

II-084 - MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DE ÁGUA CINZA GERADA EM BANHEIRO EXPERIMENTAL

Ingrid Cecilia Walker⁽¹⁾

Acadêmica de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Danielle Amorim Freitas de Souza

Acadêmica de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Willian Ribeiro Ide⁽²⁾

Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Mestre em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos pelo Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais da UFMS. Doutorando em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos no Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais da UFMS. Técnico do Laboratório de Qualidade Ambiental (LAQUA) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Maria Lucia Ribeiro

Engenheira Química pela Universidade Federal de São Carlos. Mestre em Química (Físico-Química) pela Universidade de São Paulo. Doutora em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Professora titular na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Endereço⁽¹⁾: Rua Assis Chateaubriand, 141 - Cabreúva - Campo Grande - Mato Grosso do Sul - CEP: 79008-470 - Brasil - Tel: +55 (67) 9112-5655 - E-mail: ingridwalker93@gmail.com

Endereço⁽²⁾: Av. Costa e Silva, Cidade Universitária, Campo Grande – MS, CEP: 79090-900 - Brasil. E-mail: willian.ide@ufms.br/willian.ide@hotmail.com

RESUMO

Novas tecnologias visando o reaproveitamento de águas cinza tem sido cada vez mais estudada devido, principalmente, à crescente escassez hídrica. Este projeto teve como objetivo caracterizar quali-quantitativamente águas cinza clara (sem contribuição da pia da cozinha) como suporte no dimensionamento de sistemas EvapAC, simulando a rotina de duas famílias de habitação de interesse social (HIS). Em um banheiro experimental, foram dispostos hidrômetros para realização da leitura diária da vazão em cada aparelho hidrossanitário. Para cada aparelho hidrossanitário havia uma saída para coleta pontual de água cinza clara, para análise. Foram realizadas amostragens pontuais e compostas onde o efluente foi caracterizado por sondas multiparamétricas e analiticamente em laboratório. O uso simulado que mais influencia no efluente final é a máquina de lavar, por conter maior carga orgânica e também a maior vazão diária, quando relacionada aos outros aparelhos hidrossanitários. A caracterização por meio das sondas foi satisfatória por apresentar grande proximidade com o método analítico, comprovando ser interessante seu uso em trabalhos de campo. Foi possível afirmar também que a maior dificuldade para o tratamento do efluente é a grande quantidade de surfactantes.

PALAVRAS-CHAVE: Caracterização, Saneamento Ecológico, reuso.

INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural indispensável à manutenção da vida. Trata-se de um insumo básico para o desenvolvimento e crescimento das atividades agrícolas, urbanas e industriais. Em um país como o Brasil, com grande disponibilidade hídrica, o uso da água nunca foi uma grande preocupação, até que o elevado consumo, aliado ao crescimento populacional, desencadeasse uma redução nos reservatórios de água.

Campanhas de conscientização para evitar o desperdício e a poluição de mananciais já foram postas em prática. Mesmo assim, a crise hídrica ainda continua sendo um grande problema enfrentado por alguns estados brasileiros. Por isso, outras formas de evitar a escassez da água precisaram ser estudadas.

Neste sentido, o foco das ações de racionalização e conservação da água já se concentram nas residências, visto que essas podem apresentar mais da metade do consumo total das áreas urbanas, de modo a estar economizando no sistema público e mananciais (SANTOS, 2002). No Brasil, o consumo de água residencial na região metropolitana de São Paulo corresponde a 84,4% do consumo total urbano (GONÇALVES, 2006). Desse modo, o volume de esgotos doméstico deve ser minimizado, tratado, contabilizado e reintegrado de forma segura no ciclo da água para reutilização, reduzindo a demanda sobre os mananciais e contribuindo para o uso racional ou eficiente da água (MANCUSO & SANTOS, 2003).

O Saneamento Ecológico é uma proposta em que as águas residuárias podem ser tratadas e reutilizadas de forma descentralizada. Esse novo enfoque preserva água de melhor qualidade para fins potáveis e reduz o impacto ao meio ambiente.

