III-236 – EFLUENTE DO PROCESSO DE LAVAGEM DE ROUPAS – ESTUDO DE VIABILIDADE PARA APLICAÇÃO EM REÚSO DE ÁGUA

Klaem José da Silva Júnioir(1)
Engenheiro Ambiental e Sanitarista pela Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Goiás.
Karla Alcione da Silva Cruvinel (2)
Engenheira Ambiental, Doutora em Ciências Ambientais, Docente da Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Goiás.

Endereço(2)**:** Avenida Universitária, Quadra 86, Lote Área 1488, Setor Leste Universitário, Goiânia - GO, 74605-220, email: karlaalcione@ufg.br

RESUMO

Diversas fontes alternativas podem ser utilizadas nas aplicações de conservação de água, tais como a água de chuva, efluentes tratados e água de rebaixamento de lençol freático, portanto o desenvolvimento de pesquisas que promovam a conservação dos recursos hídricos é uma ação plausível. Nesse sentido, tem-se como objetivo deste trabalho apresentar uma proposta de reúso de água para bacia sanitária por meio de oferta proveniente da água da máquina de lavar roupas. No desenvolvimento da pesquisa foi realizado o monitoramento do consumo de água na máquina de lavar roupas e na bacia sanitária de uma residência com 3 moradores. Os resultados mostraram um consumo de água de 7,68 m³/mês, sendo 1,78 m³/mês somente na bacia sanitária. Para o tratamento da água para reúso propôs-se o processo físico–químico de coagulação, floculação e decantação, alterando as faixas de concentração de cal para otimizar o pH, e posteriormente adição de sulfato de alumínio. A melhor faixa de cal encontrada nos ensaios de bancada foi de 0,5 mg/L com concentração de 1 mg/L de sulfato de alumínio. Com isso, os resultados apresentaram favoráveis ao reúso desse efluente tratado em bacias sanitárias, se enquadrando nas exigências da NBR 16.783 (ABNT, 2019), desde que realizada a cloração no processo final do tratamento.

PALAVRAS-CHAVE: conservação de água, bacia sanitária, redução de consumo

INTRODUÇÃO

Nas regiões com maior dinamismo econômico e produtivo, como no caso das regiões metropolitanas, o desafio do abastecimento está relacionado com a frequente utilização de fontes hídricas comuns, que resulta em conflitos pelo uso da água, de ordem quantitativa e qualitativa (ANA, 2010).

Com isso é necessário adotar estratégias que visem racionalizar a utilização dos recursos hídricos e reduzir os impactos negativos da geração de efluentes pelas indústrias. Estas estratégias se tornam cada vez mais necessárias devido as limitações das reservas de água doce no planeta, bem como o aumento da demanda de água de abastecimento, tendo como prioridade ao abastecimento de água para o consumo humano e as restrições que vem sendo implementadas em relação aos efluentes no meio ambiente (SILVA, 2011).

Neste cenário o tema conservação de água tem sido presente nas grandes discussões técnica, bem como nas normas vigentes como a NBR 16783 (ABNT, 2019), que apresenta a conservação de água em edifícios e discute o envolvimento do tema tanto a gestão da demanda quanto a gestão da oferta. Na gestão da demanda, ocorre a otimização da operação do sistema predial reduzindo a quantidade de água consumida. Na gestão da oferta, ocorre a promoção do uso de água de fontes alternativas à água potável.

Alinhado à gestão da oferta, o presente trabalho traz um estudo realizado em uma residência com três moradores, no qual se buscou uma proposta de reúso de água tendo como fonte de oferta a água do processo de lavagem de roupas e o seu aproveitamento na bacia sanitária.

Para melhor entendimento da importância deste trabalho é preciso que se conscientize de que a água, como tudo na natureza, contém suas singularidades e deve, por isso, ser conhecida e tratada de maneira

específica. Neste contexto, objetivou-se nesse trabalho apresentar uma proposta de reúso de água proveniente da máquina de lavar roupas aplicado à bacia sanitária de uma edificação residencial.

Para tanto o trabalho foi executado em duas etapas. Na primeira, realizou-se em laboratório a caracterização qualitativa da água proveniente do processo de lavagem de roupa, considerada neste estudo como a água para reúso em bacia sanitária. Posteriormente realizou-se testes de tratabilidade em bancada objetivando a identificação das condições ótima para o uso de alcalinizante e coagulantes aplicados a escala real. Na segunda etapa, baseando-se nos resultados obtidos na primeira, buscou-se realizar o tratamento em escala real do melhor resultado de tratabilidade obtido em bancada.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste trabalho realizou-se o levantamento do balanço hídrico dos pontos de interesse para o estudo na edificação estudada. Sendo a oferta identificada com o uso de sensor integrado a uma placa baseada em arduíno, instalado diretamente na torneira de alimentação da máquina de lavar roupa da residência.

