



TÍTULO

TRATAMIENTO DE ÁGUA CINZA EM PROCESSOS (ANAERÓBIO + AERÓBIO) DE ALTA TAXA VISANDO O REÚSO PREDIAL

NOME DOS AUTORES

Bianca Barcellos Bazzarella⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal do Espírito Santo - UFES (2003), Mestre do Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental da UFES (2005). Engenheira da Companhia Espírito Santense de Saneamento – CESAN.

Ricardo Franci Gonçalves

Engenheiro Civil e Sanitarista - UERJ (1984), pós-graduado em Enga de Saúde Pública - ENSP/RJ (1985), DEA Ciências do Meio Ambiente - Universidade Paris XII, ENGREF, ENPC, Paris (1990), Doutor em Engenharia do Tratamento e Depuração de Águas - INSA de Toulouse, França (1993), Prof. Adjunto do DEA e do Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental - UFES

Aplicar

Foto

Endereço (1): Av. Champagnat, 620 – Loja 16 - Centro – Vila Velha – Espírito Santo – CEP: 29100-012 - Brasil - Tel.: (+55) 27 – 3229-6348 - Fax: (+XX) 3229-5764 - e-Mail: bianca.bazzarella@cesan.com.br.

RESUMO

Uma das formas de se conservar água nas residências é utilizando fontes alternativas de suprimento. O reúso de águas cinza para fins não-potáveis, tais como lavagem de veículos, rega de jardins e descarga de vasos sanitários, é apenas um exemplo. Nesse estudo foi feita uma caracterização qualitativa preliminar, de águas cinza coletadas em diversas fontes (lavatório, chuveiro, pia de cozinha, tanque e de máquina de lavar roupa) do ponto de vista físico-químico e microbiológico. A água cinza apresentou significativa concentração de matéria orgânica rapidamente biodegradável e sulfatos, evidenciando o grande potencial de produção de H₂S, caso ela seja estocada sem tratamento. As concentrações de nutrientes (N e P) foram menores que no esgoto convencional, uma vez que a maior parte deles é oriunda dos excrementos (urina e fezes). A presença de *E. coli* mostrou que a desinfecção prévia ao reúso é necessária, principalmente se as normas para o reúso em descarga de vasos sanitários forem muito rígidas. Uma outra etapa estudou o monitoramento de um sistema de reúso predial localizado na Universidade Federal do Espírito Santo. O prédio contém duas salas de professores com banheiros individuais e banheiros coletivos, masculino e feminino, contabilizando um total de seis pias, dois chuveiros, seis vasos sanitários e dois mictórios. As águas cinza do prédio (efluente de chuveiro e lavatório) são encaminhadas separadamente para uma Estação de Tratamento de Águas Cinza (ETAC), cujo processo é baseado na associação de um Reator Anaeróbio Compartimentado (RAC), de um Filtro Biológico Aerado Submerso (FBAS), de um Filtro Terciário (FT) e de desinfecção à base de cloro. O tratamento adotado apresentou elevada eficiência na remoção de turbidez, cor, DBO₅, DQO e *E. coli* e características compatíveis com diversos padrões estabelecidos para o reúso não-potável.

PALABRAS CLAVE

Reúso predial, fonte alternativa de água, tratamento de água cinza.

INTRODUCCIÓN

Um das principais fontes de consumo de água são as residências. Alguns países da Europa e Estados Unidos já concentram seu foco de ações nessa escala. Em áreas densamente urbanizadas, o consumo de água nas edificações pode atingir até 50% do consumo total de água potável. Uma redução significativa desse consumo (30% a 40%) pode ser atingido nas residências através de técnicas racionalizadoras (ex: uso de dispositivos economizadores nos aparelhos) ou através da utilização de fontes alternativas de suprimento (ex: água de chuva, água do mar dessalinizada ou o reúso de águas servidas, também conhecida como águas cinza) para fins menos nobres (ex: lavagem de veículo, rega de jardins, descarga de vasos sanitários).

A água cinza é geralmente originada pelo uso de sabão ou de outros produtos para lavagem do corpo, de roupas ou de limpeza em geral (JEFFERSON et al., 1999). Ela varia em qualidade de acordo com a localidade e nível de ocupação da residência, faixa etária, estilo de vida, classe social e costumes dos moradores (NSWHEALTH, 2000) e com o tipo de fonte de água cinza que está sendo utilizado (lavatório, chuveiro, máquina de lavar, etc.) (NOLDE, 1999). Outros fatores que, segundo Eriksson et al. (2002), também contribuem para as características da água cinza são: a qualidade da água de abastecimento e o tipo de rede de distribuição, tanto da água de abastecimento quanto da água de reúso.

Do ponto de vista qualitativo, se o objetivo principal for o uso em descargas sanitárias, a água de reúso produzida a partir de água cinza deve possuir baixa turbidez, cor reduzida e ausência de odor desagradável. A utilização de água cinza bruta em descargas sanitárias ou na irrigação de jardins é uma prática vigente em alguns países, apesar do aspecto relativamente desagradável da água de reúso.

A análise das características do efluente, conjuntamente com os requisitos de qualidade requeridos para a aplicação de reúso desejada, geralmente definem o tipo de tratamento a ser adotado. Em se tratando de reúso de água, devido à grande variabilidade tanto da fonte como da própria finalidade a que se destina o efluente tratado, ou o tipo de reúso pretendido, uma gama de sistemas ou seqüências de processos são possíveis de serem concebidos (MANCUSO & SANTOS, 2003). Os processos desenvolvidos variam desde sistemas simples em residências até séries de tratamentos avançados para reúso em larga escala (JEFFERSON et al., 1999).