Ao lidar com a reutilização da água em uma residência é preciso estar atento com o tipo de esgoto que será trabalhado. O efluente doméstico é separado em dois grandes grupos, águas negras e águas cinza. A introdução do conceito de segregação na fonte é uma ação facilitadora no processo de tratamento, visto que os métodos de tratamento para as águas negras e cinzas podem ser diferenciados, sendo a última a preferida para reuso em atividades com fins não potáveis. A caracterização dos efluentes segregados é importante para a escolha do grau de tratamento e para verificação da eficiência do sistema utilizado para unidades residenciais unifamiliares (REBÊLO, 2011).

As águas cinza representam cerca de 70% do esgoto doméstico e possuem um elevado potencial de reutilização, em consequência da sua disponibilidade e baixo teor de poluentes se comparado com a mistura de águas residuárias (LEAL *et al.*, 2007).

Deste modo, este trabalho tem o objetivo de caracterizar qualitativamente e quantitativamente a geração de água cinza clara para dar suporte ao desenvolvimento de uma tecnologia descentralizada de tratamento de efluentes. Para tal, foi construído um banheiro experimental, na UFMS, para simular a rotina de uso de duas famílias de Habitação de Interesse Social (HIS).

MATERIAIS E MÉTODOS

O banheiro é composto por dois chuveiros, dois vasos sanitários, duas pias, um tanque e uma máquina de lavar, as quais são pontos de geração de efluente. Em cada aparelho hidrossanitário, foram dispostos hidrômetros, para análise quantitativa, e um registro de manobra para coleta pontual, para caracterização qualitativa.

Buscando obter o resultado mais aproximado da realidade de consumo de duas famílias de interesse social, foi necessário simular a rotina de uso de aparelhos hidrossanitários. Especificando os aparelhos sanitários e a quantidade de usos suficientes para gerar a água cinza clara para os sistemas de tratamento a serem avaliados.

No chuveiro masculino, por exemplo, a cada dia da semana eram necessários dois banhos por dia, um no período matutino e outro no vespertino, com exceção no final de semana, que deveriam tomar um banho no sábado e outro no domingo. O mesmo foi estabelecido para o uso do chuveiro feminino, totalizando a cada dia, quatro banhos. A diferença foi estabelecida no volume necessário do banho, 61,2 litros no banho dos homens e 40,8 litros das mulheres.

O uso da pia também foi estimado o consumo durante as lavagens de mão. No caso do banheiro masculino, eram estimados 25 usos durante o dia, sendo 9 no período matutino e 16 no período vespertino, com uma média de volume de 3,5 litros em cada uso. No banheiro feminino, a média nesse caso foi de 2,13 litros, totalizando 24 usos, sendo 9 no período matutino e 15 no vespertino. No final de semana o uso era desnecessário.

O tanque não foi contabilizado pelo fato de haver usos esporádicos e não previstos durante as rotinas de uso. Para a máquina de lavar, foi contabilizado o consumo em litros, a partir do desempenho da máquina em suas funções. Foram estimados um consumo de 250 litros nas segundas-feiras, 500 litros nas terças e sextas-feiras, 800 litros nas quartas-feiras, 1150 litros quintas-feiras e 489 litros para cada dia do final de semana. Estas

rotinas de uso foram geradas a partir de dados de literatura e informações levantadas em questionários aplicados à famílias de interesse social (MENEZES *et al.*, 2011; PETERS *et al.*, 2006).

Para a caracterização qualitativa, foi realizada amostragem em cada aparelho hidrossanitário para a caracterização da água cinza pontual e composta. A amostragem pontual forneceu dados sobre a qualidade de efluente que é retirada de um banho masculino, feminino, lavagem de mãos, uso das escovas de dentes e lavagem de roupas. Porém, o sistema para qual é destinado esse efluente não recebe separadamente a água cinza, por isso a necessidade de obtenção de dados de coleta composta, no caso a que mais se aproxima da realidade.

Para representar a qualidade do efluente, que é destinado para o sistema de tratamento, no estado real, foi necessário compor proporções do efluente coletado pontualmente. Neste caso, como o banheiro é equipado com pontos de coleta isolados, todos os usos pontuais foram amostrados em sua totalidade. Após coletados, foram medidos os seus volumes e retirado o volume representativo do uso na composição do efluente global.

Cabe ressaltar que para a caracterização do efluente pontual, relativo ao ponto de uso selecionado, foram retiradas alíquotas necessárias para as análises de interesse. Os parâmetros físicos, químicos e biológicos escolhidos para caracterização qualitativa das águas cinza basearam-se em componentes comumente presentes no esgoto bruto: pH, condutividade, turbidez, alcalinidade, demanda química de oxigênio (DQO) e sólidos dissolvidos totais (SDT).

