4,35	11,05	5,80	4,38
Amostragem de 20 de outubro de 2010													
Ponto 1	6,40	2,3	539,9	1,1x10 ⁷	1,1x10 ³	717,81	395,76	1572	220	24,61	76,04	66,50	5,85
Ponto 2	6,92	2,15	471,9					1310	104				
Ponto 3	7,29	1,67	76,70					858	50				
Ponto 4	6,84	1,83	68,6	4,6x10 ⁴	1,4x10 ³	123,69	67,32	765	43	7,11	34,32	7,70	3,06

Nota: Ponto 1: efluente coletado a montante do filtro; Ponto 2: efluente coletado a jusante do filtro; Ponto 3: efluente coletado à jusante do mini sistema alagado construído; e Ponto 4: efluente coletado no reator solar. pH - potencial hidrogeniônico; CE - condutividade elétrica; TB - turbidez; CT - coliformes totais; CF - coliformes fecais; DQO - demanda química de oxigênio; DBO - demanda bioquímica de oxigênio; ST - sólidos totais; SS - sólidos suspensos; P_{total} - fósforo total; N_{total} - nitrogênio total; OG - óleos e graxas; e NO₃⁻ - nitrato.

Comparando os valores de DBO dos efluentes coletados nos pontos 1 e 4, nos quatro dias de amostragem, verificou-se que as remoções desta característica oscilaram de 64 a 93% e foram inferiores a

faixa de 98 a 100% apresentada por Ferreira & Paulo (2009) em mini-sistemas alagados construídos. Observou-se que, apenas no dia 13 de outubro de 2010, o valor da DBO foi inferior ao limite de 60

mg L⁻¹ estabelecido pela Portaria n.º 154 do Estado do Ceará para lançamento de efluentes tratados em corpos hídricos receptores (CEARÁ, 2002).

Constatou-se que os valores de SS do efluente do reator solar (ponto 4) oscilaram de 43 a 72 mg L⁻¹. Realizando comparações entre os valores de SS para os pontos 1 e 4 constataram-se remoções de 80 a 88%. De acordo com a Portaria n.º 154 do Estado do Ceará (CEARÁ, 2002), os resultados de SS obtidos nos dias 30 de setembro e 20 de outubro de 2010 foram inferiores ao limite de 50 mg L⁻¹ estabelecido para lançamento de efluentes tratados em corpo hídrico receptor.

Os valores de ST apresentaram variações de 750 a 954 mg L⁻¹ para os efluentes coletados no reator solar (ponto 4). Notaram-se, também, remoções de ST variando de 29 a 51%, ao longo do período experimental.

As concentrações de P_{total} nos efluentes coletados no ponto 4 oscilaram de 2,98 a 8,7 mg L⁻¹ e foram semelhantes a faixa de 2,9 a 4,6 mg L⁻¹ apresentada por Ferreira e Paulo (2009) para mini-sistema alagado construído. Verificou-se que as remoções de P_{total} variaram de 46 a 83%, ao longo do período experimental.

Para o N_{total}, notou-se variação nas concentrações de 4,38 a 68,3 mg L⁻¹ no efluente do reator solar (ponto 4). Estabelecendo comparações entre os

pontos 1 e 4, observou-se variação nas remoções de 5,53 a 88,50%, ao longo do período experimental.

Os valores de OG do efluente do reator solar (ponto 4) apresentaram variação de 4,3 a 10,10 mg L⁻¹. Os resultados obtidos em todo período experimental foram inferiores ao limite de 50 mg L⁻¹ estabelecido pelo BRASIL (2005) para lançamento de efluentes tratados em corpo hídrico receptor. As remoções de OG variaram de 80 a 91%, ao longo do período experimental.

Analisando os resultados do Tabela 1, constatou-se que os valores de NO₃⁻ dos efluentes coletados no reator solar (ponto 4) variaram de 1,6 a 5,7 mg L⁻¹. Deve-se ressaltar que durante o período experimental, não foi observado o processo de nitrificação. A mini-estação proporcionou remoções de NO₃⁻ de 17 a 69%.

Em relação às características microbiológicas dos efluentes coletados, observou-se que houve redução no nível populacional de CT e CF quando se estabelece comparação entre os pontos 1 e 4, durante o período experimental. As remoções de CT e CF oscilaram de 90 a 99,99 e de 98,73 a 99,98%, respectivamente, com radiação solar variando de 27,0 a 30,13 MJ m⁻² d⁻¹ (Tabela 2). De acordo com os limites estabelecidos pela NBR 13969 (ABNT,

1997), o efluente tratado não atende as exigências para reuso em ambiente domiciliar (classes 1, 2 e 3), cujo os níveis populacionais mínimos de coliformes termotolerantes oscilam de 200 a 500 NMP 100 mL⁻¹. No entanto, o efluente atende as recomendações da classe 4 desta norma, para reuso da água nos pomares, cereais, forragens, pastagens e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual, onde o nível

populacional de coliforme termotolerantes deva ser inferior a 5000 NMP 100 mL⁻¹.

