



II-518 - CARACTERIZAÇÃO QUALI-QUANTITATIVA DAS ÁGUAS CINZAS NOS SEUS DIFERENTES PONTOS GERADORES EM UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR, E ALTERNATIVAS DE REÚSO

Maria Elisa Magri⁽¹⁾

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestre em Engenharia Ambiental pelo Programa de Engenharia Ambiental da UFSC (PPGEA/UFSC). Doutoranda em Engenharia Ambiental PPGEA/UFSC.

Carla Suntti

Engenheira Ambiental pela Universidade do Contestado (Unc). Mestranda em Engenharia Ambiental pelo Programa de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina.

Djesser Zechner Sergio

Acadêmico do curso de graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina. Bolsista CNPq/PROSAB 5.

Karina Lopes Joussef

Acadêmica do curso de graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina. Bolsista CNPq/PROSAB 5.

Luiz Sérgio Philippi

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Doutor em Saneamento Ambiental pela Université de Montpellier I (França). Pós-doutor pela Université de Montpellier II (França). Professor Titular do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC.

Endereço⁽¹⁾: Campus Universitário, Trindade - UFSC. Depto de Engenharia Sanitária e Ambiental – Grupo de Estudos em Saneamento Descentralizado - Florianópolis - SC – CEP: 88040-970 - Brasil - Tel: + 55 (48) 3721.7696 e-mail: mariaelisamagri@yahoo.com.br

RESUMO

No cenário mundial de escassez de água, o reúso de águas cinzas tratadas em escala residencial pode contribuir como uma medida conservacionista, reduzindo o consumo de água potável, e ainda acrescentando uma dimensão econômica ao planejamento dos recursos hídricos. A utilização das águas cinzas como fonte alternativa para usos não potáveis baseia-se no conceito de saneamento ambiental: proteger o meio ambiente e a saúde humana, reduzindo o consumo de água. Neste contexto, o presente trabalho tem por objetivo a avaliação quali-quantitativa das águas cinzas geradas nas diferentes unidades hidro-sanitárias (UHS) de uma residência unifamiliar, visando indicar alternativas para o gerenciamento seguro e adequado destes efluentes. A pesquisa foi conduzida em uma residência com três moradores. Para caracterização qualitativa das águas cinzas geradas nas diferentes UHS foi idealizado um esquema de amostragem composta, onde eram coletadas quantidades específicas de efluente para cada pico de produção nas diferentes unidades, durante todo o dia. Para a quantificação das águas cinzas, e demais efluentes produzidos, foram instalados hidrômetros nas tubulações de alimentação dos pontos de uso de água na residência, os quais eram lidos diariamente sempre ao final do dia. Pôde-se verificar uma variação qualitativa significativa entre as águas cinzas geradas nas UHS, bem como uma grande variação dentro de cada série de dados de cada unidade. Quando comparados os dados obtidos nesta pesquisa com dados de outros autores de diversos locais observa-se também uma grande variação dos dados, o que é justificável quando se verifica que a composição das águas cinzas varia de acordo com o estilo de vida, sazonalidade, cultura e economia da população. Ainda em termos qualitativos, os efluentes com as maiores concentrações de poluentes orgânicos e inorgânicos foram respectivamente, provenientes do chuveiro, máquina de lavar roupas e lavatório. Em termos quantitativos, as águas cinzas misturadas, ou somente provenientes do banheiro (chuveiro e lavatório) ou da lavanderia (tanque e máquina) poderiam suprir a demanda de água, por exemplo, do vaso sanitário. A produção média de águas cinzas na residência foi de 248 L/d, ou 83 L/hab.d, sendo que no chuveiro e lavatório a produção foi de 37 L/hab.d, e no tanque e máquina de 46 L/hab.d. As outras UHS produziram os seguintes volumes de efluentes: vaso sanitário 26 L/hab.d e cozinha 22 L/hab.d.

PALAVRAS-CHAVE: Águas cinzas, fontes alternativas, caracterização, quantificação, reúso.



INTRODUÇÃO

A escassez da água é um problema gerado atualmente em função do mau gerenciamento dos recursos hídricos em todas as instâncias. O cenário de escassez deve-se à irregularidade na distribuição da água, ao aumento das demandas - o que muitas vezes pode gerar conflitos de uso, e ao fato de que nos últimos 50 anos, a degradação da qualidade da água no ambiente aumentou em níveis alarmantes.

Nos centros urbanos e industriais, os problemas de abastecimento estão diretamente relacionados ao crescimento da demanda, ao desperdício, à urbanização descontrolada e à falta de gerenciamento dos resíduos sólidos e líquidos gerados. Na zona rural e áreas de grande desenvolvimento agropecuário os recursos hídricos também são explorados de forma irregular, há o desmatamento da vegetação protetora dos cursos d'água das bacias, o mau uso do solo, o não gerenciamento dos resíduos, e a utilização intensiva de adubos químicos e agrotóxicos, que culminam na degradação do solo e da água.