Sondas multiparamétricas

Visando identificar e testar as tecnologias existentes para monitoramento contínuo de pH, condutividade e ORP no Banheiro Experimental, três sondas multiparamétricas foram adotadas: duas sondas multiparâmetro modelo HI 9828; e uma sonda multiparâmetro modelo HI 9829. A Figura 1 apresenta as sondas multiparamétricas utilizadas.



Figura 1: Sondas multiparamétricas.

Todas as sondas medem cinco variáveis diretamente (pH, ORP, % saturação de OD, condutividade, temperatura expressos em $^{\circ}\text{C}$, mV, ORP, mgOD.L^{-1} , $\mu\text{s.cm}^{-1}$ e $^{\circ}\text{C}$, respectivamente). As sondas do modelo HI 9829 podem realizar medições de amônia, cloreto, nitrato e, também, de turbidez. A sensibilidade destes equipamentos equivale à sensibilidade do método pelo qual eles são calibrados. Neste trabalho, o método adotado para aferição das medições de condutividade e turbidez foi por meio de comparação das medições com equipamentos padrões de laboratório. O objetivo dos testes preliminares em campo foi conhecer a melhor forma de operação das sondas, para avaliar a possibilidade de realizar um monitoramento contínuo da qualidade da água cinza a ser gerada. Busca-se com as sondas também caracterizar o efluente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Monitoramento Quantitativo

Com as estimativas de uso traçados e as leituras realizadas rotineiramente foi possível perceber que a meta estabelecida não foi alcançada. O uso do banheiro experimental foi abaixo do esperado, fato que pode ser explicado pela falta de comprometimento dos usuários, que deveriam tomar banho ou então levar roupa para lavar e realizar as outras atividades. Outra complicação foi à análise per capita, pois as pessoas esqueciam de anotar seu uso do aparelho hidrossanitário nas fichas de controle.

Haviam semanas em que o uso de alguns aparelhos quase chegaram perto do esperado, mas logo algum fato extraordinário, por exemplo, um feriado fazia com que decaísse o uso, fazendo chegar perto do zero. Devido a essas ocorrências, para uma melhor observação dos dados em cada aparelho hidrossanitário, foram consideradas duas semanas típicas, onde o consumo ficou na média das semanas do período analisado. O consumo de chuveiro feminino, chuveiro masculino, lavatório feminino, lavatório masculino e máquina de lavar são apresentadas na Figura 2, 3, 4, 5 e 6 respectivamente.

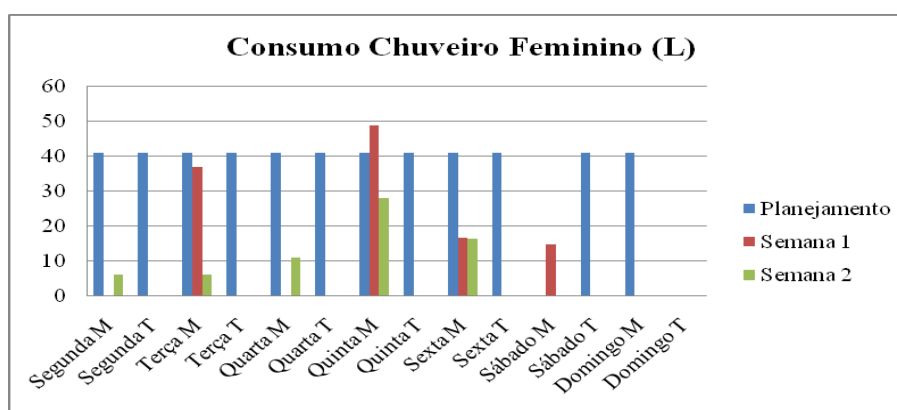


Figura 2: Gráfico do consumo do chuveiro feminino.

Observa-se, na Figura 2, que durante os 14 dias de avaliação da demanda no chuveiro feminino, somente um turno de um dia atendeu o esperado (quinta-feira de manhã da semana 1), onde a vazão esperada era de 40,8 litros e a realizada foi de 48,66 litros. Isto é facilmente observado no gráfico da Figura 2, onde as barras azuis representam a quantidade de volume estimado para geração de água cinza e, as demais, o consumo durante a semana. Verifica-se que a semana 1 apresentou o maior desempenho diário. Considerando a quantidade de banhos realizados, a semana 2 foi a que apresentou o melhor resultado, devido a maior frequência de uso.