No Tabela 2 estão relacionados os dados de radiação que foram obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para o período de exposição do efluente à radiação solar local, visando explicar variações na mortalidade das bactérias.

Tabela 2. Valores integralizados de radiação global nos dias do monitoramento da mini-estação de tratamento e aproveitamento de água cinza

Data	Radiação acumulada (MJ m ² d ⁻¹)
29 a 30/09/2010	30,13
05 a 06/10/2010	29,93
12 a 13/10/2010	28,94
19 a 20/10/2010	27,90
Média	29,22

Nota: Dados Obtidos no INMET (2010), Instituto Nacional de Meteorologia; dados referentes às 14:00hs do 1 dia até as 14:00hs do dia posterior.

Estão apresentados na Tabela 3 os valores médios e o resumo dos testes estatísticos das características físicas e químicas da água cinza nas etapas de tratamento referentes aos pontos 1, 2, 3 e 4. Pela análise de variância, constata-se que as características pH, CE, N e NO₃⁻ não foram significativas a 5% de probabilidade pelo teste F. Enquanto, as características TB, CT, CF, DQO, DBO, ST, SS, P e OG

foram significativas a 1% de probabilidade pelo teste F, o que permite a utilização do teste de Tukey para comparação das médias. Estabelecendo comparação entre os pontos 1 e 4, nota-se que as características TB, CT, CF, DQO, DBO, ST, SS, P e OG diferem estatisticamente entre si à 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 3. Valores médios e o resumo dos testes estatísticos das características físicas e químicas da água cinza nos pontos de amostragem 1, 2, 3 e 4 da mini-estação de tratamento

Característica	F	Amostragem			
		Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4
Ph	1,77 ^{ns}	5,95	6,67	6,86	6,94
CE	1,30 ^{ns}	1,81	1,90	1,65	1,70
TB	12,58 ^{**}	819,60a	363,83b	103,37b	99,35b
CT	3,90 ^{**}	6,0 x10 ⁶			2,9 x10 ⁵
CF	65,49 ^{**}	9,8 x10 ⁴ a			8,57x10 ² b
DQO	68,43 ^{**}	706,42a			210,53b
DBO	81,48 ^{**}	380,61a			84,28b
ST	9,23 ^{**}	1311,50a	1077,00ab	826,50b	810,75b
SS	27,11 ^{**}	337,25a	158,00b	61,00b	52,75b
P _{total}	36,98 ^{**}	19,76a			5,79b
N _{total}	2,47 ^{ns}	57,05			29,51
OG	100,42 ^{**}	54,71a			6,98b
NO ₃ ⁻	4,13 ^{ns}	7,74			3,69

** e ^{ns} F significativo a 1% de probabilidade e não-significativo a 5% de probabilidade, respectivamente. Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra nas linhas não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. pH - potencial hidrogeniônico; CE - condutividade elétrica, dS m⁻¹; TB - turbidez, UNT; CT - coliformes totais, NMP 100 mL⁻¹; CF - coliformes termotolerantes, NMP 100 mL⁻¹; DQO - Demanda Química de Oxigênio, mg L⁻¹; DBO₅ - Demanda Bioquímica de Oxigênio, mg L⁻¹; ST - sólidos totais; SS - sólidos suspensos, mg L⁻¹; P - fósforo total, mg L⁻¹; N - nitrogênio total, mg L⁻¹; OG - óleos e graxas, mg L⁻¹; e NO₃⁻ - nitrato, mg L⁻¹.

Na Tabela 4 estão apresentados os valores de vazão e do volume de água cinza medidos em uma residência localizada no Centro de Multiplicação de Animais Silvestres (CEMAS) da Universidade Federal Rural do Semiárido

(UFERSA) em Mossoró-RN. Verifica-se, nesse Tabela, que o volume e a vazão média semanal de água cinza gerada foi de 56 L e 2,33 L h⁻¹, respectivamente.