Assim, a baixa eficiência das empresas de abastecimento, onde as perdas de água e o gasto de energia são muito elevados, associada ao quadro de degradação ambiental resultam no cenário da escassez. Neste quadro, às medidas de conservação da água é atribuído papel fundamental.

Em escala descentralizada, a adoção de medidas que possam substituir o uso de água potável por fontes alternativas para usos menos nobres pode ter papel fundamental. Entre as alternativas em escala residencial, tem-se a segregação e reúso dos esgotos domésticos, destacando-se as águas cinzas.

O reúso de águas cinzas tratadas em escala residencial pode contribuir como uma medida conservacionista, reduzindo o consumo de água potável, e ainda acrescentando uma dimensão econômica ao planejamento dos recursos hídricos, aumentando a segurança alimentar e melhorando as questões de saúde pública, pois é um efluente que deixa de ser um contaminante de solos e corpos d'água em potencial.

A utilização das águas cinzas como fonte alternativa para usos não potáveis baseia-se no conceito de saneamento ambiental: proteger o meio ambiente e a saúde humana reduzindo o consumo de água.

Na literatura, em geral, são chamadas de águas cinzas ou *greywater* as águas servidas que não possuem contribuição do vaso sanitário. Entretanto, autores como Nolde (1999) e Christova-Boal; Eden; McFarlane (1996) desconsideram a água cinza proveniente da pia de cozinha por considerar esse efluente com inúmeros compostos indesejáveis, como por exemplo, óleos e gorduras.

Para que se possa garantir o aproveitamento das águas cinzas com segurança, assim como de outros efluentes, é pertinente determinar os parâmetros de qualidade que os mesmos devem atender (FIORI; FERNANDES; PIZZO, 2006). É necessário o conhecimento das características destas águas para que alternativas de reúso, tratamento e gerenciamento adequados possam ser propostas.

Segundo Eriksson et al. (2002) as características das águas cinzas dependem primeiramente da qualidade da água de abastecimento fornecida, do tipo de rede de distribuição, e dos hábitos e atividades dos moradores da residência. Cohim et al. (2007) ressaltam que as águas cinzas, quando comparadas ao esgoto doméstico convencional, apresentam uma baixa concentração de nutrientes e a matéria orgânica existente na mesma é de fácil degradabilidade, o que sugere tratamentos e destinos finais diferenciados.

A composição da água cinza está diretamente relacionada também com o volume de água que é consumido. Quando este volume é baixo, a concentração de compostos orgânicos e inorgânicos da água cinza é alta, semelhante ao que ocorre com esgoto convencional, e por outro lado, quando o consumo de água é maior, o volume de água cinza é maior, porém diluído.

Os contaminantes químicos significativos nas águas cinzas são derivados de produtos utilizados em lavanderias e banheiros. A compreensão das fontes de contaminantes é importante na identificação da heterogeneidade das características químicas das águas cinzas. Os produtos químicos mais utilizados são os surfactantes (agentes ativos de superfície), tendo em vista que eles são amplamente utilizados para higienização e limpeza (WIDIASTUTI et al., 2008).



Eriksson et al. (2002), reportam que devido aos produtos químicos utilizados, espera-se que as concentrações de DQO e DBO sejam próximas às encontradas para o esgoto doméstico.

As águas cinzas normalmente contém organismos patogênicos, dentre eles, bactérias, vírus e parasitas, em concentrações elevadas o suficiente para causar riscos à saúde (JAMRAH et al., 2007). Os microorganismos patogênicos nas águas cinzas são provenientes das atividades como: tomar banho e lavar as mãos.

Com relação à quantificação das águas cinzas, o consumo doméstico de água varia de acordo com o estilo de vida, sazonalidade, cultura e economia da população. Na medida em que a qualidade de vida cresce, aumenta a demanda doméstica de água. Fatores como ocupantes idosos, tipo de dispositivo doméstico e área de jardim influenciam diretamente nesta demanda (LAZAROVA et al., 2003). Estudos apontam para a geração de 70% do total do esgoto bruto como sendo águas cinzas (NSW HEALTH, 2000).

Neste contexto, o presente trabalho tem por objetivo a avaliação quali-quantitativa das águas cinzas geradas nas diferentes peças hidro-sanitárias de uma residência unifamiliar, visando indicar alternativas para o gerenciamento seguro e adequado destes efluentes.

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no campo experimental implantado em uma residência, situada no bairro de Ratoles, Florianópolis, Santa Catarina (Figura 1). Na residência moram três pessoas, e a mesma possui três quartos, dois banheiros, sendo que somente um possui chuveiro, uma cozinha, uma sala, e uma área de serviço, onde estão instalados um tanque e uma máquina de lavar roupas.



Figura 1: Residência onde foi realizada a pesquisa, bairro Ratoles, Florianópolis/SC.

