

Avaliação físico-química de águas cinzas armazenadas, em residências unifamiliares**Physical-chemical evaluation of stored gray water, with a purpose of reuse**

DOI:10.34117/bjdv6n9-123

Recebimento dos originais: 08/08/2020

Aceitação para publicação: 08/09/2020

Ivete Vasconcelos Lopes Ferreira

Doutora em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo. Professora Titular do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas. Endereço: Universidade Federal de Alagoas/UFAL, Centro de Tecnologia/CTEC. Av. Lourival Melo Mota, S/N. Tabuleiro do Martins. Maceió – AL. CEP 57072-900.
E-mail: ilopes@ctec.ufal.br

Marcone Correia de Oliveira Lima Filho

Engenheiro Químico pela Universidade Federal de Alagoas. Mestrando em Recursos Hídricos e Saneamento - Universidade Federal de Alagoas.
Endereço: Rua José Neto Totó, 209, Santa Esmeralda, Arapiraca, AL. CEP 57312-030.
E-mail: marcone_oliv@hotmail.com

Elina Wanessa Ribeiro Lopes

Engenheira Ambiental e Sanitarista pela Universidade Federal de Alagoas. Mestranda em Recursos Hídricos e Saneamento - Universidade Federal de Alagoas.
Endereço: Universidade Federal de Alagoas/UFAL, Centro de Tecnologia/CTEC. Programa de Pós Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento/PPGRHS. Av. Lourival Melo Mota, S/N. Tabuleiro do Martins. Maceió – AL. CEP 57072-900.
E-mail: wanessaribeirolopes@hotmail.com

Marcio Gomes Barboza

Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo. Professor Titular do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas. Endereço: Universidade Federal de Alagoas/UFAL, Centro de Tecnologia/CTEC. Av. Lourival Melo Mota, S/N. Tabuleiro do Martins. Maceió – AL. CEP 57072-900.
E-mail: gb.marcio@gmail.com

RESUMO

O reúso de águas é apresentado como uma alternativa viável para minimizar a escassez hídrica. Conhecer as características qualitativas dos efluentes domésticos é importante para a prática do reúso com segurança sanitária. Visto que o sistema de reúso requer a reservação da água, já que a produção e o consumo desse efluente ocorrem em períodos distintos, devem-se considerar as mudanças de suas características. Este trabalho busca caracterizar as águas cinzas provenientes de máquina de lavar roupas após armazenamento. Os efluentes da máquina de lavar em duas residências foram avaliados após sete dias de armazenamento. O efluente da primeira residência se enquadrou nas diretrizes para diversos usos domésticos como descargas de vasos sanitários e rega de jardins. Apresentou baixa deterioração, em termos de oxigênio dissolvido, permanecendo em estado aeróbio após estocagem. Já o efluente da segunda residência atingiu anaerobiose após o período de armazenamento, necessitando de pré-tratamento para reduzir a matéria orgânica.

Palavras chave: águas residuárias domésticas, reúso, saneamento ecológico.

ABSTRACT

Water reuse is presented as a viable alternative to minimize water scarcity. Knowing the qualitative characteristics of domestic effluents is important for the practice of reuse with sanitary safety. Since the reuse system requires reserving water, since the production and consumption of this effluent occurs at different times, changes in its characteristics must be considered. This work aimed to characterize the gray waters from the washing machine after storage. The washing machine effluents in two homes were evaluated after seven days of storage. The effluent from the first residence fit in the guidelines for various domestic uses such as flushing toilets and watering gardens. It presented low deterioration, in terms of dissolved oxygen, remaining in aerobic state after storage. The effluent from the second residence reached anaerobiosis after the storage period, requiring pre-treatment to reduce organic matter.

Keywords: Domestic residual water, reuse, ecological sanitation.

1 INTRODUÇÃO

Por se tratar de um bem econômico, vulnerável e indispensável para a vida, a água se tornou um dos temas mais discutidos no mundo buscando estratégias para a gestão da água. Diante das práticas sustentáveis, o reúso aparece como técnica para minimizar a escassez (Cohim et al., 2011).