A filtração grosseira seguida de desinfecção é uma tecnologia comumente utilizada no Reino Unido para reúso doméstico e várias empresas fabricam sistemas de tratamento de reúso que se baseiam nesse processo de dois estágios (two-stage process). Segundo Jefferson et al. (1999) o processo genérico emprega um curto período de detenção hidráulica, para que a natureza química da água cinza permaneça inalterada e apenas um mínimo tratamento seja requerido. A desinfecção pode ser feita utilizando tanto cloro como bromo. Os processos puramente físicos desenvolvidos para o tratamento de águas cinza compreendem principalmente a filtração com leitos de areia e processos utilizando membranas, esses últimos geralmente são precedidos de um pré-tratamento apropriado. Um outro sistema de reúso implantado em um apart-hotel, localizado na Ilha de Mallorca (Espanha) utilizou além da filtração (filtro de tela de nylon) e da desinfecção (hipoclorito de sódio) uma etapa de sedimentação preliminar. Os resultados obtidos foram satisfatórios, com adequado controle das condições operacionais (período de estocagem inferior a 48 horas e concentração de cloro residual ≥ 1 mg/L nas descargas dos toaletes). A qualidade da água de reúso (turbidez 16,5 NTU e SST 18,6 mg/L) foi bem aceita pelos hóspedes do hotel, embora para alguns parâmetros estivesse aquém dos padrões estabelecidos para água potável (MARCH et al., 2004).

Os padrões de reúso de água variam bastante de um lugar para outro. A Tabela 1 relaciona uma série de normas internacionais que estabelecem requisitos mínimos de qualidade, em alguns casos até mesmo níveis de tratamento, para a água de reúso em ambientes urbanos. Diversos países têm desenvolvido diferentes alternativas para a proteção da saúde pública e do meio ambiente. Todavia, o fator econômico é que governa a escolha de uma estratégia, principalmente com relação aos custos do tratamento e de monitoramento. Grande parte dos países desenvolvidos estabeleceu diretrizes conservativas, com baixo risco e utilizando tecnologias de alto custo, como os padrões californianos. Entretanto, isso nem sempre

garante um baixo risco, em virtude da falta de experiência operacional. Um grande número de países em desenvolvimento adota outra estratégia de controle dos riscos à saúde, através de tecnologias de baixo custo baseadas nas recomendações da Organização Mundial de Saúde (OMS). No Brasil, até a presente data, existem poucas legislações que incentivam a prática do reúso de água e existem apenas alguns limites estabelecidos para reúso em descarga de vasos sanitários (Tabela 2).

Tabela 1: Limites estabelecidos para reúso em descarga de vasos sanitários – normas internacionais

	Tratamento	PARÂMETROS								
		pH	DBO ₅ (mg/L)	SST (mg/L)	Turbidez (NTU)	Coli. Total (ufc/100mL)	Coli. Fecal (ufc/100mL)	Cloro livre Cl ₂	Cloro residual (mg/L)	
1 EPA (uso urbano irrestrito)	Califônia	Oxidação, Coagulação, Filtração e Desinfecção	-	-	-	2 (méd) 5 (máx)	2,2 (méd) 23 (máx)	-	-	-
	Flórida	Secundário, Filtração e Alto nível de Desinfecção	-	20	5	-	-	ND (75%) 25 (máx)	-	-
	Texas	-	-	5	-	3	-	20 (méd) 75 (máx)	-	-
2	Austrália	Desinfecção	-	< 10 (90%) 20 (máx)	< 10 (90%) 20 (máx)	-	-	< 10 (90%) 30 (máx)	0,5-2,0 (90%) 2,0 (máx)	-
3	Alemanha - guideline	-	6 - 9	20	30	1 - 2	500	100	-	-
	OMS	-	-	-	-	-	1000 (m) 200 (g)	-	-	-
4	Padrões Canadenses propostos	-	-	30	30	5	200	200	-	> 1

1 - EPA (2004) m - mandatory
 2- NSW health, 2005 g - guideline
 3- Citado em: JEFFERSON (1999)
 4- CMHC (2004).

Tabela 2: Limites estabelecidos para reúso em descarga de vasos sanitários – normas brasileiras

Parâmetros	Manual de "Consevação e reúso de água em edificações " Classe 1 (FIESP, 2005)	NBR 13.969/97 item 5.6.4 Classe 3
pH	6,0 - 9,0	-
Cor (UH)	≤ 10	-
Turbidez (NTU)	≤ 2	< 10
Óleos e Graxas (mg/L)	≤ 1	-
DBO (mg/L)	≤ 10	-
Coliformes Fecal (NMP/100mL)	Não detectáveis	< 500
Compostos Orgânicos Voláteis	Ausentes	-
Nitrato (mg/L)	≤ 10	-
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	≤ 20	-
Nitrito (mg/L)	≤ 1	-
Fósforo Total (mg/L)	≤ 0,1	-
SST (mg/L)	≤ 5	-
SDT (mg/L)	≤ 500	-

A proposta desta pesquisa de utilizar a associação anaeróbia + aeróbia para o tratamento da água cinza foi em virtude de suas principais características: grande variação de vazão em períodos curtos de tempo e conteúdo orgânico facilmente biodegradável. Este segundo fator foi constatado através de uma etapa preliminar de caracterização qualitativa de águas cinza coletadas em diversas fontes. Outro fator que influenciou nessa escolha foram as condições

climáticas favoráveis encontradas em Vitória-ES, onde a temperaturas variam de 18 a 38°C ao longo de todo o ano. Essa faixa de temperatura é considerada ótima para o balanço entre o oxigênio dissolvido e a atividade biológica (JORDÃO e PESSOA, 2005).