Para qualificação, ou caracterização qualitativa das águas cinzas geradas nas diferentes peças hidro-sanitárias foi idealizado um esquema de amostragem composta, onde eram coletadas quantidades específicas de efluente para cada pico de produção nas diferentes unidades, durante todo o dia.

A amostragem composta era realizada, durante o dia anterior à análise, da seguinte forma:

- Chuveiro: cada um dos moradores da residência (três) tomava banho sobre uma banheira que aparava toda a água; ao final, era coletado 1 L do volume total homogeneizado por banho; as amostras eram refrigeradas e misturadas no dia seguinte, e encaminhadas para análise;
- Lavatório: um coletor de 15 L recebia os efluentes do lavatório durante todo o dia, que ao final eram refrigerados e o volume de 1 L era encaminhado para análise;
- Máquina de Lavar: ao final da lavagem de roupas, antes do esgotamento da água da máquina no primeiro ciclo, 1 L de efluente era coletado e refrigerado até a análise.

As análises físico-químicas e bacteriológicas realizadas foram: pH, alcalinidade total, DQO total, sólidos totais, sólidos suspensos, cor aparente e verdadeira, turbidez, série nitrogenada inorgânica, fósforo total, coliformes totais e *Escherichia coli*. Observa-se que todas as análises seguiram as recomendações do *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*, APHA 1998, com exceção do nitrogênio nitrato, o qual foi realizado segundo Vogel, 1981. As análises foram realizadas semanalmente no Laboratório Integrado de Meio Ambiente do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC. Os dados apresentados neste trabalho são referentes ao período de julho de 2007 a julho de 2008.



Para a quantificação das águas cinzas foram instalados hidrômetros (H) com vazões de 1,5 m³/h (hidrômetro multijato Actaris®) nas tubulações de alimentação do chuveiro e lavatório (H1) e do tanque e máquina de lavar roupas (H2). Foram realizadas leituras diárias pelo morador da residência sempre ao final do dia, por volta das 20h. Além dos pontos geradores de águas cinzas, foram também monitorados os consumos de água no vaso sanitário (H3) e na pia da cozinha (H4). Observa-se que a água consumida nas unidades e as respectivas gerações de efluentes foram consideradas iguais. Os dados de consumo apresentados neste trabalho são referentes ao período de agosto de 2006 a agosto de 2008.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 1 são apresentados os resultados da caracterização por unidade hidro-sanitária das águas cinzas produzidas na residência.

Tabela 1: Caracterização das águas cinzas nas diferentes unidades hidro-sanitárias (n=25).

Parâmetro	Dados	Chuveiro	Lavatório	Máquina de lavar
Potencial hidrogeniônico	Média	8,9	7,3	9,0
	DP	0,74	0,74	1,03
Turbidez (NTU)	Média	305,3	164,0	148,4
	DP	89,2	122,3	112,5
Alcalinidade total (mgCaCO ₃ /L)	Média	101,3	89,4	156,9
	DP	38,5	101,6	117,5
Cor aparente (Uc)	Média	2343,6	830,0	850,2
	DP	1464,3	553,5	756,9
Cor verdadeira (Uc)	Média	1105,7	109,8	433,1
	DP	836,2	111,4	616,0
DQO total (mg/L)	Média	1145,1	423,3	831,0
	DP	589,8	317,2	622,9
Sólidos totais (mg/L)	Média	784,2	413,1	1353,8
	DP	388,5	222,1	987,6
Sólidos suspensos (mg/L)	Média	176,1	130,4	145,3
	DP	94,8	100,2	257,5
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	Média	1,20	0,36	2,53
	DP	1,06	0,37	2,17
Nitrogênio nitrito (mg/L)	Média	0,52	0,09	0,40
	DP	0,20	0,14	0,21
Nitrogênio nitrato (mg/L)	Média	1,66	1,84	2,15
	DP	0,95	0,92	1,49
Fósforo total (mg/L)	Média	18,6	4,9	23,9
	DP	11,5	3,5	17,8
Coliformes totais (NMP/100mL)	Média	1,4E+06	1,8E+05	2,4E+06
	DP	5,2E+06	3,2E+05	5,6E+06
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL)	Média	5,5E+04	1,3E+04	1,4E+05
	DP	1,2E+05	5,5E+04	5,7E+05

Legenda: n = número de amostragens; DP = desvio padrão da média.

Pelos resultados apresentados na Tabela 1 pode-se verificar uma variação significativa entre as águas cinzas geradas nas diferentes unidades hidro-sanitárias. Observa-se também uma grande variação dentro de cada série de dados de cada unidade, o que é indicado pelos elevados valores de desvio padrão quando comparados com suas respectivas médias aritméticas, principalmente nos parâmetros físicos, como sólidos, turbidez e cor, e no parâmetro químico indicador de matéria orgânica, como a DQO.