Tabela 4. Valores de vazão e do volume de água cinza medidos em uma residência localizada no Centro de Multiplicação de Animais Silvestres (CEMAS) da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA) em Mossoró-RN

Data	Dia da semana	Volume (L)	Vazão (L h ⁻¹)
28/08/2010	Sábado	66	2,75
29/08/2010	Domingo	53	2,20
30/08/2010	Segunda	80	3,33
31/08/2010	Terça	27	1,12
01/09/2010	Quarta	73	3,04
02/09/2010	Quinta	66	2,75
03/09/2010	Sexta	27	1,12
Média		56	2,33

Com o tratamento obtido na mini-estação foi obtida uma ótima qualidade visual do efluente, conforme apresentado

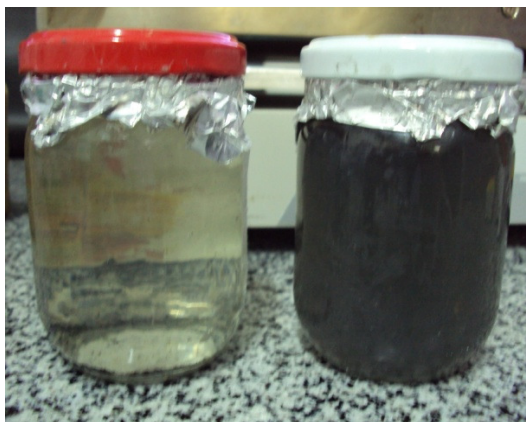


Figura 1. Ilustração do tratamento do efluente a montante e a jusante da mini estação.

4. CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos da mini-estação de tratamento de água cinza conclui-se que:

- O tratamento proporcionado nas distintas etapas do sistema proporcionou remoções significativas das características turbidez, coliformes termotolerantes, Demanda Química de Oxigênio, sólidos totais, sólidos suspensos, fósforo e óleos e graxas. Na maior parte do período experimental verificou-se que as características Demanda Química de Oxigênio, sólidos totais, sólidos suspensos e óleos e graxas do efluente tratado atendem as recomendações vigentes para o lançamento em corpos hídricos;

- O valor médio de radiação solar de $29,33 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ e tempo de exposição de 12 horas proporcionou remoções de até 99,99 e 99,98% na população de

na Figura 1. Notou-se que houve grande remoção de sólidos suspensos, óleos e graxas e turbidez no efluente tratado.

coliformes totais e de coliformes termotolerantes. No entanto, o padrão microbiológico do efluente tratado não permite a sua utilização nos ambientes domiciliares para lavagem de pisos e descarga de sanitário, mas atende aos critérios nacionais para utilização agrícola;

- Para utilização agrícola recomenda-se que o efluente tratado seja aplicado de forma subsuperficial com sistema de irrigação por gotejamento, o que minimiza riscos ambientais e de contaminação de pessoas no campo; e

- O sistema requer maior eficiência na remoção da turbidez para potencializar o efeito da radiação solar, e assim obter uma qualidade de efluente capaz de atender as recomendações nacionais para reuso da água em ambientes domiciliares.

5. BIBLIOGRAFIA

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13.969**. Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997, 60p.
- BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (2005). **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Brasília, 2005. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=2747>>. Acesso em: 28 jan. 2010.
- CEARÁ (2002). **PORTARIA Nº154, DE 22 DE JULHO DE 2002**. Dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras. Disponível em: <http://www.semace.ce.gov.br/biblioteca/legislacao/conteudo_legislacao.asp?cd=95>. Acesso em: 15 nov. 2010.
- ERIKSSON, E.; AUFFARH, K.; HENZE, M.; LEDIN, A. Characteristics of grey wastewater. **Urban Water**, v.4, p.85-104. 2002.
- FERREIRA, C. A.; PAULO, P. L. **Eficiência de wetlands construídos para o tratamento domiciliar de água cinza com configuração diferenciada**. 2009. Disponível em: <http://www.propp.ufms.br/gestor/itan.php?target=openFile&fileId=460>>. Acesso em: 15 nov. 2010.
- JEFFERSON, B.; LAINE, A.; PARSONS, S.; STEPHENSON, T.; JUDD, S. Technologies for domestic wastewater recycling. **Urban Water**, v.1, p. 285-292. 1999.
- OTTOSON, J.; STENSTROM, T.A. Faecal contamination of greywater and associated microbial risks. **Water research**, v. 37, p.645-655. 2003.
- SANCHES-RAMON, R.; SOARES, A. A.; MATOS, A.T; SEDIYAMA, G. C.; SOUZA, O.; MOUNTEER, H. A. Domestic wastewater disinfection using solar radiation for agricultural reuse. **Transactions of the ASABE**, St. Joseph, v. 50, n. 1, p. 65-71, 2007.
- VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: UFMG, 2005. 452p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, 1)