Conforme Gonçalves e Jordão (2006), nos domicílios brasileiros, 40% da água são gastos em fins não potáveis, assim, o reúso residencial promove diminuição da captação nos mananciais e reduz a carga sobre as empresas de esgotamento sanitário, contribuindo para uma maior eficiência destes sistemas. Também há possibilidade de aplicação na irrigação, na construção civil e indústria, reduzindo o gasto desnecessário de água potável (Hespanhol et al., 2015).

O sistema proposto para o reúso urbano é descentralizado, assim, o tratamento é feito próximo das residências sem a necessidade de que todo o efluente se encaminhe para as estações de tratamento. Além disto, o sistema consiste na segregação de correntes entre águas cinzas e negras, para melhor aproveitamento de seus potenciais de reúso. O motivo é que as águas negras são provenientes de bacias sanitárias e pias de cozinha, assim, possuem um alto índice de poluição, enquanto as cinzas são advindas de fontes mais nobres o que lhes confere a necessidade de um tratamento menos intenso e mais econômico.

A legislação brasileira para reutilização de efluentes ainda é incipiente. Segundo Gonçalves *et al.* (2006), algumas cidades brasileiras têm legislação que legaliza o reúso de água para descargas sanitárias, porém, apenas a liberação não é suficiente para a prática e por isto, são levadas em consideração algumas diretrizes propostas por órgãos públicos e privados para a avaliação. Entre as diretrizes brasileiras estão o Manual de Conservação de Reúso de Água em Edificações do SINDUSCON/SP (2005) e a NBR 13.969/1997.

As águas cinzas provenientes de máquinas de lavar são fundamentais para o reúso por serem comuns em residências e pelo volume de efluente gerado. Segundo Paes (2013), muitos modelos disponíveis no mercado possuem três etapas de lavagem das quais as duas últimas são de enxágue, com um menor potencial de degradação devido ao baixo teor de matéria orgânica, possibilitando melhor condição de armazenamento. Este trabalho busca avaliar os parâmetros físico-químicos de águas cinzas provenientes de máquina de lavar roupas após armazenamento.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 SISTEMA EXPERIMENTAL

Foram utilizadas duas residências para coleta de amostras. A residência 1 fica localizada no bairro de Jatiúca em Maceió – AL, onde residem três pessoas e a mesma já possui um sistema de

reúso, no qual a água da máquina de lavar roupas é armazenada para seu posterior uso. A residência 2 localiza-se no bairro Gruta de Lourdes-Maceió onde residem 5 moradores adultos, mas nela não existe o sistema para armazenamento e reúso de água.

2.2 AMOSTRAS E CARACTERIZAÇÃO

A água que entra em contato com a roupa pela primeira vez foi descartada. As amostras do segundo ciclo de enchimento foram coletadas e levadas para análise no mesmo dia de geração, sem contribuição de efluentes anteriores. No laboratório eram avaliados os efluentes recém-gerados (T0) e após 7 dias de armazenamento, em recipientes protegidos da luz, em condições de repouso e temperatura ambiente (T7), de forma a simular as condições de armazenamento antes do reúso. As análises foram realizadas no Laboratório de Saneamento Ambiental (LSA), conforme descrito em APHA (2005). Os parâmetros físico-químicos avaliados foram: sólidos totais - ST, sólidos suspensos totais - SST, pH, sulfatos, demanda bioquímica de oxigênio - DBO₅, demanda química de oxigênio - DQO e oxigênio dissolvido - OD. Ressalta-se que as análises de sulfeto total foram realizadas pelo Laboratório Qualitex® Engenharia e Serviços, segundo o método titulométrico, também descrito em APHA (2005).