Com relação aos parâmetros turbidez, cor aparente e cor verdadeira o chuveiro produziu um efluente com concentrações médias de 305,3, 2343,6 e 1105,7 mg/L, respectivamente. O efluente da máquina de lavar apresentou valores um pouco mais baixos, com concentrações médias de 148,4, 850,2 e 433,1 mg/L, para turbidez, cor aparente e cor verdadeira, respectivamente. Observa-se que estes parâmetros podem indicar concentrações elevadas de sólidos dissolvidos, o que sugere a necessidade de sistemas de tratamento mais eficientes para o reúso destes efluentes.

Com relação ao efluente do lavatório pode-se observar que o mesmo apresentou as menores concentrações destes indicadores, apenas com a turbidez semelhante àquela obtida pela máquina de lavar (164,0 mg/L). Da mesma forma, todos os outros parâmetros apresentaram menores concentrações no efluente do lavatório. Em edificações onde o uso dos lavatórios seja predominante na contribuição das águas cinzas, como em prédios públicos, onde normalmente não são praticadas a lavagem de roupas e o banho, esta característica pode ser vantajosa, pois com um sistema de tratamento simplificado estas águas podem ser reutilizadas para fins como, descarga de vaso sanitário, rega de jardim e lavagem de pisos.

As concentrações de DQO apresentadas na tabela 1, principalmente nos efluentes do chuveiro e máquina de lavar, demonstram elevada contribuição de matéria orgânica carbonácea, se comparadas àquelas do lavatório. Estas concentrações de DQO nas amostras indicam a depleção de oxigênio devido à degradação da matéria orgânica. Se o oxigênio dissolvido for todo consumido, ou se for utilizada uma unidade de tratamento biológica anaeróbia para estes efluentes, pode ocorrer a produção de sulfetos pela redução de sulfatos (presentes nas águas cinzas) e, conseqüentemente, a emissão de odores desagradáveis, o que deve ser lavado em consideração no sistema de reúso. Em função destas características, quando utilizam-se águas cinzas mais concentradas, indica-se a utilização de unidades de tratamento biológico combinadas, um pré-tratamento anaeróbio seguido de um sistema aeróbio, aliado a unidades de reservação que não proporcionem tempos de detenção hidráulica elevados aos efluentes.

As concentrações de nitrogênio amoniacal encontradas em todos os pontos foram inferiores àquelas observadas no esgoto doméstico convencional – 30 mg/L (VON SPERLING, 2003). Estas baixas concentrações já foram observadas como fatores limitantes para aplicação de tratamento biológico por alguns autores (MOREL; DIENER, 2006), por outro lado, não é necessária a aplicação de sistemas que promovam a remoção de nitrogênio do efluente, os quais são normalmente mais complexos e de custo mais elevado. Já as concentrações de fósforo encontradas nos efluentes da máquina de lavar e no chuveiro foram semelhantes aos valores típicos de esgoto doméstico convencional. Estes resultados refletem a adição dos produtos durante a lavagem de roupas, como sabão em pó e amaciantes, e a utilização de produtos de higiene pessoal, como sabonetes e produtos para os cabelos, os quais têm em sua composição concentrações destes elementos.

Embora a água cinza não receba efluentes dos vasos sanitários, os quais apresentam elevada concentração de organismos patogênicos foi possível encontrar a presença destes, mas em menor proporção, nas águas cinzas provenientes de todos os pontos analisados. Atividades como lavagem das mãos após uso do toalete, lavagem de roupas fecalmente contaminadas ou o próprio banho representam possíveis fontes de contaminação (GONCALVES et al., 2006).

Observa-se, então, que ocorreu a contaminação por coliformes fecais nos pontos geradores de águas cinzas, alcançando $2,35 \times 10^6$ NMP/100 mL no efluente da máquina de lavar roupas. No entanto, com relação à *Escherichia coli*, todos os pontos apresentaram valores mais baixos. Segundo a norma NBR 13969/97 (ABNT, 1997) quando se almeja o reúso, mesmo não potável como na descarga de vasos sanitários, é importante um sistema de desinfecção.

Na Tabela 2 é apresentada a caracterização qualitativa da água cinza gerada nas diferentes unidades hidro-sanitárias por diversos autores em diferentes países.

Tabela 2: Caracterização das águas cinzas (concentrações médias) apresentada em diferentes unidades hidro-sanitárias, por autores diversos.