MATERIAIS E MÉTODOS

CARACTERIZAÇÃO PRELIMINAR

Para a caracterização qualitativa preliminar, foram coletadas e analisadas, separadamente, as águas de lavatórios, chuveiros, pias de cozinha, tanques e de máquinas de lavar roupa. Uma amostra de água cinza sintética, preparada em laboratório com as frações coletadas, também foi analisada, misturando-se volumes proporcionais aos consumidos em uma residência de classe média (40% chuveiro, 15% tanque, 15% máquina de lavar, 10% lavatório, 20% cozinha).

Os parâmetros analisados foram: Físico-químicos - pH, turbidez, condutividade, dureza, DBO5, DQO, SST, O&G, fósforo total, NTK, nitrogênio amoniacal, sulfeto, sulfato. Microbiológico – *E.coli*. Além disso, foi realizado um ensaio de biodegradabilidade aeróbia com todos os tipos de água cinza coletados.

SISTEMA DE REÚSO PREDIAL

Um prédio localizado no parque experimental de saneamento básico da UFES foi utilizado para implantação de um sistema de tratamento e reúso de água cinza nas descargas dos vasos sanitários. O prédio contém duas salas de professores com banheiros individuais e banheiros coletivos, masculino e feminino. O prédio possui o total de seis pias, dois chuveiros, seis vasos sanitários e dois mictórios. Este prédio possui, ainda, um sistema de instalações hidro-sanitárias, com segregação das águas residuárias (águas cinza, negra e amarela) e rede dupla de abastecimento de água (potável e de reúso). A via de água potável abastece chuveiros e lavatórios e a via de água de reúso abastece os vasos sanitários e mictórios.

Toda a água cinza do prédio é encaminhada para uma estação de tratamento, para posterior reúso nos vasos sanitários. A estratégia de tratamento adotada foi a combinação de sistemas anaeróbio (reator anaeróbio compartimentado - RAC) e aeróbio (Filtro biológico aerado submerso - FBAS), seguido de filtração terciária (filtro terciário com tela de aço inox) e desinfecção com pastilha de cloro (flutuador) (Figura 2).

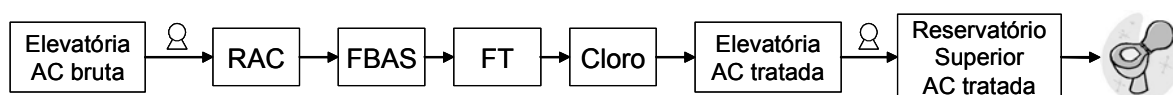


Figura 1: Esquema da seqüência de tratamento e reúso da água cinza

A estação de tratamento de águas cinzas (ETAC) foi dimensionada para tratar as águas cinzas produzidas por 60 pessoas (24 L/hab.dia). Ela foi construída em fibra de vidro, com estrutura compartimentada, contendo os quatro processos citados em volume único, com dimensões totais de 0,6 x 1,7 x 2,2m (Figura 2).



Figura 2: Vista geral do sistema de tratamento

O reator anaeróbio compartimentado possuía três compartimentos de mesmo volume operando em série e com fluxo ascendente. No primeiro e no segundo compartimento ocorria a etapa de digestão, pois era onde se localizava a manta de lodo e ocorriam, principalmente, as reações de estabilização de matéria orgânica. No terceiro ocorria a etapa de sedimentação através de um decantador lamelar de alta taxa. Na tampa do reator existia uma saída para o biogás. O RAC, além de tratar água cinza, também digeriu anaerobiamente o lodo aeróbio e o lodo terciário que eram recirculados para a elevatória de água cinza bruta.

O polimento do efluente do RAC era realizado em um filtro biológico aerado submerso (FBAS). Esse filtro funcionava em fluxo normal ascendente e o seu leito era fluidizado. Possuía meio-suporte composto por material plástico (conduítes cortados), onde as colônias de microorganismos responsáveis pela degradação biológica se fixavam. No FBAS não havia retenção física da biomassa pela ação da filtração, sendo necessária uma etapa de decantação secundária para remoção do biofilme de excesso que crescia ao redor do meio suporte. Entretanto, ele não precisava ser retrolavado (autolimpante), suprimindo, assim, operações e instrumentações mais complexas e de maior custo. O lodo acumulado nesse decantador era recirculado para o início da estação e o suprimento de ar era feito através de um compressor de forma contínua.

O filtro terciário era a unidade de polimento do tratamento biológico e sua finalidade era, principalmente, a retenção de sólidos suspensos remanescentes. O FT operava em fluxo descendente e era composto por uma tela de aço inox que ficava perpendicular ao fluxo, funcionando como uma peneira. A lavagem do FT era feita com ar e água no fluxo ascendente, ou seja, contrária ao fluxo no filtro. A frequência de lavagem era semanal.

A etapa de desinfecção foi inserida objetivando a destruição de patógenos ainda presentes no efluente tratado, tornando-o mais seguro para seu uso posterior (descarga de vasos sanitários). O agente desinfetante utilizado foi o cloro, que foi escolhido, pois além de proporcionar a desinfecção no tanque de contato, ainda deixa uma concentração residual, garantindo a desinfecção em caso de recontaminação. Para cloração, foi utilizada pastilha de cloro 200g, acoplada a um flutuador e, este conjunto, inserido na elevatória de água cinza tratada. A aplicação de cloro era feita de forma gradativa, na medida em que a pastilha ia se dissolvendo. A dosagem era controlada por uma grelha localizada na parte inferior do flutuador. A grelha foi mantida praticamente toda fechada para que a dosagem aplicada fosse a mínima possível.