Enquanto a demanda da água de reúso, com uso proposto para uma das bacias sanitárias da residência, foi levantada durante um período de 40 dias utilizando-se de uma planilha fixada no banheiro, no qual o usuário registrava manualmente através de um "X" cada vez que a bacia fosse utilizada. Posteriormente foi adotada como referência a SABESP (2014) para estimar o consumo de água em bacia sanitária de válvula acoplada

A caracterização qualitativa do efluente bruto foi realizada em duas etapas, assim como, os ensaios de tratabilidade. Sendo as amostras coletadas diretamente de um tambor de 200 litros utilizado para armazenar a água proveniente de todo o ciclo do processo de lavagem completa de roupa. Estas amostras foram submetidas ao processo de caracterização física e química com o método de coleta e armazenamento, assim como as análises, de acordo com as metodologias retiradas do APHA- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Os parâmetros analisados foram, DBO, DQO, cor, turbidez, série de sólidos, pH, condutividade, alcalinidade, dureza e fósforo.

Os ensaios de tratabilidade em bancada foram realizados utilizando-se o tempo de mistura lenta de 3 minutos e 60 minutos de sedimentação, variando as concentrações de cal e barrilha e mantendo a mesma concentração para o sulfato de alumínio, a fim de encontrar a situação ótima de eficiência do tratamento e buscando o atendimento aos requisitos de qualidade de água para reúso constantes na NBR 16.783 (ABNT, 2019).

Em um segundo momento, buscou-se realizar o tratamento em escala real replicando o melhor resultado de tratabilidade obtido em bancada, adicionando o alcalinizante e o sulfato de alumínio à água coletada do processo de lavagem de roupa em um tambor de 200L localizado na residência estudada. Posterior ao tratamento em escala real foram coletadas amostras e caracterizadas conforme os parâmetros de cor, DBO, DQO, fosforo e pH.

Depois de todo o estudo em escala real e a execução de levantamentos bibliográficos foi proposto um fluxograma de tratamento de água de reúso que poderá ser aplicado em residências com características semelhantes à estudada.

RESULTADOS

A residência escolhida possui 3 moradores adultos e o consumo médio de água, obtido junto a fatura de água da companhia de saneamento local, é de 11,71 m³/mês, gerando um indicador de consumo de 125,96 L/hab/dia. No monitoramento, representado na Figura 1, foi identificado que o consumo de água destinado a lavagem de roupa, ou seja, a oferta de água de reúso deste processo, é igual a uma média de 256,02 litros por lavagem.

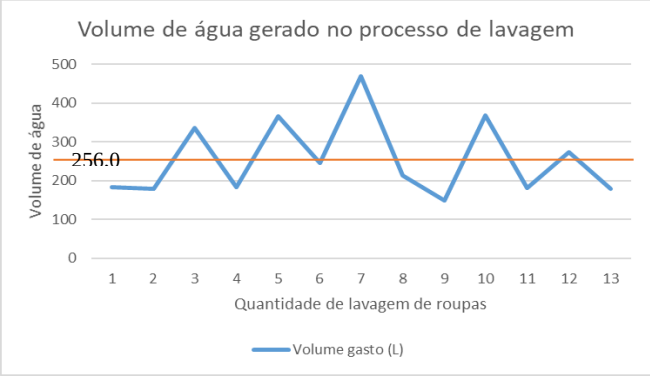

Figura 1: Volume de água gerado no processo de lavagem

Na bacia sanitária estudada para o reúso, que é de válvula acoplada, foi monitorado um total de 40 dias, e o consumo foi calculado com base no monitoramento das descargas, que foi de aproximadamente seis descargas por dia. Segundo a SABESP (2014) uma bacia sanitária com válvula bem regulada tem um consumo médio de 10 litros por descarga, caso esta não esteja bem regulada, o consumo pode triplicar chegando a 30 litros por descarga.

