

**ESTUDO DA DILUIÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL EM ESGOTO TRATADO PARA REUSO INTEGRADO NA JARDINAGEM DO IFCE - INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ. CAMPUS: JUAZEIRO DO NORTE**

**José Lima de Oliveira Júnior**  
junior@ifce.edu.br;

**Erika Romana Gomes**  
erika\_romana@hotmail.com

**Débora Nery de Souza**  
s2\_nery@hotmail.com

**Saionara Alexandre da Silva**  
sayo.nara21@hotmail.com

**RESUMO**

O aumento da demanda hídrica regional em virtude da metropolização da região do cariri Cearense é preocupante. Diante disso, foi desenvolvida uma pesquisa de caráter experimental, com estudo de caso, entre 2007 e 2009 que analisou a eficiência da diluição na água de chuva de efluente tratado em decanto digestores seguidos de filtros anaeróbios, o balanço hídrico da quantidade de água pluvial a captar, as restrições da diluição pela frequência de aguação, o potencial hidrometeorológico e tamanho das cisternas, para fins de reuso no campus do IFCE de Juazeiro do Norte. Este trabalho justifica-se pela necessidade de minimizar a exploração do manancial subterrâneo super-explorado, aplicando água reciclada em usos menos nobres com a conseqüente liberação da água de qualidade para uso potável no campus universitário do Instituto Federal Ceará – Campus Juazeiro do Norte. O estudo mostrou que a diluição do efluente minimizou expressivamente os principais parâmetros limitantes ao reuso. A DBO afluente e efluente média do sistema foi de 76,77mg/L e 27,57 mg/L ficando, para as diluições propostas abaixo da restrição de 30mg/L com eficiências médias totais de 94,79%, 88,68% e 79,20% respectivamente para as diluições 25%E/75%AC, 50%E/50%AC e 75%E/25%AC (E= efluente; AC= água de chuva). Para os Sólidos totais suspensos os valores médios afluentes e efluente foram da ordem de 131,73 mg/L e 13,70 mg/L com diluição em água de chuva nas proporções de 25%E/75%AC,

50%E/50%AC e 75%E/25%AC e eficiências de remoção respectivas de 94,44%, 91,31% e 88,97%. Quanto ao teor de Sódio a remoção média foi de 57,09%, 52,71% e 17,75% respectivamente para as proporções de diluição 25%E/75%AC, 50%E/50%AC e 75%E/25%AC. Para Cloreto os valores médios de eficiência de remoção foram respectivamente de 73,42 %, 52,27 % e 29,80 % nas diluições de 25E/75AC, 50E/50AC, e 75E/25AC, mostrando o uso promissor da água de chuva como elemento de diluição minimizador do passivo ambiental disposto no solo pela prática do reuso de águas residuárias.

**Palavras-Chave:** Balanço hídrico. Reuso integrado. Água de chuva. Esgoto tratado.

**ABSTRACT**

*The increase in water demand due to regional metropolization of the Cariri region in Ceará - Brazil has been concerned is worthy. Therefore, a research was developed with a case study and on an experimental basis, between 2007 and 2009 that examined the efficiency of rain water dilution into Imhoff Tanks followed by anaerobic Up-flow Filters treated effluent. It also studied the water balance of the amount of rainwater captured, the dilution restrictions on the frequency of irrigation, the hydro meteorological potential and size of tanks design for reuse on IFCE campus of Juazeiro do Norte. This work is justified by the needs of minimizing of underground water supplies exploitation, using recycled water in less noble uses while releasing water of drinking quality for an optimal use on campus. The study showed that the diluted effluent significantly minimized the main parameters for reuse. The BOD and effluent system average was 76.77 mg / L and 27.57 mg / L getting to the dilutions below the proposed restriction of 30 mg / L with average efficiencies of total 94.79%, 88.68% and 79.20% respectively for the dilutions 25E/75AC, and 50E/50AC 75E/25AC (E = effluent, AC = rain water). For the Total suspended solids the average influent and effluent were around 131.73 mg / L and 13.70 mg / L diluted with rain water in the proportions of 25E/75AC, 50E/50AC and 75E/25AC whose removal efficiencies was 94.44%, 91.31% and 88.97% respectively. The content of sodium removal averaged 57.09%, 52.71% and 17.75% respectively for dilution 25E/75AC, 50E/50AC and 75E/25AC. The average values of chloride removal efficiency*

were respectively 73.42%, 52.27% and 29.80% in dilutions 25E/75AC, 50E/50AC and 75E/25AC, showing the promising use of the rain water as an element of dilution able to minimize environmental pollution by soil disposal for the wastewater reuse practice.