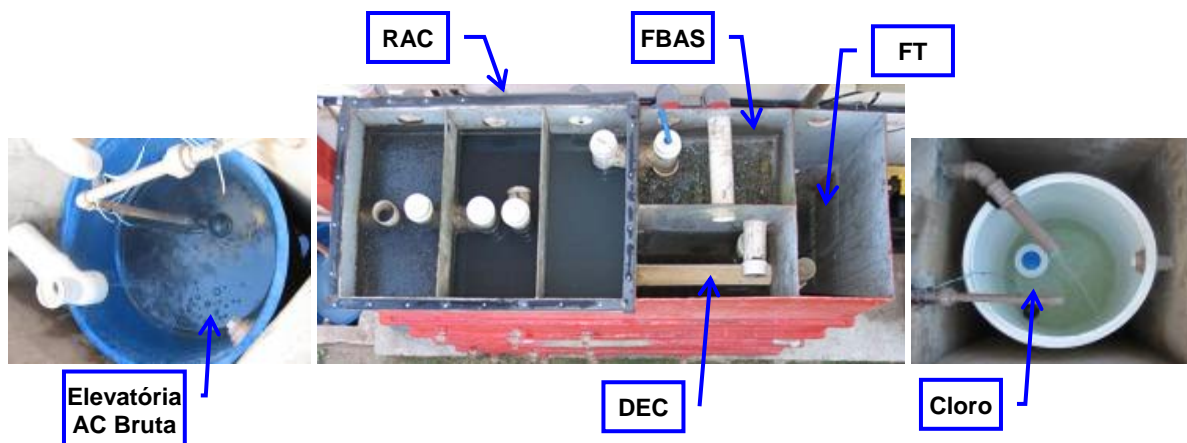


Figura 3: Vista superior da ETAC

Foram feitas coletas de amostras simples duas vezes por semana, sempre na parte da manhã. Os pontos de monitoramento do sistema foram:

- Água cinza bruta; coletada na elevatória de água cinza bruta;
- Água cinza efluente ao RAC e afluente ao FBAS; coletada na saída da terceira câmara do RAC;
- Água cinza efluente ao decantador secundário do FBAS e afluente ao FT; coletada na saída do DEC;
- Água cinza efluente ao FT e afluente à desinfecção; coletada na saída do FT;
- Água cinza efluente à desinfecção (efluente final); coletada na elevatória de água cinza tratada;
- Vasos sanitários; coletada nos vasos sanitários dos banheiros do prédio

As metodologias empregadas para realização das análises encontram-se descritas em “Standard Methods for the examination of water and wastewater” (APHA, 1995).

RESULTADOS

CARACTERIZAÇÃO PRELIMINAR

Os resultados obtidos na etapa preliminar de caracterização estão expressos em termos de valores mínimos, máximos e média aritmética, para os parâmetros físico-químicos. Para o parâmetro microbiológico, foi utilizada a média geométrica (Tabela 3).

Tabela 3: Resultado de caracterização qualitativa

Parâmetro	Lavatório			Chuveiro			Tanque			Máquina de lavar			Cozinha			Misturada		
	min	méd	máx	min	méd	máx	min	méd	máx	min	méd	máx	min	méd	máx	min	méd	máx
pH	6,63	8,03	8,97	6,83	7,34	8,14	7,71	8,85	9,55	7,62	9,06	9,73	4,21	5,14	5,95	5,99	7,05	7,58
Turbidez (NTU)	95	158	327	45	109	345	111	299	507	32	58	100	60	250	750	90	166	289
Condutiv. (uS.cm ⁻¹)	86	116	150	63	124	261	220	938	1817	194	524	966	78	528	1023	307	430	600
Dureza (mg.L ⁻¹)	22	44	105	13	30	80	17	56	146	13	39	85	0	12	48	0	21	65
DBO ₅ (mg.L ⁻¹)	90	265	675	100	165	188	100	570	875	90	184	300	190	633	1200	425	571	725
DQO (mg.L ⁻¹)	190	653	1200	216	582	1127	558	1672	3958	190	521	920	480	1712	4793	190	857	1331
SST (mg.L ⁻¹)	84	146	209	15	103	483	68	221	756	17	53	106	101	336	1103	70	134	220
O&G (mg.L ⁻¹)	30	82	125	34	95	320	22	188	383	7	24	42	52	176	340	51	101	218
Ptot (mg.L ⁻¹)	0,1	0,6	1,1	0	0,2	0,5	0,4	17,7	34,7	2,8	14,4	26,1	3,5	9,1	13,3	1,1	9	13,2
N-NH3 (mg.L ⁻¹)	0,2	0,5	1,1	0,2	0,8	1,4	1	3,8	15,2	0,3	1,5	4,4	1	2,5	6,4	0,9	1,9	4,1
NTK (mg.L ⁻¹)	0,7	5,6	21,2	1,2	3,4	6,6	2,5	10,3	27,8	0,2	3,6	5,9	5,1	13,7	22,1	2,3	6,6	11,2
Sulfeto (mg.L ⁻¹)	0	0,11	0,19	0,06	0,09	0,17	0,01	0,09	0,23	0,05	0,11	0,25	0,07	0,14	0,29	0,06	0,11	0,22
Sulfato (mg.L ⁻¹)	9	112	326	22	162	439	18	555	1149	38	355	1011	25	130	326	121	305	377
E. coli (mg.L ⁻¹)	<1	10	90	2,4x10 ³	2,6x10 ⁴	2,0x10 ⁵	<1	29	2,1x10 ³	<1	27	2,6x10 ⁴	<1	6,5x10 ²	1,9x10 ⁵	1,0x10 ⁴	3,2x10 ⁴	1,9x10 ⁵

A água cinza apresentou significativa concentração de matéria orgânica e sulfatos, evidenciando o grande potencial de produção de H₂S, caso ela seja estocada sem tratamento. As concentrações de nutrientes (N e P) foram menores que no esgoto convencional, uma vez que a maior parte deles é oriunda dos excrementos (urina e fezes). A

presença de *E. coli* mostrou que a desinfecção prévia ao reúso é necessária, principalmente se as normas para o reúso em descarga de vasos sanitários forem muito rígidas.