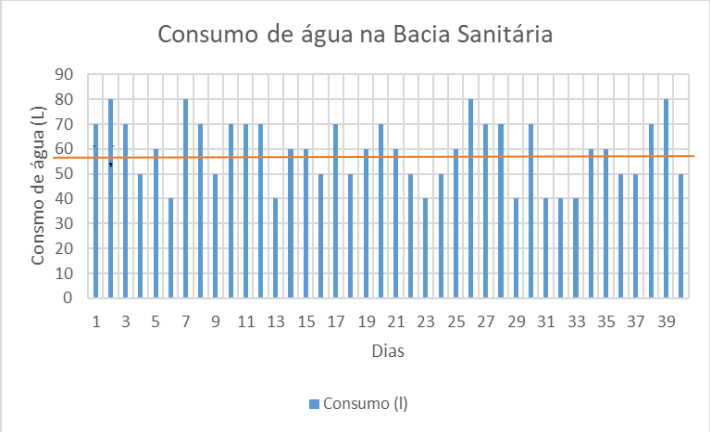

Figura 2 – Consumo de água na bacia sanitária

Analisando a demanda de água, observa-se que será necessário em média 1,78 m³/mês de água, enquanto que a oferta, considerando o uso da máquina de lavar por duas vezes na semana, é em média de 2,05 m³/mês. Dessa forma, o balanço se mostra positivo para o reúso de água na bacia sanitária, nas condições levantadas nesse estudo.

Considerando a demanda diária de 60 litros para o abastecimento da bacia sanitária, a ser realizado por um reservatório superior de 250 L, é possível o atendimento desse abastecimento por aproximadamente quatro dias. Por outro lado, a oferta de água para esse reservatório proveniente da máquina de lavar, é em média 256,02 litros por lavagem e com isso será necessário, aproximadamente, duas lavagens para o completo fornecimento. Sendo assim, lavando-se roupa duas vezes por semana é o mínimo necessário para que o balanço hídrico seja positivo.

Os resultados do teste de tratabilidade de bancada estão apresentados abaixo, no qual se resume os parâmetros analisados para a Cal na Tabela 1 e para Barrilha na Tabela 2. Lembrando que para ambos a concentração de sulfato de alumínio utilizado permaneceu de 1g.

Tabela 1: Resultados do ensaio de tratabilidade utilizando a Cal para correção de pH.

Concentração da Cal	pH	Cor	Turbidez
0,2	10,74	36	5,74
0,3	11,22	25	3,95
0,4	11,42	12	1,59
0,5	11,76	11	1,51
0,8	12,11	13	2,25
1,1	12,28	13	2,57
1,4	12,39	17	4,06

Tabela 2: Resultados do ensaio de tratabilidade utilizando a Barrilha para correção de pH.

Concentração da Barrilha	pH	Cor	Turbidez
0,5	10,54	44	4,14
0,8	10,74	23	2,00
1,1	10,86	68	6,92
1,4	10,94	156	22,3
0,5	10,54	44	4,14
0,8	10,74	23	2,00

Os testes realizados mostraram melhores resultados para a cal de 0,5 e a barrilha de 0,8. Porém ao comparar o resultado da barrilha e o resultado da cal na mesma concentração, percebeu que ao utilizar a cal os resultados dos parâmetros analisados foram melhores, então optou-se pela utilização dela.

Em um segundo momento houve uma maior subdivisão para encontrar a concentração ótima de cal, e com isso foi subdividido em 0,2, 0,3, 0,4, 0,5 g/L e a concentração de 0,5 g/L continuou sendo a mais favorável para a utilização com o sulfato de alumínio.

Ao comparar os resultados apresentados pela cal observa-se que o parâmetro de turbidez se encontra dentro do exigido pela NBR n. 16.783 (ABNT, 2019).

Os dados de caracterização do efluente bruto, efluente tratado e os requisitos de qualidade da Norma n° 16.783 (ABNT, 2019) estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Caracterização do efluente bruto e do efluente tratado e exigências da norma vigente.

Parâmetros de qualidade	Bruto Amostra 1	Bruto Amostra 2	Tratado Amostra 1	NBR 16.783/2019
Alcalinidade	36,8	33	-	-
Cloro Residual Livre (mg/L	-	-	-	0,5 a 5
Condutividade(µS/cm)	183,3	-	-	≤ 3.200
Cor aparente (uC)	156	492	9	-
Cor verdadeira (uC)	77,6	-	-	-
DBO (mg/L)	-	75	6,8	≤ 20
DQO (mg/L)	-	375,9	284,1	-
E. Coli (NMP/100ml)	-	-	-	≤ 200
Fósforo	0,21	0,21	0,18	-
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	11,2	-	-	-
pH	7,01	7,11	5,36	6,0 a 9,0

Sólidos Totais (mg/L)	-	336	-	-
Sólidos Totais Fixos (mg/L)	-	87	-	-
Sólidos Volateis (mg/L)	-	249	-	-
Turbidez (uT)	60,6	73,3	1,51	≤ 5

Ao analisar a NBR 16.793 (ABNT,2019) e a caracterização do efluente bruto pode-se perceber que a água da máquina de lavar não se enquadra nas exigências de qualidade requerida sem um tratamento prévio, somente o pH e o sólidos dissolvidos totais do efluente bruto estão dentro das exigências.