**Keywords:** *Integrated reus. Rainwater balance. Rain water. Treated sewage.*

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos países mais ricos em recursos hídricos do mundo [10]. Contudo a situação de escassez da água potável, agora tratada sob a ótica da não renovação, traz aos governos crescentes preocupações, pois já se vivencia uma demanda cada vez maior por esse bem. O reuso de águas vem sendo praticado em todo o mundo há anos. Históricos são reportados de sua prática na Grécia Antiga, com a disposição de esgotos e sua utilização na irrigação. Modernamente, a demanda crescente por água tem feito do reuso planejado um tema de importância crucial especialmente em regiões semiáridas [3,6]. No estado do Ceará, [8] demonstrou-se a reutilização de efluentes domésticos na irrigação de culturas de algodão com melhora das características genéticas da cultura auferindo um ganho de 48,8% em produção, e 72,4% de fibra por hectare, demonstrando a grande utilidade do aporte de nutrientes presentes no esgoto tratado e que podem ser úteis na sua aplicação para irrigação de culturas, inclusive forrageiras, árvores e gramados. Há demonstrações de índices de utilização de efluentes da ordem de 70 % na irrigação de culturas [5]. Países como o Japão, Índia, Jordânia, Peru e diversos outros enfrentando problemas de escassez, estão implantando a reutilização de efluentes domésticos [7]. Neste sentido, deve-se considerar o reuso de água como parte de uma atividade mais abrangente que é o uso racional ou eficiente da água, compreendendo não só o controle de perdas e desperdícios, mas também a minimização da produção de resíduos e do consumo de água. Nesse contexto, pesquisadores do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará- campus Juazeiro do Norte vem desenvolvendo uma pesquisa de caráter experimental, utilizando a água pluvial para diluir, nas proporções de 25%, 50% e 75%, o esgoto tratado em decanto-digestores em série seguidos de filtros anaeróbios realizando análises físico-químicas e bacteriológicas para identificar

as limitações da diluição em efluentes de sistemas anaeróbios cujas restrições já são amplamente conhecidas, além de avaliar a capacidade economicamente viável de armazenamento da água pluvial em quatro (4) cisternas de placas de 80 m<sup>3</sup>, objetivando a minimização da exploração de águas subterrâneas para fins menos nobres como a irrigação do gramado do campus. Nesse sentido o objetivo de aplicar a água de chuva na diluição do efluente anaeróbio tratado é a busca pela melhoria da qualidade do efluente final diluído pela remoção dos principais poluentes físico-químicos e bacteriológicos encontrados nas águas residuárias a fim de minimizar o impacto ambiental da disposição do esgoto sanitário tratado no solo pela prática do reuso de águas residuárias para fins de fertirrigação da área ajardinada, buscando, ainda, a liberação da água de excelente qualidade captada em poço tubular para o uso apenas potável.

## 2 METODOLOGIA

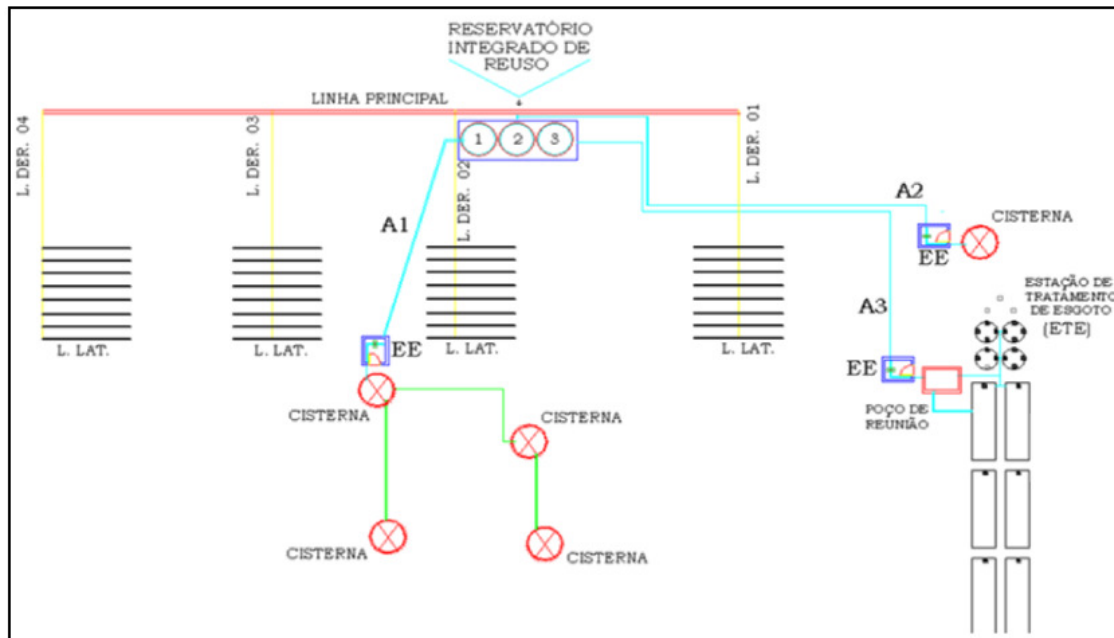
O estudo foi realizado entre agosto de 2007 e agosto de 2009, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE campus Juazeiro do Norte. A figura 1 mostra a disposição física das instalações do IFCE georeferenciado nas coordenadas 007°14'44"S e 039°18'24"W, no sul do Ceará, distando 570 km de Fortaleza.