Para ensaio de biodegradabilidade, utilizou-se um aparelho que armazena os dados do consumo de oxigênio durante os 5 dias da análise de DBO. A partir daí, ajustaram-se, pelo método dos mínimos quadrados, curvas de biodegradabilidade aeróbia e se determinou o coeficiente de desoxigenação (k_1) para cada amostra de água cinza. O mesmo foi feito para uma amostra de esgoto sanitário bruto, a título de comparação. Todas as amostras de água cinza, com exceção do chuveiro, apresentaram os valores de k_1 iguais ou superiores aos da amostra de esgoto sanitário, indicando que alguns tipos de água cinza apresentam uma taxa de consumo de oxigênio mais rápida do que o esgoto sanitário convencional, mostrando que períodos longos de estocagem podem comprometer significativamente as características iniciais dessas águas (Figura 4). Os resultados obtidos nos estudos da UFES produziram resultados muito semelhantes aos obtidos na pesquisa realizada na Suécia, onde foram encontrados valores de k_1 de 0,45 para água cinza OLSON et al. (1968, citados em www.greywater.com).

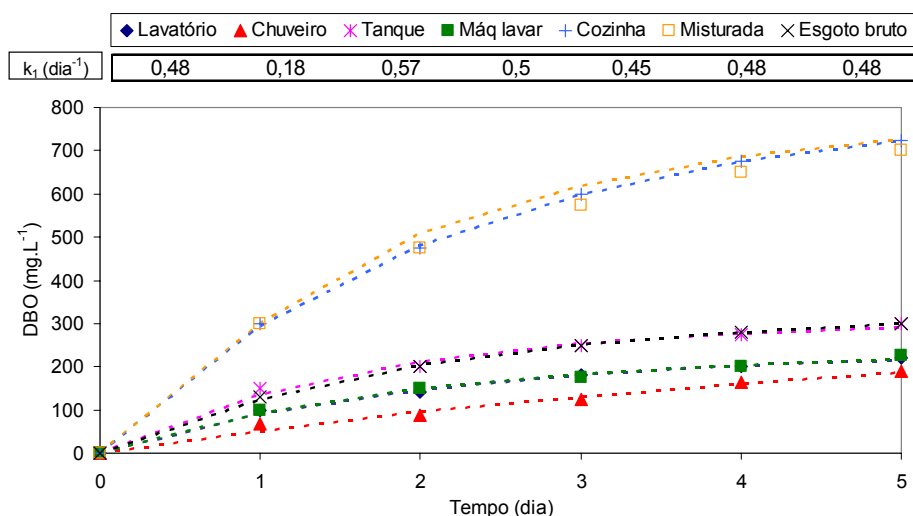


Figura 4: Curvas de biodegradabilidade das águas cinza coletadas e de esgoto bruto

SISTEMA DE REÚSO PREDIAL

Os parâmetros mais importantes quando se fala em reúso são aqueles ligados à estética da água e à segurança dos usuários. Entre os parâmetros diretamente ligados à estética estão a cor, a turbidez e o SST e os ligados à segurança estão a densidade de *E. coli* e de coliformes totais. Outros parâmetros como DBO, sulfato e sulfeto também são importantes por estarem indiretamente ligados aos dois fatores anteriormente citados. O conteúdo orgânico aliado a elevados teores de sulfatos, em ambientes anaeróbios induz a produção de sulfetos, causando mau cheiro. Além disso, a presença matéria orgânica também pode induzir o crescimento de microrganismos e o aumento da demanda de cloro na etapa de desinfecção.

A figuras de 5 a 8 mostram os resultados do monitoramento de parâmetros físico-químicos nas etapas de tratamento. A remoção sólidos suspensos (SST e turbidez), dissolvidos (cor verdadeira) e matéria orgânica (DBO5) apresentaram maior eficiência de remoção ocorreu na etapa biológica (anaeróbia + aeróbia). Sendo que o RAC apresentou eficiência de remoção 56% para turbidez, 53% para cor, 72% para SST e 69% para DBO5. E o FBAS, como polimento do efluente anaeróbio, apresentou eficiências de 96%, 63%, 95% e 90% nessa mesma ordem. Não houve redução significativa desses parâmetros nem na etapa de filtração terciária nem na de desinfecção. Alguns padrões menos restritivos, como a NBR 13.969 e os propostos na Alemanha (citado em JEFFERSON et al., 1999) e no Canadá (CMHC, 2004) foram atendidos após a etapa biológica, enquanto de padrões mais restritivos (FIESP, 2005; EPA, 2004) só foram atendidos após a desinfecção.