Chuveiro	pH	Turbidez (NTU)	DQO (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	SST (mg/L)	N-NH ₄ ⁺ (mg/L)	P-PO ₄ ³⁻ (mg/L)
Nolde, 1999 - ALEMANHA	-	-	373	185	-	-	-
Bazzarella, 2005 - BRASIL (ES)	7,3	109	582	165	103	0,8	0,2*
Lamine et al., 2007 - TUNISIA	7,6	-	102	97	33	6,7	3,5
Merz et al., 2007 - MARROCOS	7,6	29	109	59	-	12,0	1
Jamrah et al., 2007 - OMAN	7,3	346	375	380	242	-	-
Li et al., 2009 - ALEMANHA	7,3	210	366	175	256	-	-
Pidou et al., 2008 - INGLATERRA	7,6	42	575	166	-	1,0	1,3
Máquina de lavar roupas	pH	Turbidez (NTU)	DQO (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	SST (mg/L)	N-NH ₄ ⁺ (mg/L)	P-PO ₄ ³⁻ (mg/L)
Bazzarella, 2005 - BRASIL (ES)	9,1	58	521	184	53	1,5	14,4*
Jamrah et al., 2007 - OMAN	8,5	328	471	296	244	-	-
Li et al., 2009 - ALEMANHA	8,6	247	1486	260	266	-	-
Cozinha	pH	Turbidez (NTU)	DQO (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	SST (mg/L)	N-NH ₄ ⁺ (mg/L)	P-PO ₄ ³⁻ (mg/L)
Bazzarella, 2005 BRASIL (ES)	5,1	250	1712	633	336	2,5	9,1*
Jamrah et al., 2007 - OMAN	6,7	140	486	562	134	-	-
Li et al., 2009 - ALEMANHA	6,6	298	1038	998	717	-	-

Observação: * valores referentes a fósforo total.

Pela Tabela 2 observa-se que os valores encontrados por outros pesquisadores são bastante variáveis, inclusive quando comparados aos encontrados nesta pesquisa. Estas diferenças afirmam, e são reflexos dos diferentes hábitos e costumes adotados nos diferentes locais, uma vez que o tipo de produto que é utilizado tanto no banho como na lavagem de roupas influencia diretamente na qualidade da água cinza que é produzida, bem como as diferentes tipologias de consumo de água. Como apontado por Li, Wichmann e Otterpohl (2009) estas concentrações podem variar de uma residência para outra, no entanto os autores destacam que é mais freqüente a lavanderia e a água da cozinha apresentarem as maiores contribuições em termos poluentes orgânicos.

A grande variabilidade de compostos presentes e de características possíveis para as águas cinzas se traduz em um leque de possibilidades de sistemas de tratamento aptos a serem utilizados. A escolha do sistema ideal deve ser balizada pela qualidade necessária da água de reúso, fato relacionado diretamente com os usos propostos, e pelos efluentes que irão compor as águas cinzas utilizadas.

Li, Wichmann e Otterpohl (2009) elencaram os processos aplicáveis para o tratamento das águas cinzas, e ressaltaram algumas questões. Com relação aos processos físicos, os autores apontam que sua aplicação de forma isolada não garante um efluente de qualidade adequada para o reúso. Estes tratamentos incluem: filtros com areia grossa, filtração no solo, filtração com membrana, dentre outros. Com relação aos tratamentos químicos, poucos estudos utilizam esta técnica no tratamento de águas cinzas, entre os processos utilizados incluem-se a coagulação, oxidação fotocatalítica, dentre outros. Os processos mais utilizados são os processos biológicos, destacando-se os seguintes: reator biológico de contato (RBC), reator de batelada sequencial (SBR), reator de manta de lodo (UASB), filtros plantados com macrófitas (*constructed wetlands*), reator a membrana (MBR).

Vários sistemas de tratamento de águas cinzas de várias complexidades já foram e estão sendo estudados. A Tabela 3 apresenta alguns destes sistemas, e a composição das respectivas águas cinzas utilizadas.

**Tabela 3: Tecnologias estudadas para o tratamento de águas cinzas em diferentes locais do mundo.**

Autor/Local	Tecnologia	Fonte de água cinza
Surendran e Wheatley, 1998 INGLATERRA	Biofiltro Aerado + Filtro lento	Cozinha + Chuveiro + Lavatório + Tanque e Máquina de lavar
Bazzarella, 2005 BRASIL	Reator anaeróbio compartimentado + Biofiltro aerado + Decantador secundário com placas	Cozinha + Chuveiro + Lavatório + Tanque e Máquina de lavar
Nghiem et al., 2006 AUTRÁLIA	Ultrafiltração por membranas de fibra submersas	Água cinza sintética
Lesjean et al., 2006 ALEMANHA	Filtro plantado com macrófitas de fluxo vertical	Cozinha + Chuveiro + Lavatório
Goddard, 2006 AUSTRÁLIA	Reator com membrana + Desinfecção UV	Chuveiro + Lavatório
Morse et al., 2007 ESTADOS UNIDOS	Filtro anaeróbio + Reator com membranas de fibra aerado	-
Ghisi e Ferreira, 2007 BRASIL (SC)	Filtro plantado com macrófitas de fluxo horizontal	Cozinha + Chuveiro + Lavatório + Tanque e Máquina de lavar
Gross et al, 2007 ISRAEL	Filtro biológico vertical com recheio de brita e material plástico – com recirculação de efluente	Cozinha + Chuveiro + Lavatório + Tanque e Máquina de lavar
Lamine et al, 2007 TUNÍSIA	Reator sequencial em batelada	Lavatório + Chuveiro
Paulo et al., 2007 BRASIL (MS)	Filtro plantado com macrófitas de fluxo horizontal	Cozinha + Tanque e Máquina de lavar
Merz et al., 2007 MARROCOS	Reator biológico com membranas	Chuveiro
Gilboa e Friedler, 2007 ISRAEL	Biodisco + Decantação	Chuveiro + Lavatório + Tanque e Máquina de lavar
Gual et al., 2008 ESPANHA	Pré-cloração + Filtro de areia + Pós-cloração	Chuveiro + Lavatório
Magri et al., 2008 BRASIL (SC)	Filtro anaeróbio + Filtro de areia	Chuveiro + Lavatório + Tanque e Máquina de lavar
Pidou et al., 2008 INGLATERRA	Coagulação química (cloreto férrico e sulfato de alumínio)	Chuveiro + Lavatório
Pidou et al., 2008 INGLATERRA	MIEX® Resina magnética de troca iônica	Chuveiro + Lavatório