2.3 DIRETRIZES BRASILEIRAS

Foram utilizadas como referências de padrões o Manual de Conservação de Reúso de Água em Edificações do SINDUSCON/SP (2005) e a NBR 13.969/1997, que são apresentadas nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1 – Padrões de qualidade da SINDUSCON/SP (2005) para o reúso.

Parâmetro	Descargas, lavagem de pisos e veículos	Rega de jardim
pH	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
Odor e aparência	Não desagradáveis	
DBO	≤ 10 mg/L	< 20 mg/L
Sólidos suspensos totais	≤ 5 mg/L	< 20 mg/L
Sólidos dissolvidos totais	≤ 500 mg/L	-

Fonte: Adaptada de SINDUSCON, 2005.

Tabela 2 - Padrões de qualidade para o reúso de efluentes segundo a NBR 13.969/1997.

Padrão de qualidade						
Classe do esgoto	Turbidez	Coliformes fecais (NMP/100 mL)	SDT ⁽¹⁾ (mg/L)	pH	Cloro residual (mg/L)	OD(mg/L)
1	< 5,0	< 200	< 200	6,0 – 8,0	0,5 – 1,5	-
2	< 5,0	< 500	-	-	> 0,5	-
3	< 10	< 500	-	-	-	-
4	-	< 5000	-	-	-	> 2,0

Classe 1: lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes;

Classe 2: lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes;

Classe 3: descargas dos vasos sanitários;

Classe 4: irrigação através de escoamento superficial ou por sistema pontual.

⁽¹⁾ Sólidos dissolvidos totais

Fonte: Adaptada da NBR 13969/1997

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DOS EFLUENTES APÓS O ARMAZENAMENTO

Para que a reutilização de água seja bem aceita pelos usuários é importante que a água de reúso apresente aspecto agradável, principalmente quanto à cor e ao odor. A primeira impressão obtida pelos usuários da residência 1, na qual já se praticava o reúso, é que o efluente gerado não apresentava aspectos como cor ou odor desagradáveis, após o armazenamento. De fato, este é um ponto positivo para o estudo devido à necessidade de aceitação da sociedade para que a tecnologia seja usada de forma abrangente. Na residência 2, que ainda não pratica o reúso, também não foram constatados odores fétidos durante a manipulação do efluente pelos participantes da pesquisa, após período de armazenamento.

Os parâmetros OD, DQO e DBO₅ são os indicadores primários para controlar tais aspectos. Assim, estes foram acompanhados desde o início até o fim de um período de armazenamento de 7 dias, tempo considerado suficiente para o usuário utilizar a água cinza armazenada, conforme indicado na Tabela 3.

Tabela 3 - Qualidade do efluente fresco (T0) e após o armazenamento pelo período de 7 dias (T7).

Parâmetro	Residência 1					Residência 2				
	Nº de Amostras	Média		Desvio Padrão		Nº de Amostras	Média		Desvio Padrão	
		T0	T7	T0	T7		T0	T7	T0	T7
OD (mg/L)	3	9,3	6,3	1,4	1	3	9,4	0	1,4	0
DQO (mg/L)	3	121	121	56,1	80,9	3	405	122	215	76,5
DBO ₅ (mg/L)	3	4,1	0,2	2,1	0,3	3	34,4	32,5	5,7	7,1
pH	4	6,43	6,17	1,1	0,1	4	6,1	6,1	0,2	0,41
Sulfatos (mg/L)	3	21,6	7,71	9,2	6,9	3	9	0	8,8	0
Sulfeto total (mg/L)	3	< 0,5	< 1,0	-	-	ND	ND	ND	-	-

ND: não determinado.