A pesquisa foi dividida nas seguintes etapas: Inicialmente foram levantadas as áreas de jardinagem e de telhado para captação de água de chuva no campus do IFCE. Numa segunda fase, foram realizadas diluições de 25%, 50 % e 75 % de água de chuva em esgoto efluente e realizadas análises físico-químicas dos seguintes parâmetros: DBO, Sódio, Cloretos, Sólidos totais suspensos e bacteriológicas (Coliformes termotolerantes). Por fim, foi elaborado um balanço hídrico da água pluvial e do esgoto tratado para avaliar a restrição da diluição em função da pluviometria local e capacidade de armazenamento em cisternas de placas com capacidade de 80 m<sup>3</sup> cada, com frequências de irrigações diárias, a cada dois e três dias. Considerando uma demanda de 1,0 a 1,5 litros/m<sup>2</sup> dia para a aguação de gramados paisagísticos [2], estabeleceu-se o equacionamento do volume necessário de efluente tratado de esgotos e o volume de água de chuva necessário a partir do percentual de diluição da mesma no efluente.



**Figura 1** - Caracterização da área de estudo do reuso integrado de águas residuárias e de chuva  
 Fonte (DIGITAL GLOBE, 2009)

A Figura 2 apresenta o croqui geral detalhando todo o sistema de reuso integrado de águas residuárias e de chuva proposto para o campus.



**LEGENDA**

- EE - Estação Elévtorias
- A (1,2,3) -Adutoras
- 1 2 3 Representação de três reservatórios
- L. DER - Linha de Derivação
- L. LAT. - Linha Principal

**Figura 2** - Croqui geral detalhado proposto do sistema de reuso integrado de águas residuárias e de chuva do IFCE Campus Juazeiro do Norte – CE

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 Balanço Hídrico

No período da pesquisa, o campus dispunha de 6.738,96 m<sup>2</sup> de áreas gramadas e 2.403,27 m<sup>2</sup> para captação da água pluvial através de telhado do

tipo colonial considerando a pluviometria da cidade de Juazeiro do Norte – CE em pleno semi-árido nordestino da ordem de 963,73 mm anuais, sendo calculado ainda o volume de captação pluvial potencial da ordem em 1.856,83 m<sup>3</sup> anuais a captar nos blocos I, II, III e IV do IFCE, utilizando-se um coeficiente de run off de 0,80. A

partir daí, pôde-se dimensionar uma bateria de cisternas para o armazenamento dessas águas. Entretanto é evidente que o armazenamento de todo esse volume, se fosse captado ao longo do ano, mostrar-se-ia inviável do ponto de vista técnico e econômico. O balanço hídrico partiu do valor de captação potencial anual nos quatro

blocos, da ordem de 5,31 m<sup>3</sup>/dia e da disponibilidade total de efluente de esgoto diário cuja vazão foi de 65,75 m<sup>3</sup>/dia, em função da população de alunos existente no campus. O balanço hídrico com intervalos de 5 % de diluição de água de chuva em efluente tratado é mostrado no Quadro 1.

**Quadro 1 - Balanço hídrico da água pluvial e esgoto tratado disponível para irrigação do gramado do campus**

Diluição %	Água de chuva (m <sup>3</sup> /dia)			Esgoto (m <sup>3</sup> /dia)		
	Disponível	Requerido	Saldo	Disponível	Requerido	Saldo
0	5,31	-	5,31	65,75	10,11	55,64
5	5,31	0,51	4,81	65,75	9,60	56,15
10	5,31	1,01	4,30	65,75	9,10	56,65
15	5,31	1,52	3,79	65,75	8,59	57,16
20	5,31	2,02	3,29	65,75	8,09	57,66
25	5,31	2,53	2,78	65,75	7,58	58,17
30	5,31	3,03	2,28	65,75	7,08	58,67
35	5,31	3,54	1,77	65,75	6,57	59,18
40	5,31	4,04	1,27	65,75	6,07	59,68
45	5,31	4,55	0,76	65,75	5,56	60,19
50	5,31	5,05	0,26	65,75	5,05	60,70
55	5,31	5,56	- 0,25	65,75	4,55	61,20
60	5,31	6,07	- 0,75	65,75	4,04	61,71
65	5,31	6,57	- 1,26	65,75	3,54	62,21
70	5,31	7,08	- 1,77	65,75	3,03	62,72
75	5,31	7,58	- 2,27	65,75	2,53	63,22
80	5,31	8,09	- 2,78	65,75	2,02	63,73
85	5,31	8,59	- 3,28	65,75	1,52	64,23
90	5,31	9,10	- 3,79	65,75	1,01	64,74
95	5,31	9,60	- 4,29	65,75	0,51	65,24
100	5,31	10,11	- 4,80	65,75	-	65,75