As duas linhas de tratamento de águas cinzas que podem ser destacadas, a primeira mais tecnológica e a segunda de sistemas naturais, ou seja, sem o aporte energético externo, podem produzir efluentes de qualidade satisfatória.

Memon et al. (2007) realizaram estudos de avaliação de impacto do ciclo de vida de sistemas de tratamento de águas cinzas nestas duas linhas. Os sistemas avaliados foram: filtro plantado com macrófitas, telhado verde com sistema de reciclagem de água, reator biológico com membranas e reator químico com membranas. Na avaliação os limites do sistema compreenderam a fase construtiva e de operação e manutenção, considerando a energia gasta e materiais utilizados. A unidade funcional utilizada foi o volume de águas cinzas produzidas com um padrão mínimo de qualidade. Foram utilizados os protocolos descritos pelas ISO 14040 a 14043. Os resultados indicaram que das quatro tecnologias avaliadas, as que obtiveram resultados mais positivos, em termos de menor impacto, foram em ordem decrescente: o telhado verde com reciclagem, o filtro plantado com macrófitas, o reator biológico com membranas e por último, considerado mais impactante ao meio, o reator químico com membranas.

Cabe ressaltar que entre as limitações para o reúso das águas cinzas está a presença de organismos patogênicos. Diversos estudos têm sido desenvolvidos com enfoque na eliminação destes agentes, entre eles destacam-se os resultados obtidos por Gross, Kaplan e Baker (2007) os quais obtiveram uma redução de 99,99% (4 logs) utilizando os filtros plantados com macrófitas de fluxo vertical, atingindo níveis abaixo de 1 NMP/100mL.

Vários trabalhos vêm também sendo realizados na avaliação do risco microbiológico das águas de reúso, dentre elas as águas cinzas. No trabalho de Cohim e Kiperstok (2007) foi descrita e aplicada a metodologia

Avaliação quantitativa de risco microbiológico - AQRM, onde o risco depende da frequência de exposição do usuário da água de reúso e da dose. Dentre os usos avaliados, a descarga de vaso sanitário foi o que apresentou maior risco, comparado com lavação de roupas, por exemplo, sendo que o maior risco refere-se, no entanto, à contaminação por vírus, e não por organismos do tipo coliformes.

Os resultados quantitativos obtidos mediante a leitura diária dos hidrômetros podem ser verificados na Figura 2. Pela figura é possível observar que o maior consumo de água foi obtido no tanque e máquina de lavar, seguidos pelo chuveiro e lavatório, vaso sanitário, e por último a cozinha. As unidades de maior consumo (tanque e máquina, e lavatório e chuveiro) representam um potencial de produção de água cinza, os quais, após receberem tratamento adequado, poderiam atender a demanda do vaso sanitário, gerando ainda um excedente que poderia ser utilizado para rega de jardim.

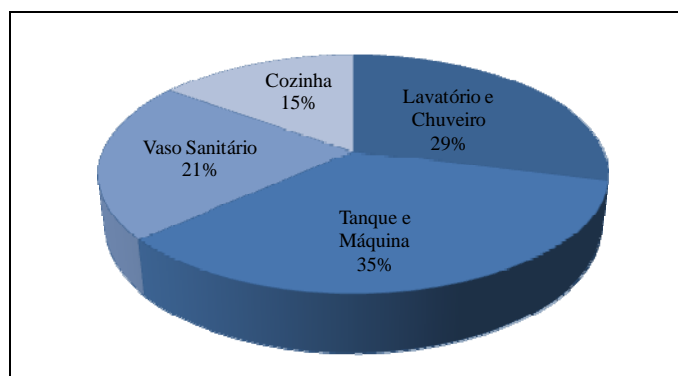


Figura 2: Caracterização quantitativa da água utilizada na residência em estudo.

Na Tabela 4 é apresentado o volume médio diário consumido nas unidades hidro-sanitárias da residência em estudo.

Tabela 4: Consumo de água nas diferentes peças hidro-sanitárias da residência em estudo (Litros/dia).