Durante o período de armazenamento do efluente 1, foi observada diminuição 32 % de OD. Após o período de 7 dias, a concentração média baixou de 9,3 mg/L para 6,3 mg/L, indicando que o ambiente ainda era aeróbio, fato que impede a formação de gás sulfídrico (H₂S), responsável pela emissão de odores desagradáveis. Por outro lado, no efluente 2, houve grande depleção de OD durante o armazenamento, o qual foi totalmente exaurido, caracterizando um ambiente anaeróbio. O que ocorre é a presença de mais matéria orgânica na segunda residência (DBO e DQO), provavelmente, devido ao uso de maior quantidade de produtos de limpeza, maior quantidade de roupas por lavagem, etc. De acordo com Magri et al. (2011), para uma depleção grande de oxigênio é indicado um pré-tratamento anaeróbio seguido de um sistema aeróbio associado a uma logística que não proporcione um estoque de efluentes por tempos prolongados.

Além disto, nas duas residências são observadas elevadas relações DQO/DBO₅ tanto no momento de geração do efluente quanto no final do período de armazenamento, sobretudo na residência 1 (aproximadamente 19), o que caracteriza uma quantidade alta de matéria orgânica não biodegradável. O mais recomendado nesse caso é um tratamento físico-químico para remoção de matéria orgânica (Von Sperling, 2005). As baixas concentrações de DBO₅ podem ser explicadas pelo fato do efluente ser do segundo ciclo de enchimento, quando a maior parte dos resíduos de sujeira da roupa já foi eliminada no primeiro ciclo.

Quanto à geração de odores, seu potencial de formação foi avaliado quantitativamente na residência 1, por meio das análises de sulfetos, cujas concentrações não ultrapassaram 1,0 mg/L, após período de armazenamento (T7). Sabe-se que a fração de gás sulfídrico (H₂S) é responsável

pelos odores desagradáveis, entretanto, estes só são perceptíveis quando em concentrações superiores a 1,0 mg H₂S/L (Gonçalves et al., 2009), o que não foi verificado no presente trabalho. Vale salientar que o Limiar de Percepção Odorífica – LPO, também é uma análise importante para avaliação dessa característica organoléptica, em se tratando do reúso de efluentes, conforme destacado em Souza et al. (2020).

3.2 POSSIBILIDADES DE REÚSO DOS EFLUENTES SEGUNDO A NBR 13969/1997 E SINDUSCON (2005)

Ao confrontar a Tabela 3 com as diretrizes para o reúso consideradas neste estudo é visto que os efluentes recém-gerados apresentam elevados níveis de OD, e segundo a NBR 13.969/1997, estes têm aplicações em diversas atividades como descargas, lavagem de carros ou pisos e também irrigação. No entanto, apenas o efluente da primeira residência está apto para os mesmos usos após seu armazenamento, pois, a grande depleção de OD ocorrida no efluente da residência 2 impede o seu uso em todas as atividades apresentadas (Tabela 2).

Em termos de DBO₅, o efluente da residência 1 se mostrou adequado para usos de contato direto, conforme o manual do SINDUSCON (2005) que exige menos de 10 mg/L para descargas, lavagem de carros e outros. Já os efluentes da residência 2 apresentaram uma faixa de variação sempre acima do que é exigido.

O pH foi semelhante nos dois efluentes (em torno de 6), abaixo da faixa ótima de proliferação de microrganismos, outrossim, o mesmo se enquadra para todos os tipos de reúsos indicados nas diretrizes consideradas neste trabalho. Importante salientar que em caso do reúso na irrigação, o pH tem importância na fertilização do solo, visto que, plantas se adequam melhor a um pH entre 6 e 6,8 (Dadalto. Fullin, 2001).

4 CONCLUSÃO

O efluente da residência 1 se enquadrava nas diretrizes para reúso desde sua geração até o término do seu período de armazenamento. Houve diminuição de oxigênio dissolvido após os sete dias de estocagem, porém, não atingiu o estado de anaerobiose, assim, características estéticas desfavoráveis não foram apresentadas. A relação DQO/DBO₅ indica elevada fração não biodegradável (inerte), devido à quantidade de produtos de limpeza utilizados na lavagem de roupas. Os valores de pH, após o armazenamento, estavam fora da faixa ótima de crescimento dos microrganismos. Apesar da diminuição da quantidade de sulfato ao longo do período de armazenamento, a formação de odores não foi constatada pelos usuários ou pelos participantes deste

trabalho, já que a concentração de sulfeto não ultrapassou 1,0 mg/L. Por fim, o efluente 1 apresentou-se apto para usos diversos como descargas, lavagem de calçadas, lavagem de carros, além da rega de jardim. O leque de aplicações sem a necessidade de tratamento mostra o potencial e a praticidade do reúso domiciliar. Entretanto, recomenda-se fazer a avaliação de riscos microbiológicos do efluente.