Como pode ser observado no quadro 1 o valor máximo do balanço hídrico positivo para aguação diária e, portanto, o valor de diluição máxima possível, encontra-se na faixa de diluição entre 50 e 55 %. De fato a diluição de 53 % apresentou uma demanda de 5,25 m<sup>3</sup>/dia tornando a diluição limitante a ser aplicada no sistema a partir do potencial pluviométrico regional. A partir da diluição de 55 % estabelece-se um balanço

hídrico negativo, não havendo água de chuva suficiente para promover a diluição do esgoto. Entretanto, a capacidade de armazenamento das cisternas constitui-se em outra variável restritiva a se considerar quanto à disponibilidade da água de chuva para diluição. O quadro 2 mostra o balanço hídrico a partir da limitação de armazenamento total teórica anual na bateria de cisternas proposta para o projeto de reuso integrado.

**Quadro 2 - Balanço hídrico do volume teórico limitante para armazenamento em quatro cisternas**

Diluição %	Água de chuva (m <sup>3</sup> /dia)			Esgoto (m <sup>3</sup> /dia)			Água de chuva (m <sup>3</sup> /dia)			Esgoto (m <sup>3</sup> /dia)			Água de chuva (m <sup>3</sup> /dia)			Esgoto (m <sup>3</sup> /dia)		
	Disp.	Req.	Saldo	Disp.	Req.	Saldo	Disp.	Req.	Saldo	Disp.	Req.	Saldo	Disp.	Req.	Saldo	Disp.	Req.	Saldo
0	1,82	-	1,82	65,75	10,18	55,57	3,64	-	3,64	65,75	10,18	55,57	5,31	-	5,31	65,75	10,18	55,57
5	1,82	0,51	1,31	65,75	9,67	56,08	3,64	0,51	3,13	65,75	9,67	56,08	5,31	0,51	4,80	65,75	9,67	56,08
10	1,82	1,02	0,80	65,75	9,16	56,59	3,64	1,02	2,62	65,75	9,16	56,59	5,31	1,02	4,29	65,75	9,16	56,59
15	1,82	1,53	0,29	65,75	8,65	57,10	3,64	1,53	2,11	65,75	8,65	57,10	5,31	1,53	3,78	65,75	8,65	57,10
20	1,82	2,04	-0,22	65,75	8,14	57,61	3,64	2,04	1,60	65,75	8,14	57,61	5,31	2,04	3,27	65,75	8,14	57,61
25	1,82	2,55	-0,73	65,75	7,64	58,12	3,64	2,55	1,09	65,75	7,64	58,12	5,31	2,55	2,77	65,75	7,64	58,12
30	1,82	3,05	-1,24	65,75	7,13	58,62	3,64	3,05	0,58	65,75	7,13	58,62	5,31	3,04	2,26	65,75	7,13	58,62
35	1,82	3,56	-1,74	65,75	6,62	59,13	3,64	3,56	0,07	65,75	6,62	59,13	5,31	3,56	1,75	65,75	6,62	59,13
40	1,82	4,07	-2,25	65,75	6,11	59,64	3,64	4,07	-0,44	65,75	6,11	59,64	5,31	4,07	1,24	65,75	6,11	59,64
45	1,82	4,58	-2,76	65,75	5,60	60,15	3,64	4,58	-0,94	65,75	5,60	60,15	5,31	4,58	0,73	65,75	5,60	60,15
50	1,82	5,09	-3,27	65,75	5,09	60,66	3,64	5,09	-1,45	65,75	5,09	60,66	5,31	5,09	0,22	65,75	5,09	60,66
55	1,82	5,60	-3,78	65,75	4,58	61,17	3,64	5,60	-1,96	65,75	4,58	61,17	5,31	5,60	-0,29	65,75	4,58	61,17
60	1,82	6,11	-4,29	65,75	4,07	61,68	3,64	6,11	-2,47	65,75	4,07	61,68	5,31	6,11	-0,80	65,75	4,07	61,68
65	1,82	6,62	-4,80	65,75	3,56	62,19	3,64	6,62	-2,98	65,75	3,56	62,19	5,31	6,62	-1,31	65,75	3,56	62,19
70	1,82	7,13	-5,31	65,75	3,05	62,70	3,64	7,13	-3,49	65,75	3,05	62,70	5,31	7,13	-1,82	65,75	3,05	62,70
75	1,82	7,64	-5,82	65,75	2,55	63,21	3,64	7,64	-4,00	65,75	2,55	63,21	5,31	7,64	-2,33	65,75	2,55	63,21
80	1,82	8,14	-6,33	65,75	2,04	63,71	3,64	8,14	-4,51	65,75	2,04	63,71	5,31	8,14	-2,83	65,75	2,04	63,71
85	1,82	8,65	-6,83	65,75	1,53	64,22	3,64	8,65	-5,02	65,75	1,53	64,22	5,31	8,65	-3,34	65,75	1,53	64,22
90	1,82	9,16	-7,34	65,75	1,02	64,73	3,64	9,16	-5,53	65,75	1,02	64,73	5,31	9,16	-3,85	65,75	1,02	64,73
95	1,82	9,67	-7,85	65,75	0,51	65,24	3,64	9,67	-6,03	65,75	0,51	65,24	5,31	9,67	-4,36	65,75	0,51	65,24
100	1,82	10,18	-8,36	65,75	-	65,75	3,64	10,18	-6,54	65,75	-	65,75	5,31	10,18	-4,87	65,75	-	65,75