Neste estudo não foi possível analisar a presença de E. coli e coliformes fecais, bem como a quantidade de cloro residual. Porém segundo Bazzarella, a quantidade de E. coli presentes no efluente da água de máquina de lavar é igual a 27,3 NMP/100mL. Enquanto que Mendonça (2019), não detectou presença de E. Coli na caracterização do seu efluente estudado. Sabendo disso pode-se inferir que o efluente bruto da máquina de lavar possui níveis baixos de E.coli, ficando abaixo do que as normas vigentes exigem.

Quando se trata de coliformes, Mendonça (2019) encontrou um valor de coliformes totais igual a 1,119 x 103 NMP100ml, enquanto que Bazzarella (2005) encontrou um valor muito inferior, igual a 5,73 NMP/100ml, observando os resultados obtidos em ambas as pesquisas citadas acima, conclui-se que a concentração é baixa, porém não é possível descartar a utilização de cloro ao final do tratamento.

Quanto a desinfecção, a NBR 16783 (ABNT, 2019) faz exigência sobre o cloro residual livre, justificando sua importância para que não deixe eventuais patógenos na água. No sistema proposto estudado não foi implantado nenhum tipo de desinfecção, porém é recomendado que se adote um sistema de desinfecção, podendo ser a cloração.

Diante dos resultados encontrados buscou-se um sistema que fosse aplicável, pois este sistema será em uma residência, onde o espaço para ser executado e a operação desse sistema pode ser uma questão essencial para a sua viabilidade. Desta forma, chegou-se ao modelo proposto representado pela Figura 3.

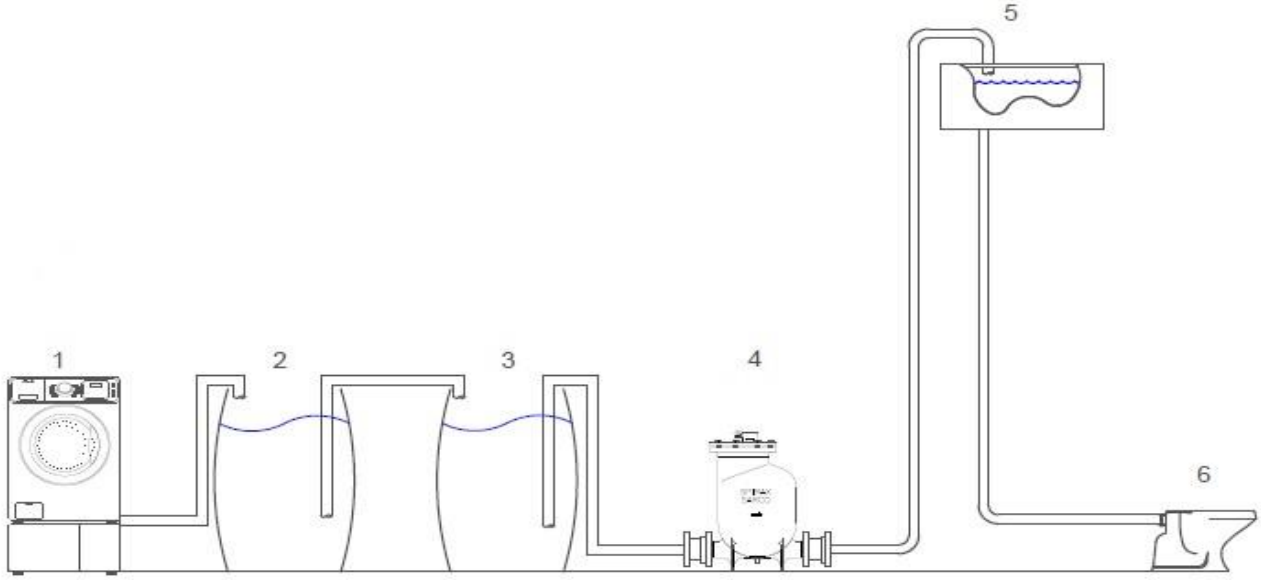

Figura 3 – Representação do modelo adotado

O sistema proposto consiste de um sistema simplificado composto de dois tambores de 200 litros, sendo que no primeiro (2) ocorrerá o tratamento por batelada, ou seja, todo o efluente da máquina de lavar roupas (1) é armazenado para ser realizado o tratamento. Ainda no primeiro tambor será adicionado primeiramente a cal para elevar o pH próximo ao "pH ótimo" para posteriormente ser adicionado o sulfato de alumínio a fim de se realizar a floculação e logo após ocorrer a decantação. Tanto para a adição da cal, quanto para a adição do sulfato de alumínio é necessário realizar a diluição, já que os produtos utilizados se encontram no estado sólido.