Período	Chuveiro/Lavatório	Tanque/Máquina	Vaso Sanitário	Pia da cozinha
2006	109,3	133,1	58,4	-
2007	123,7	132,8	103,4	65,8
2008	103,0	142,5	72,3	64,0
Média	112,0	136,1	78,0	64,9

A produção média de águas cinzas na residência foi de 248 L/d, o que corresponde a uma produção de aproximadamente 83 L/hab.d. No chuveiro e lavatório a produção foi de 37 L/hab.d, e no tanque e máquina foi de 46 L/hab.d. Com relação ao vaso sanitário e à cozinha, os consumos médios diários foram de 26 e 22 L/hab.d, respectivamente.

Morel e Diener (2006) fizeram um levantamento da produção de águas cinzas em diferentes países e encontraram valores variando de 20 L/hab.d (África do Sul) até 225 L/hab.d (Malásia). Com relação às diferentes unidades geradoras de águas cinzas nas residências os autores citam 30 – 62 L/hab.d para águas oriundas do chuveiro e 13 – 34 L/hab.d para águas da lavanderia.

As águas cinzas apresentam algumas particularidades que, de maneira geral, permitem a aplicação de tecnologias de reúso diversas. Por meio dos dados obtidos neste trabalho, pode-se verificar que em termos quantitativos, as águas cinzas misturadas ou somente provenientes do banheiro (chuveiro e lavatório) ou da lavanderia (tanque e máquina) supririam, por exemplo, a demanda de água do vaso sanitário. Observa-se ainda que em termos qualitativos, os efluentes com as maiores concentrações de poluentes orgânicos e inorgânicos foram respectivamente, provenientes do chuveiro, máquina de lavar roupas e lavatório.



CONCLUSÕES

Pôde-se verificar uma variação qualitativa significativa entre as águas cinzas geradas nas diferentes unidades hidro-sanitárias, bem como uma grande variação dentro de cada série de dados de cada unidade.

Quando comparados os dados obtidos nesta pesquisa com dados de outros autores de diversos locais observa-se também uma grande variação, o que é justificável quando se avalia que a composição das águas cinzas varia de acordo com o estilo de vida, sazonalidade, cultura e economia da população

Em termos qualitativos, os efluentes com as maiores concentrações de poluentes orgânicos e inorgânicos foram respectivamente, provenientes do chuveiro, máquina de lavar roupas e lavatório.

Os tipos de tratamento possíveis para as águas cinzas são diversos e sua escolha deve ser condicionada ao uso proposto e ao tipo de efluente que a compõe, além da questão do custo e impacto ambiental associado à tecnologia de reúso.

Em termos quantitativos, as águas cinzas misturadas, ou somente provenientes do banheiro (chuveiro e lavatório) ou da lavanderia (tanque e máquina) supririam a demanda de água do vaso sanitário na residência.

A produção média de águas cinzas na residência foi de 248 L/d, ou 83 L/hab.d, sendo que no chuveiro e lavatório a produção foi de 37 L/hab.d, e no tanque e máquina de 46 L/hab.d. As outras UHS produziram os seguintes volumes de efluentes: vaso sanitário 26 L/hab.d e cozinha 22 L/hab.d.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Tanques sépticos – unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – projeto, construção e operação: NBR 13.969. Rio de Janeiro, 1997. 60p
2. APHA – American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater, 19. ed. Washington: APHA, 1998.
3. BAZZARELLA, B. B. Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não potável em edificações. 2005. 150 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – UFES, Vitória, 2005.
4. COHIM, E.; KIPERSTOK, A.; LEITE, C.C.; BRASIL, M.P.; BÓRTOLI, E. Avaliação de risco à saúde humana do reúso de águas residuárias tratadas em descargas de vaso sanitário: a rota dos aerossóis. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24, 2007. Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: ABES, 2007. 10 p.
5. COHIM, E.; KIPERSTOK, A. Uso de água cinza para fins não potáveis: um critério racional para definição da qualidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24, 2007. Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: ABES, 2007. 14 p.
6. ERIKSSON, E.; AUFFARTH, K.; MOGENS, H. LEDIN, A. Characteristics of grey wastewater. Urban Water. v. 4, n.1, p. 58-104, 2002.
7. FIORI, S.; FERNANDES, V. M. C.; PIZZO, H. Avaliação qualitativa e quantitativa do reúso de águas cinzas em edificações. In: Ambiente Construído, Porto Alegre, v.6, n.1, p.19-30, 2006.
8. GHISI, E.; FERREIRA, D. F. Potential for potable water savings by using Rainwater and greywater in a multi-storey residential building in southern Brazil. Building and Environment. V. 42, p. 2512-2522. 2007.
9. CHRISTOVA-BOAL, D.; EDEN, R. E.; MACFARLANE, S. An investigation into greywater reuse for urban residential properties. Desalination, v.106, n. 1-3, p. 391-397, 1996.
10. GILBOA, Y.; FRIEDLER, E. UV disinfection of RBC-treated light greywater effluent: kinetics, survival and regrowth of selected microorganisms. Water Research (2007), doi:10.1016/j.watres.2007.09.027.
11. GODDARD, M. Urban greywater reuse at the D'LUX Development. Desalination. v. 188, p. 135-140. 2006.
12. GONÇALVES, R. F. et al. Gerenciamento de águas cinzas. In: GONÇALVES, R. F. (Coord.). Uso racional da água em edificações. 1.ed. Rio de Janeiro: ABES, 2006. cap.4, p. 153 – 222. (PROSAB 4, v.5).
13. GROSS, A.; KAPLAN, D.; BAKER, K. Removal of chemical and microbiological contaminants from domestic greywater using a recycled vertical flow bioreactor (RVFB). Ecological Engineering. v.31, p. 107-114, 2007.
14. GUAL, M.; MOIÀ, A.; MARCH, J. G. Monitoring of an indoor pilot plant for osmosis rejection and greywater reuse to flush toilets in a hotel. Desalination. v. 219, p. 81-88. 2008.