Na análise do efluente da segunda residência é vista uma deterioração da qualidade em termos de oxigênio dissolvido, ao longo do armazenamento. A partir dos níveis de DBO₅ em T0 e T7, fica visível o alto teor matéria orgânica que classifica o meio como apto para crescimento microbiológico. Segundo o Manual da SINDUSCON/SP, o ideal seria um valor máximo de 20 mg/L, entretanto o efluente apresentou 34,4 mg/L. É indicado pré-tratamento físico-químico para reduzir a matéria orgânica disponível.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas - FAPEAL, pela concessão de bolsa de Iniciação Científica; à Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP, pelo auxílio financeiro proveniente do Edital Chamadas Públicas MCT/Finep/Ação Transversal Saneamento Ambiental e Habitação 06/2010.

REFERÊNCIAS

- APHA. American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21 ed., Washington-USA, 2005.
- ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas, NBR 13.969: Tanques sépticos: unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.
- Cohim, E.; Nakagawa-Costa, A. K.; Junior, F. A. C. Viabilidade econômica para reúso de água em edifício: estudo de caso em condomínio residencial. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 19, Maceió, AL: A água no mundo em Transformação, 2011.
- Dadalto, G. G.; Fullin, E. A. Manual de Recomendação de Calagem e adubação para o estado do Espírito Santo. Vitória, ES: SEEA/INCAPER, 2001. p. 266.
- Gonçalves, R. F.; Bazzarella, B. B.; Peters, M. R.; Phillippi, L. S. Gerenciamento de águas cinzas. In: Gonçalves, R. F. (Coord.). Uso Racional da Água em Edificações. Rio de Janeiro: PROSAB. ABES, 2006. Cap. 4.
- Gonçalves, R. F. Jordão, E. P. Introdução In: Uso Racional da Água em Edificações. Gonçalves, R. F. (Coord.). Rio de Janeiro: PROJETO PROSAB, ABES, 2006. Cap. 1.
- Gonçalves, R. F.; Jordão, E. P. Januzzi, G. Introdução. In: Uso Racional da Água e Energia. Gonçalves, R. F. (Coord.). Rio de Janeiro: PROJETO PROSAB, ABES, 2009. Cap. 1.
- Hespanhol, I. (Coord.). Manual de conservação e reúso da água na indústria. Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro – FIRJAN, Rio de Janeiro: DIM, 2015.
- Magri, M. E.; Lemos, E.; Klaus, G.; Francisco, J. G. Z. Philippi, L. S. Desempenho de um sistema tipo tanque séptico seguido de filtro plantado com macrófitas no tratamento de águas cinzas. In: Congresso Brasileiro De Engenharia Sanitária E Ambiental, 26. Porto Alegre: ABES, 2011.
- Paes, R.P. Reações comportamentais de usuários de reúso de água cinza em domicílios. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 20, Bento Gonçalves, RS: 2013.
- SINDUSCON. Sindicato Da Indústria Da Construção Do Estado De São Paulo; FIESP. Federação Das Indústrias Do Estado De São Paulo. Conservação e reúso da água em edificações. São Paulo, 2005.
- Souza, B. A. A.; Nogueira Neto, C. S.; Abreu, A. A.; Silva, C. S. Implementation and evaluation of a system for the treatment of gray water. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v. 6, n. 1, p.3531- 3552 jan. 2020. ISSN 2525-8761.
- Von Sperling, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. v. 1. 3ª edição. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG. 2005.