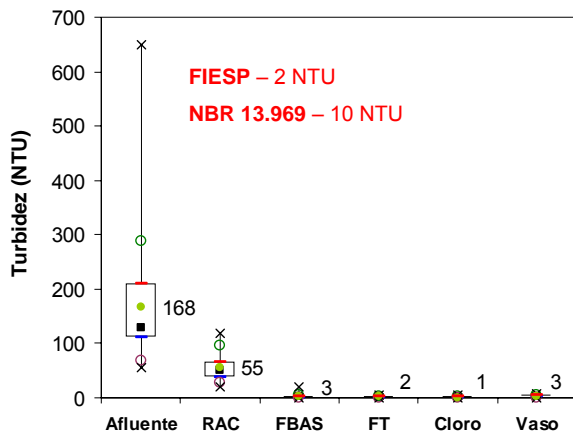


Figura 5: Remoção de turbidez

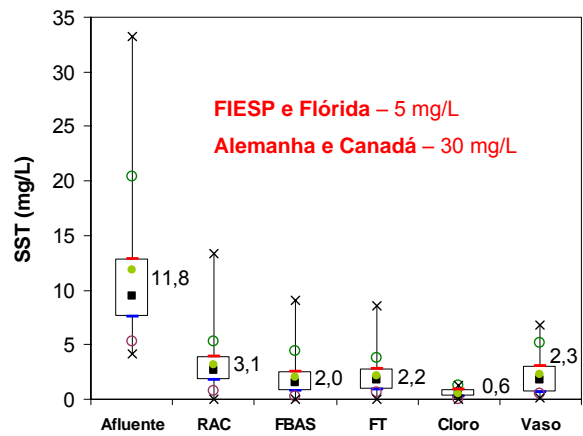


Figura 6: Remoção de SST

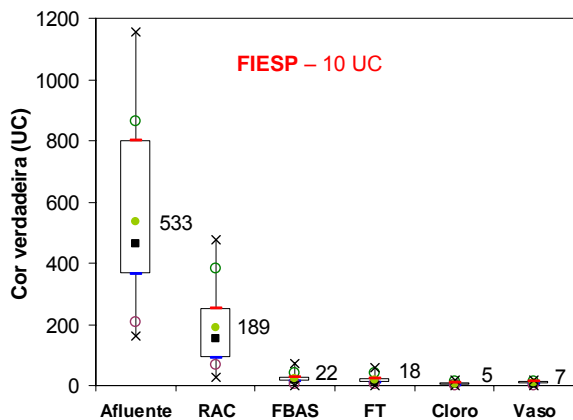


Figura 7: Remoção de cor verdadeira

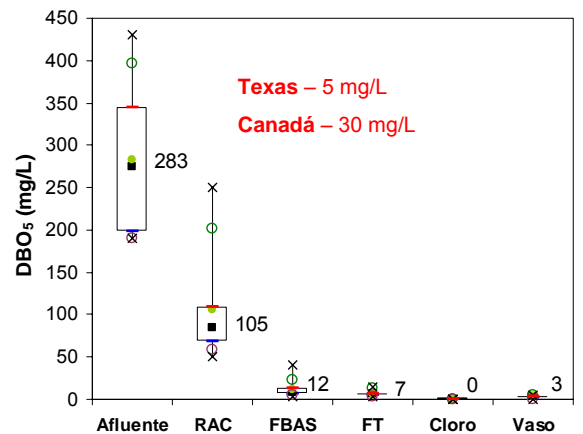


Figura 8: Remoção de DBO₅

As figuras 9 e 10 mostram a remoção dos parâmetros microbiológicos *E. coli* e Coliformes totais (CT). O tratamento biológico (RAC+ FBAS) removeu aproximadamente 3 unidades logs, chegando a concentrações na ordem de 10^2 e 10^4 para *E. coli* e CT, respectivamente. Apesar dessas concentrações não atenderem as normas mais restritivas, elas foram inferiores as encontradas por Ornelas (2004) em amostras coletadas em selo hídrico de vasos sanitários, utilizando água potável (10^2 para *E. coli* e 10^5 para CT). Entretanto, os padrões mais restritivos foram alcançados após a etapa de desinfecção por cloro.

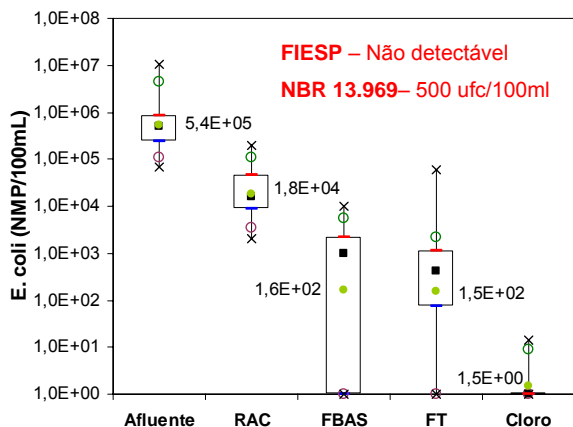


Figura 9: Remoção de *E. coli*

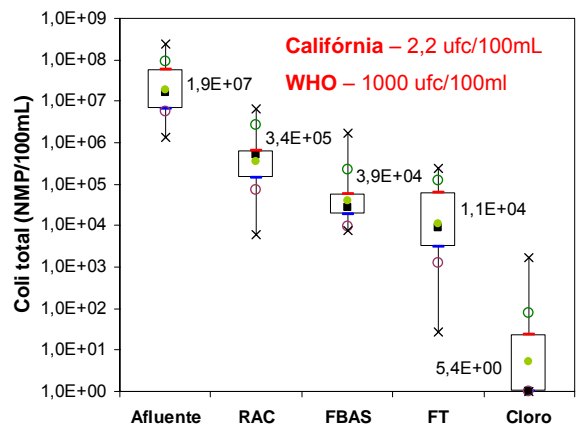


Figura 10: Remoção de Coliformes totais

A Tabela 4 apresenta um resumo de como cada etapa de tratamento que compõe a ETAC contribui para a qualidade final da água cinza tratada. Observou-se que a maior parte dos compostos presentes na água cinza bruta foi removida no tratamento biológico RAC + FBAS.