Considerando uma implantação de quatro (4) cisternas de 80 m<sup>3</sup> a instalar contíguas aos quatro (4) blocos pode ser armazenado anualmente um volume máximo teórico de até 320 m<sup>3</sup> (considerando o uso de água nos oito (8) meses de estiagem do ano, o que limita a disponibilidade de água de chuva a valores da ordem de 1,82 m<sup>3</sup>/dia para uma frequência de irrigação diária, 3,64 m<sup>3</sup>/dia se a frequência de irrigação for a cada dois (2) dias e a um valor máximo de 5,31 m<sup>3</sup>/dia (limite pluviométrico regional) caso a irrigação se dê a cada três dias utilizando o sistema integrado. No quadro 2, observa-se a restrição de capacidade do sistema de diluição de água pluvial para as três frequências de irrigações propostas. Para irrigação diária, a proporção de 18 % demandará em torno de 1,83 m<sup>3</sup>/dia. Para a frequência a cada dois dias, a diluição limítrofe fica em 35 %, por demandar um volume máximo de 3,56 m<sup>3</sup>/dia. Já para a irrigação a cada três (3) dias, pode-se dispor de uma proporção de água de chuva máxima de 53 % com demanda máxima teórica de 5,29 m<sup>3</sup>/dia e disponibilidade máxima de 5,31 m<sup>3</sup>/dia, limitada pela pluviometria local.

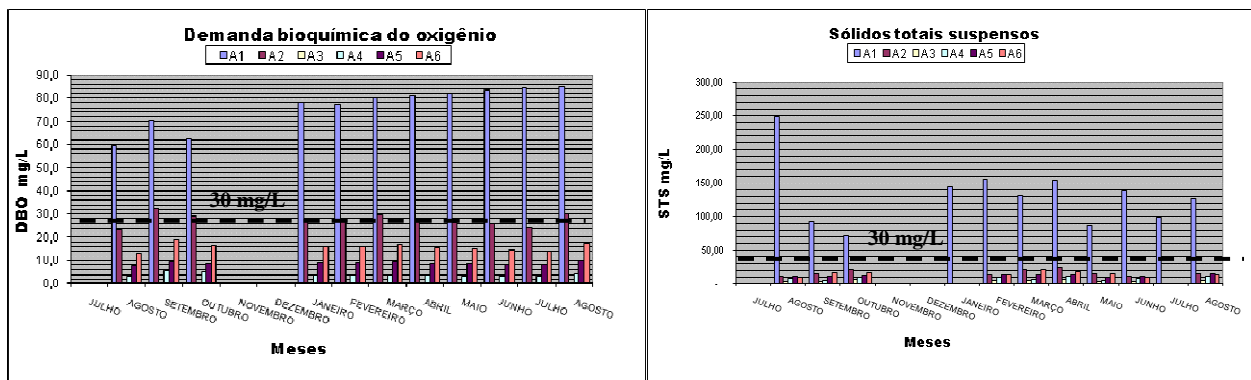
Considerando, por fim, a limitação imposta pela incapacidade de armazenar todo o potencial pluviométrico captado nos telhados dos quatro blocos, e optando-se pela aguação com frequência

a cada três (3) dias, deve-se adotar a diluição do esgoto em 40% a 53 % de água de chuva.

### 3.2. Eficiência da estação de tratamento de esgoto associada às diluições com água de chuva quanto à depleção dos principais parâmetros físico-químicos e bacteriológicos analisados.