15. JAMRAH, A.; AL-FUTAISI, A.; PRATHAPAR, S.; HARRASI, A.A. Evaluating greywater reuse potential for sustainable water resources management in Oman. *Environmental Monitoring Assessment* (2007), doi:10.1007/s10661-007-9767-2.
16. LAMINE, M.; BOUSSELM, L.; GHRABI, A. Biological treatment of grey water using sequencing batch reactor. *Desalination*. v. 215, p. 127-132. 2007.
17. LAZAROVA, B.; HILLS, S.; BIRKS, R. Using recycled water for non-potable, urban uses: a review with particular reference to toilet flushing. *Water Science and Technology: Water Supply*. Vol. 3, n. 4: p 69-77, 2003.
18. LESJEAN, B.; GNIRSS, R. Grey water treatment with a membrane bioreactor operated at low STR and low HRT. *Desalination*. v.199, p. 432-434. 2006.
19. LI, F.; WICHMANN, K.; OTTERPOHL, R. Review of the technological approaches for grey water treatment and reuses. *Science of Total Environment*. v. 407, p.3439-3449, 2009.
20. MAGRI, M. E.; FENELON, F. R.; RABELO, L.; ROSSETTO, T. S.; PHILIPPI, L. S. Reúso de águas cinzas tratadas em descarga de vaso sanitário e rega de jardim. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILIANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 13, 2008, Belém. Belém: ABES. CD-ROM. 2008. 10 p.
21. MEMON, F. A.; ZHENG, Z.; BUTLER, D.; SHIRLEY-SMITH, C.; LUI, S.; MAKROPOULOS, AVERY, L. Life cycle assessment of greywater recycling technologies for new developments. *Environmental Monitoring Assessment*. v. 129, p. 27-35. 2007.
22. MERZ, C.; SCHEUMANN, R.; HAMOURI, B. E.; KRAUME, M. Membrane bioreactor technology for the treatment of greywater from a sports and leisure club. *Desalination*. V. 215, p.37-43, 2007.
23. MOREL A.; DIENER S. Greywater Management in Low and Middle-Income Countries, Review of different treatment systems for households or neighbourhoods. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). Dübendorf, Switzerland. 96 p. 2006.
24. MORSE, A. KHATRI, S. JACKSON, W. A. Treatment efficiency and stoichiometry of a high-strength graywater. *Water Environment Research*. v. 79, p. 2557-2563. 2007.
25. NIGHIEM, L. D.; OSCHMANN, N.; SCHAFER, A. I. Fouling in greywater recycling by direct ultrafiltration. *Desalination*. v. 187, p.283-290, 2006.
26. NOLDE, E. Greywater reuse systems for toilet flushing in multi-storey buildings – over ten years experience in Berlin. *Urban Water*. v. 1, p. 271-284. 1999.
27. NSW HEALTH. Greywater reuse in sewerage single domestic premises, 1999. Disponível em: http://www.health.nsw.gov.au/public_health/ehb/general/wastewater/greywater~policy.pdf , acessado em: 06 maio 2009.
28. PAULO, P.L.; BRAGA, A.F.M.; MAXIMOVITCH, A.C.; BONCZ, M.A. Tratamento de águas cinzas em uma unidade residencial de banheiros construídos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24, 2007. Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: ABES, 2007. 6 p.
29. PIDOU, M et al . Chemical solutions for greywater recycling. *Chemosphere*. v. 71, p. 147-155, 2008.
30. SURENDRAN, S.; WHEATLEY, A. D. Grey-water reclamation for non-potable re-use. *Journal of the chartered institution of water and environmental management*. p. 406-413. 1998.
31. VOGEL, A. L. Análise inorgânica qualitativa. 4ª ed. Editora Guanabara: Rio de Janeiro. 1981.
32. VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2003.
33. WIDIASTUTI, N.; WU, H.; ANG, M.; ZHANG, D. The potential application of natural zeolite of greywater treatment. *Desalination*. v. 218. P 271-280. 2008.