Tabela 4: Resumo da remoção das etapas do tratamento para a qualidade final da água cinza tratada

Parâmetros	Tratamentos			
	RAC	FBAS	FT	Cloro
Cor	+++	++++	+	+++
Turbidez	+++	++++	++	↓
SST	++++	+++	↓	+
DBO₅	+++	++++	++	
DQO	++++	++++	++	+
E.coli	++	+++	+	++
Coli total	+++	++	+	++++

LEGENDA: ++++ - Eficiência de remoção de 100 a 70% (ou 4 logs)
 +++ - Eficiência de remoção de 69 a 40% (ou 3 logs)
 ++ - Eficiência de remoção de 39 a 10% (ou 2 logs)
 + - Eficiência de remoção < 10% (ou < 1 log)
 ↓ - Piora na qualidade em relação ao tratamento anterior

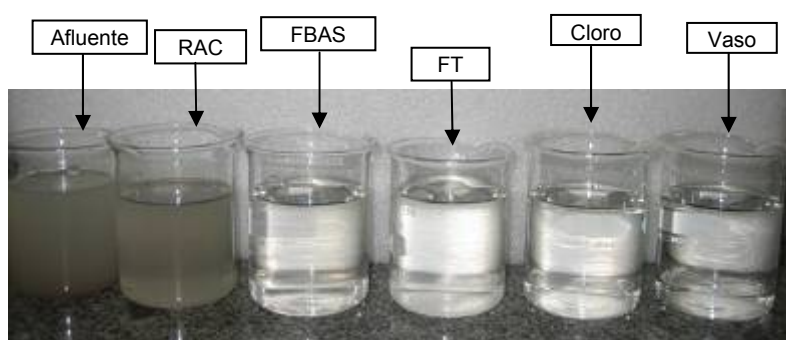
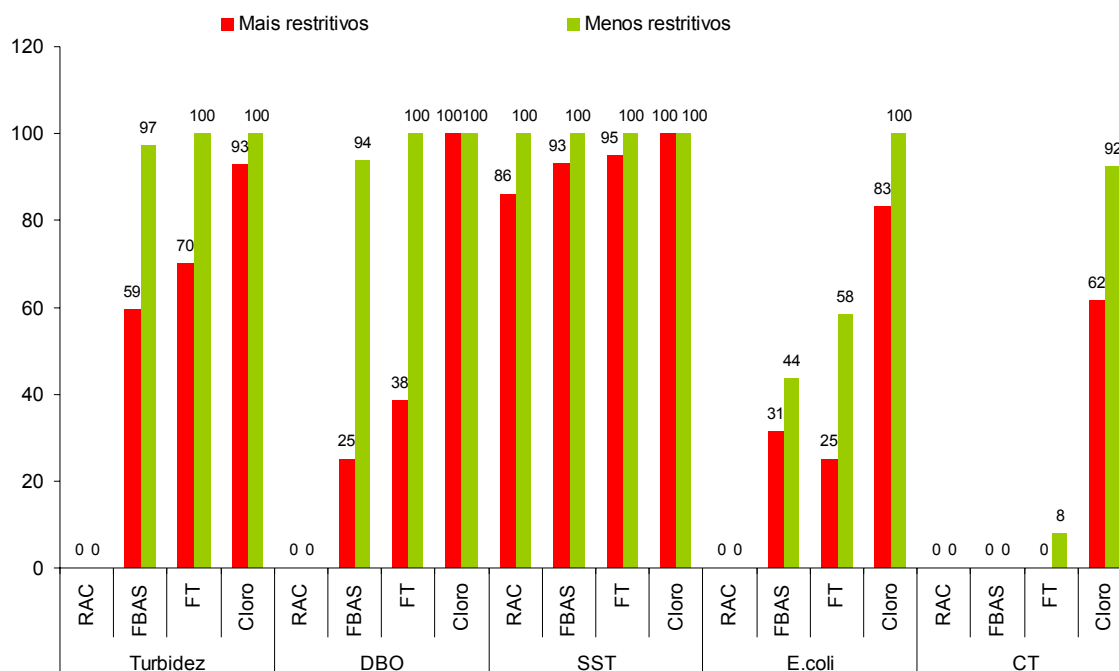


Figura 11: Amostras coletadas em cada etapa de tratamento e no vaso sanitário

Foi realizada uma análise da frequência de atendimento aos padrões (mais e menos restritivos). Essa análise foi feita em termos de porcentagem para cada tratamento e parâmetro analisado. Dessa forma, pode-se observar que somente o RAC não foi suficiente para produzir água cinza tratada de qualidade compatível com o uso em descarga de vasos sanitários. Com exceção da concentração de SST (que foi atendida em 85% das amostras para o padrão mais restritivo e para 100% das amostras para o menos restritivo), os demais parâmetros não apresentaram nenhuma amostra dentro dos padrões, após passar pelo reator anaeróbio. Entretanto, ele foi imprescindível, pois proporciona a redução da carga orgânica para os tratamentos subseqüentes (Figura 12).

Parâmetros como turbidez e DBO já são praticamente alcançados em todas as amostras, ao passar pelo FBAS, em termos dos padrões menos restritivos (97% e 94%, respectivamente). Entretanto, para que o padrão mais restritivo seja alcançado é necessária a desinfecção.

No caso dos parâmetros microbiológicos, o padrão mais restritivo só é alcançado em 83% das amostras, no caso de E. coli, e em 62% das amostras no caso de coliformes totais.