#### 3.2.1 Demanda bioquímica do oxigênio- DBO e Sólidos totais suspensos - STS

Considerando os parâmetros limítrofes importantes para a prática de fertirrigação [9,11,12] é apresentada a seguir a análise da eficiência da Estação de Tratamento de Esgoto-ETE investigada neste trabalho. A ETE associada às diluições apresentou boa eficiência na minimização de determinados parâmetros físico-químicos importantes para o reuso, tais como DBO, DQO e SST. A Figura 3 apresenta a variação da DBO, e SST, mostrando as eficiências de remoção para as diluições 25 % efluente / 75 % água de chuva; 50 % efluente / 50% água de chuva e 75 % de efluente / 25 % água de chuva.



- A1: Esgoto bruto, afluente a estação de tratamento de (ETE)
- A2: Efluente da estação de tratamento de esgotos (ETE)
- A3: Água de chuva.
- A4: Esgoto diluído: 25% de efluente da ETE + 75% de água de chuva.
- A5: Esgoto diluído: 50% de efluente da ETE + 50% de água de chuva.
- A6: Esgoto diluído: 75% de efluente da ETE + 25% de água de chuva.

Figura 3 - Variação da DBO e STS em função das diluições do efluente em água de chuva

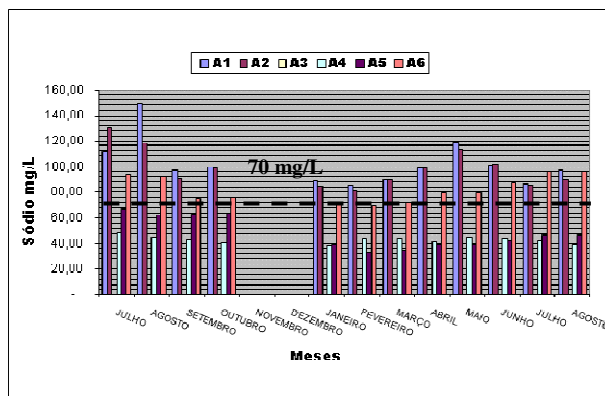
Podem ser observados valores de DBO afluente ao sistema de 76,77 mg/L e efluente médio de 27,57 mg/L. Para todas as diluições propostas a DBO ficou abaixo da restrição de 30 mg/L [11], com eficiências médias totais de 94,79 %, 88,68 % e 79,20 % respectivamente para as diluições 25%E/75%AC, 50%E/50%AC e 75%E/25%AC (E=efluente; AC=água de chuva).

### 3.2.2 Variação dos teores de Sódio

Para os teores de sódio, um importante parâmetro de monitoramento em sistemas de reuso, observou-se uma remoção média do sistema (ETE + diluição) da ordem de 57,09 %, 52,71 % e 17,75% respectivamente para as proporções de

totais suspensos apresentaram valores médios afluentes da ordem de 131,73 mg/L e efluentes de 13,70 mg/L. Com a diluição em água de chuva nas proporções de 25%E/75%AC, 50%E/50%AC e 75%E/25%AC, as eficiências foram respectivamente, 94,44 %, 91,31% e 88,97%. Para todas as diluições os STS ficaram abaixo do limite máximo recomendado pela literatura [12].

diluição 25%E/75%AC, 50%E/50%AC e 75%E/25%AC. As diluições nas faixas A4 e A5 são as únicas adequadas para manter os valores de sódio abaixo do preconizado máximo pela literatura [11] para irrigação de culturas (70 mg/L) sem acarretar prejuízo à planta em razão dos problemas de absorção foliar.



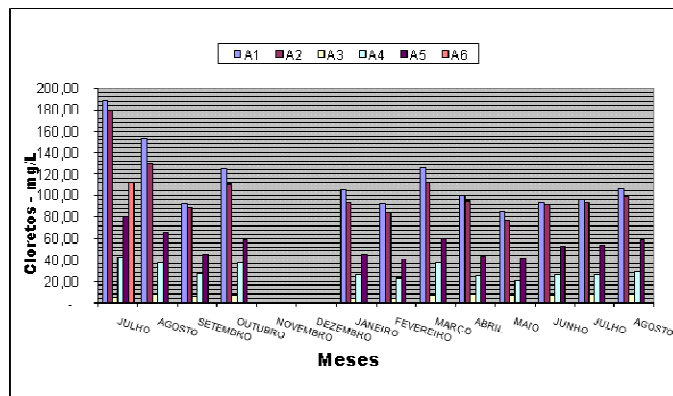
- A1: Esgoto bruto, afluente a estação de tratamento de (ETE)
- A2: Efluente da estação de tratamento de esgotos (ETE)
- A3: Água de chuva.
- A4: Esgoto diluído: 25% de efluente da ETE + 75% de água de chuva.
- A5: Esgoto diluído: 50% de efluente da ETE + 50% de água de chuva.
- A6: Esgoto diluído: 75% de efluente da ETE + 25% de água de chuva.