Para ser realizado a mistura dos reagentes com a água à ser tratado será utilizada uma bomba de aquário, que serão adotados os tempos utilizados em laboratório, ou seja, a bomba será ligada por 6 minutos para ocorrer a completa homogeneização, sendo dividido em 3 minutos para a homogeneização da cal e 3 minutos para a homogeneização do sulfato de alumínio.

O tempo de decantação também será o mesmo utilizado no laboratório que será de 1 hora e após esse tempo o efluente tratado é direcionado para um segundo tambor (2) de 200 litros onde é adicionado pastilha de cloro para a desinfecção, que segundo a portaria 888 (BRASIL, 2021), para uma temperatura da água igual a 25°C e adotando uma concentração residual de cloro inferior a 0,4, tem-se que o tempo mínimo de contato é de 9 minutos. Após esse processo o efluente tratado será encaminhado através de uma bomba (4), para um reservatório superior (5) destinado ao abastecimento de água na bacia sanitária (6).

CONCLUSÕES

Analisando a demanda de água, observa-se que será necessário em média 1,78 m³/mês de água, enquanto que a oferta, considerando que se lava roupa duas vezes por semana, é em média de 2,05 m³/mês, dessa forma, o balanço se mostra positivo para o reúso de água na bacia sanitária. A máquina de lavar roupas gera em média 256,02 Litros por lavagem, enquanto que a bacia sanitária estudada necessita em média de 60 litros por dia, isso demonstrou que do ponto de vista de economia de água o processo de reúso é bastante viável. Em apenas um dia de lavagem da máquina, que foi adotado duas lavagens por dia é possível abastecer a bacia sanitária por aproximadamente 8 dias, o que gera uma economia de 1,8 m³/mês que representa uma redução de aproximadamente 15,37% no consumo de água da rede de abastecimento.

O processo de tratamento proposto determinou que a faixa de dosagem da cal com melhor resultado foi de 0,5 mg/L com 1 mg/L de sulfato de alumínio na residência, tendo como medidas de eficiência o parâmetro de cor e turbidez.

Ao se comparar a qualidade do efluente tratado com a norma vigente para a reuso de água em bacias sanitárias, a NBR 16.763 (ABNT, 2019), percebe-se que há o cumprimento das exigências da normativa, ressaltando que neste trabalho não foi possível analisar todos os parâmetros disposto pela norma, porém realizando busca na literatura dos parâmetros que estavam ausentes de anáises, foi possível concluir que se enquadram.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANA**. Atlas Brasil : abastecimento urbano de água : panorama nacional** / Agência Nacional de Águas; Engecorps/Cobrape. – Brasilia: ANA: Engecorps/Cobrape, 2010.

2. ABNT. NBR Nº 16.783, DE 19 DE NOVEMBRO DE 2019. **Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações**, Rio de Janeiro, RJ, set 2019.

3. BARRETO, Douglas. **Perfil do consumo residencial e usos finais da água**. **Ambiente Construido**, Porto Alegre, v. 8. n. 2. P. 23 – 40. abr – jun. 2008.

4. BAZZARELLA, Bianca Barcellos, Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não-potável em edificações / Bianca Barcellos Bazzarella. – 2005.

5. BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução Nº 54, de 28 de novembro de 2005. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água e dá outras providências.** Diário Oficial da União. Brasília, DF, nov. 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>. Acesso em: 4 jun. 2021.

6. MENDONÇA, Kenia Parente Lopes. Tratamento de águas conzas provenientes de lavanderias visando reúso. / Kenia Parente Lopes Mendonça – Palmas, TO, 2019.

7. MENEZES, J. C. S. S; **Tratamento e Reciclagem do Efluente de uma Lavanderia Industrial**. Dissertação (mestrado) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2005

8. PROSAB. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água. Rio de Janeiro: ABES, 2009

9. SANT'ANA, D.; BOEGER, L.; VILELA, L. Aproveitamento de águas pluviais e o reúso de águas cinzas em edifícios residenciais de Brasília - parte 1: reduções no consumo de água. **Paranoá**, Brasília, no 10, p. 77-84, 2013.

10. WHO. **Reuse of effluents: methods of wastewater treatment and health safeguards. Report of a WHO Meeting of Experts**. Geneva, World Health Organization (Technical Report Series No. 517), 1973.