Mais restritivo	2 NTU	5 mg/L	5 mg/L	Não detectável	2,2 NMP/100mL
Menos restritivo	10 NTU	30 mg/L	30 mg/L	500 NMP/100mL	1000 NMP/100mL

Figura 12: Porcentagem de atendimento aos padrões mais e menos restritivos

CONCLUSÕES

Com relação à caracterização qualitativa, de maneira geral, as diversas frações da águas cinza coletadas em lavatórios, chuveiros, tanque, máquina de lavar e pia de cozinha apresentaram características variadas quando comparadas umas com as outras. Os resultados apresentaram a presença significativa de matéria orgânica rapidamente biodegradável e sulfatos. Isso evidencia o grande potencial de produção de H_2S , caso não seja realizado um tratamento adequado. Evidenciou-se também a presença de nutrientes (nitrogênio e fósforo), entretanto, em menor quantidade que no esgoto sanitário de características médias, já que a maior parte deles é oriunda dos excrementos (urina e fezes). As concentrações de *E. coli* e coliformes totais (CT) também foram bastante significativas, mostrando que, mesmo com a ausência do efluente de vasos sanitários, existe a contaminação fecal. Dessa forma, é necessária a desinfecção previamente ao reúso.

No que diz respeito ao tratamento da água cinza, o RAC foi de fundamental importância, pois removeu boa parte dos sólidos e da matéria orgânica presente na água cinza bruta, sem praticamente nenhum aporte energético. Além disso, esse reator produziu pouco lodo e a operação foi bastante simples. A inserção da etapa de tratamento aeróbio à jusante do RAC incrementou consideravelmente a remoção de turbidez, cor e matéria orgânica e, em menor escala, a remoção de SST da água cinza bruta, chegando a níveis de concentração de alguns parâmetros, que atendem às normas e padrões. Além disso, o efluente tratado pelo FBAS é completamente desprovido de odor.

O FT não aportou reduções muito significativas nem de material particulado e orgânico, nem de microrganismos. Sendo que para alguns parâmetros, a qualidade do efluente piorou. Além disso, a necessidade de lavagens periódicas demonstra que o tratamento em nível terciário poderia ser eliminado no sistema de reúso estudado.

A etapa de desinfecção foi de extrema importância, pois complementou com eficiência a remoção de *E.coli* e CT, enquadrando o efluente tratado para o reúso em termos de concentrações de microrganismos nos padrões mais restritivos. O cloro removeu também a cor remanescente dos tratamentos anteriores e garantiu a completa desodorização.

Entretanto, após passar pelo FBAS as concentrações de E. coli foram menores do que as encontradas por Ornelas (2004) no selo hídrico de vasos sanitários abastecidos por água potável.

Com relação à frequência de atendimento aos padrões de reúso em descarga de vasos sanitários, praticamente todos os parâmetros físico-químicos tiveram 100% das amostras atendendo aos limites mais restritivos, após passar pela etapa de cloração, com exceção da turbidez, que, para o parâmetro mais restritivo, atendeu em 93% das amostras. Ainda nessa mesma análise, mas com relação aos parâmetros microbiológicos, as porcentagens de atendimento aos padrões mais restritivos foram de 83% e 62% para E. coli e CT, respectivamente. Já com relação aos padrões menos restritivos, a porcentagem de atendimento foi de 100% e 92%, nessa mesma ordem.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA . Standard methods for the examination of water and wastewater, 19. ed. Washington: American Public Health Association, 1995.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. Tanques sépticos – unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – projeto, construção e operação: NBR 13.969. Rio de Janeiro, 1997.
3. CMHC - CANADA MORTGAGE AND HOUSING CORPORATION. Water reuse standards and verification protocol. Research Highlight. Technical Series 04-131, 2004. Disponível em: <<http://www.cmhc.ca>>. Acesso em: 11 ago. 2005.
4. EPA (US) -. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Guidelines for water reuse. EPA 625-R-04-108. Office of Water, Washington, DC, 2004.
5. ERIKSSON, E.; AUFFARTH, K.; MOGENS, H. LEDIN, A. Characteristics of grey wastewater. Urban Water. v. 4, n.1, p. 58-104, 2002.
6. FIESP. Conservação e reúso de água em edificações. São Paulo, Prol editora gráfica, 2005.
7. GREYWATER. What is it...how to treat it... how to use it. Disponível em: <<http://www.greywater.com/>>. Acesso em: 7 mar. 2004.
8. JERFFERSON, B.; LAINE, A.; PARSONS, S.; STEPHERSON, T.; JUDD, S. Technologies for domestic wastewater recycling. Urban Water. v. 1, n. 4, p. 285-292, 1999.
9. JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. Tratamento de Esgoto Doméstico. 4 ed. Rio de Janeiro: Segrac, 2005.
10. MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. Reúso de água. Barueri-SP: Manole, 2003
11. MARCH, J. G.; GUAL, M.; OROZCO, F. Experiences on graywater re-use for toilet flushing in a hotel (Mallorca Island, Spain). Desalination. V. 164, n. 3, p. 241-247, 2004.
12. NOLDE, E. Greywater reuse systems for toilet flushing in multi-story buildings – over ten years experience in Berlin. Urban Water. v. 1, n. 4, p. 275-284, 1999.
13. NSW HEALTH. Greywater reuse in Sewered single domestic premises, Sidney, 2002. Disponível em: <http://www.health.nsw.gov.au/publichealth/ehb/general/wastewater/greywater_policy.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2004.
14. ORNELAS, P. Reúso de água em edifícios públicos: o caso da escola politécnica. 2004. Dissertação (mestrado profissional em gerenciamento e tecnologias ambientais no processo produtivo) – Departamento de engenharia ambiental, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004.