Figura 4 - Variação dos teores de Sódio em função das diluições do efluente em água de chuva

### 3.2.3. Variação dos teores de Cloreto

Outro importante parâmetro a ser monitorado na irrigação com efluente tratado de esgotos são os teores de Cloreto [1] que devem ficar dentro do limite de 100 mg/L para evitar a salinização do solo. De fato, valores abaixo de 100 mg/L não produzem qualquer efeito prejudicial às plantas irrigadas, enquanto que valores acima de 100mg/L podem causar problemas de adsorção foliar e, em menor grau, de absorção pela raiz. Acima de 350 mg/L, problemas mais graves

podem ocorrer. Assim, buscando manter o efluente em limites de segurança na aplicação no solo, as faixas de diluição que mantenham os teores de sódio abaixo de 100 mg/L são aqui recomendados para a diluição da água de chuva. O valor médio de Cloreto na entrada da ETE ficou em torno de 113,73 mg/L sendo que todas as faixas de diluição apresentaram valores médios bem abaixo de 100 mg/L, em torno de 29,98mg/L, 53,61 mg/L e 78,80 mg/L e eficiências respectivas de 73,42 %, 52,27 % e 29,80 % nas diluições de 25%E/75%AC, 50%E/50%AC, e 75%E/25%AC.



A1: Esgoto bruto, afluente a estação de tratamento de (ETE)  
 A2: Efluente da estação de tratamento de esgotos (ETE)  
 A3: Água de chuva.  
 A4: Esgoto diluído: 25% de efluente da ETE + 75% de água de chuva.  
 A5: Esgoto diluído: 50% de efluente da ETE + 50% de água de chuva.  
 A6: Esgoto diluído: 75% de efluente da ETE + 25% de água de chuva.

Figura 5 - Variação dos teores de Sódio em função das diluições do efluente em água de chuva

3.2.4 Eficiência de remoção de coliformes termotolerantes

Um dos fatores mais importantes e restritivos na aplicação do reuso de efluentes é a concentração de organismos indicadores de contaminação fecal, uma vez que através deste parâmetro é identificado o potencial de contaminação sanitária das culturas e usuários do sistema de reuso [11,12]. A hipótese inicial era de que a diluição pudesse promover uma remoção significativa de unidades log dos coliformes termotolerantes para

aplicação do efluente pós-tratado via diluição com a minimização das concentrações exigidas de cloro em provável desinfecção, aumentando a eficiência e minimizando os custos de operação do sistema. Entretanto este fato não se verificou. Para as diluições 25%E/75%AC, 50%E/50%AC e 75%E/25%AC respectivamente a eficiência média de remoção foi de 89,54 %, 81,76% e 47,14%. A figura 6 mostra a eficiência no decaimento dos coliformes termotolerantes na aplicação da diluição entre agosto de 2008 e junho de 2009.

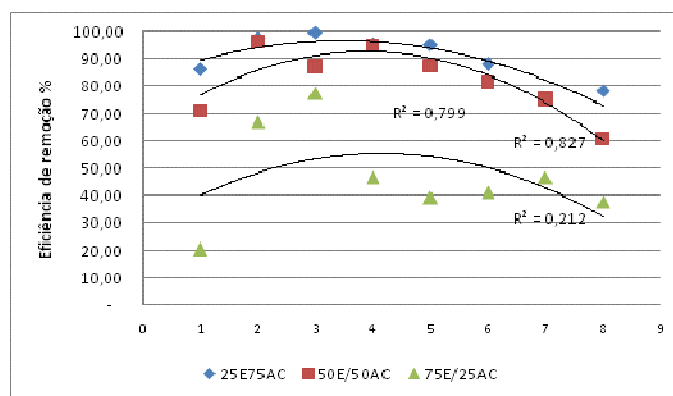


Figura 6 - Eficiência de remoção de coliformes em função das diluições do efluente em água de chuva.

Considerando que o valor médio mínimo de coliformes termotolerantes no efluente foi de 3,25. 105 NMP/100 ml e que o valor preconizado para jardins é de 200 NMP/100 ml para acesso público e 1.000 NMP/100 ml para jardins de uso restrito ao público [11], há que se lançar mão de

pós-tratamento antes do uso do efluente diluído com a água de chuva para fins de fertirrigação de área gramada ou eventual introdução de pós-tratamento aeróbio antes da diluição. Uma das alternativas pode ser a aplicação de tratamento terciário do efluente através de lagoa de

estabilização com chicanas ou mesmo aplicação em filtro de areia aeróbio intermitente. Foi projetada uma lagoa de maturação com chicanas após a saída da ETE existente conseguindo-se uma eficiência de remoção de 99,92 %, com um nível de 4,38x10<sup>3</sup> NMP/100 ml. Caso a diluição fosse aplicada apenas após o sistema com lagoa, o valor para os coliformes cairiam para 4,58x10<sup>2</sup> NMP/100 ml, portanto, dentro da faixa de aplicação de efluente para jardins sem acesso ao público [12].

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a análise dos dados obtidos e da avaliação do comportamento do efluente nas diluições propostas de 25 % E + 75 % AC, 50 % E + 50 % AC e 75 % E + 75 % AC, observou-se que a Estação de tratamento não demonstrou eficiência adequada para a utilização no reuso em jardinagem, mesmo se aplicado irrigação sub-superficial e restrição de acesso público.

O valor máximo observado na remoção de coliforme termotolerantes do efluente da ETE foi de 89,54 % quando diluído em 75 % de água pluvial e de 81,76 % para a diluição de 50 %. A faixa de diluição ótima situa-se entre 40 % e 53 % de água pluvial sobre o efluente, ficando restrito pela disponibilidade pluviométrica da região e pela incapacidade econômica de armazenamento de todo o potencial passível de captação.

A faixa possível que apresenta minimização expressiva dos principais parâmetros limitantes ao reuso de águas residuárias, quais sejam DBO, STS, Sódio e cloretos, para limites bem inferiores aos mínimos preconizados pela literatura [9,11,12] é de diluição entre 40 % e 53 %, em função da limitação de armazenamento do sistema.

Para a utilização de diluição ótima na faixa de 50 % de água pluvial sobre o efluente, é necessária a adoção do manejo de irrigação de três (3) em três (3) dias.

Para a otimização do efluente final através de técnica de diluição, a introdução de um pós-tratamento através de lagoa de maturação com chicanas mostrar-se como alternativa viável, e são passíveis de próximos estudos dentro do contexto do Projeto de Reuso Integrado de Águas Residuárias em continuidade no Instituto Federal do Ceará – campus Juazeiro do Norte.

#### REFERÊNCIAS

- [1] BRITES, C. R. C. de. **Abordagem multiobjetivo na seleção de sistemas de reuso de água em irrigação paisagística no Distrito Federal**. 2008. 262 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Universidade de Brasília, Brasília, 2008.
- [2] CREDER. H. **Instalações Hidráulicas e Sanitárias**. 15. ed. Rio de Janeiro: Editora LTC. 2006. 440 p.
- [3] HESPANHOL, I. **Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos**. Revista Bahia Analise & Dados. Salvador, v. 13 n. ESPECIAL. p. 411-437. 2003.
- [4] \_\_\_\_\_. **Aspects of Wastewater Reuse**. México: Instituto Mexicano de Tecnologia de água, 1997.
- [5] KACZALA, F. **Viabilidade do uso de efluentes tratados por zona de raízes na irrigação: estudo de caso na Vila dois Rios – Ilha Grande – RJ**. 2005. 119 f. Dissertação (Mestrado em saúde pública) – Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2005.
- [6] LADO, M.; BEN-HUR, Meni. Treated domestic sewage irrigation effects on soil: hydraulic properties in arid and semiarid zones: A review. **Journal Soil and Tillage Research**, v. 106, Issue 1, p. 152-163, dec. 2009.
- [7] MOGIRI, A.; AMIROSSADAT, Z. Effects of Urban Wastewater on Accumulation of Heavy Metals in Soil and Corns (Zea Mays L.) with Sprinkler Irrigation Method. **Asian Journal of Plant Sciences**. v. 10, n. 3, p. 233-237, Jul.2011.
- [8] MOTA, S. et al. (org.) **Reuso de Águas: a experiência da Universidade Federal do Ceará**. Fortaleza: Imprensa Universitária da UFC, 2000.
- [9] SOUSA, J. T. de ; LOPES, W. S. ; LEITE, V. D. ; PRASAD, S. Treatment of Sewage for Use in the Agriculture. In: STEPHENS, Anna; FULLER, Mark (Org.). **Sewage Treatment: Uses, Processes and Impact**. New York: Nova Publishers, 2009. p.123-154.



- [10] TUNDISI, J. G. **Água no Século XXI:** enfrentando a escassez. São Carlos: RiMa, 2003. 248 p.
- [11] UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Guidelines for water reuse.** Washington: U. S. Environmental Protection Agency, 2004. 217p
- [12] WHO. **Guidelines for the Safe Use of Wastewater:** excreta and greywater: Wastewater in Use in Agricultural. Genebra, 2006. 630p. v. 2