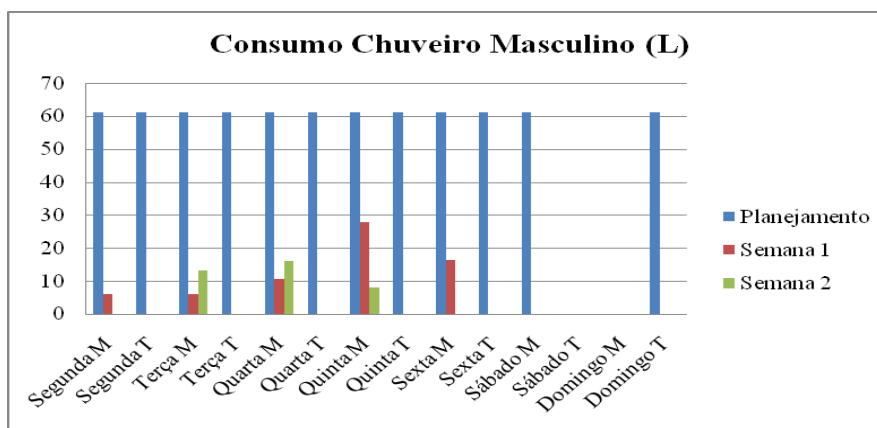


Figura 3: Gráfico do consumo do chuveiro masculino.

Analisando o chuveiro masculino, Figura 3, verifica-se que a geração de efluente neste aparelho é menor do que a do feminino, tanto em volume quanto em quantidade de usuários. A meta de geração de volume era de 60,2 litros em cada turno do dia. No entanto, em nenhum momento este valor foi alcançado, tanto nas semanas analisadas, quanto nas outras. Durante as semanas estudadas o banho de maior volume foi de 27,9 litros. Fazendo um levantamento de volume per capita gerado nos banhos, o masculino produziu, em média, 13 litros, enquanto o feminino, 20,4 litros.

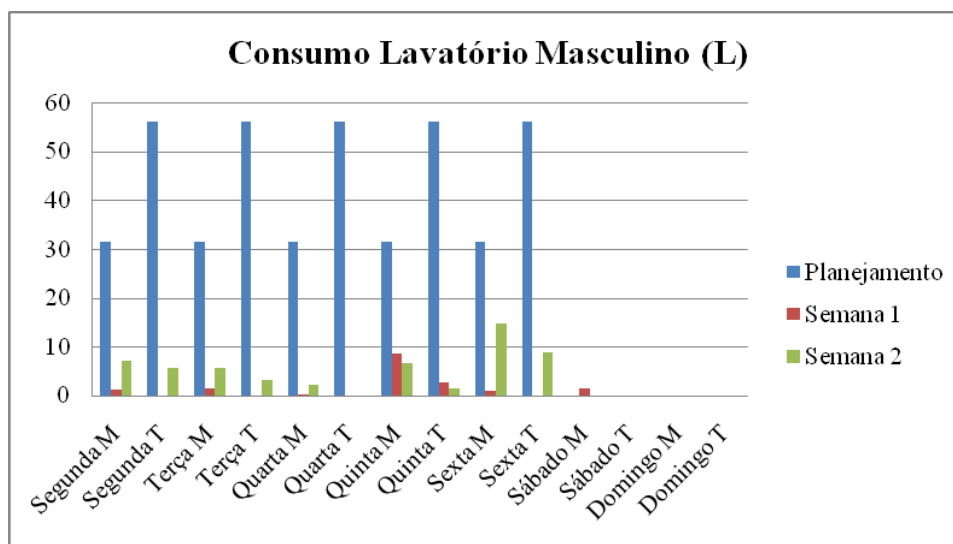


Figura 4: Gráfico de consumo no lavatório masculino.

Outro ponto de geração de efluente que também foi estimado foram os lavatórios (pias), feminino e masculino. No lavatório masculino, Figura 4, a geração de água cinza ficou muito menor do que o planejado. Este aparelho foi o que ficou mais distante da meta estabelecida. Entre as semanas avaliadas, a semana 2 foi a que apresentou maior utilização, mas ainda assim muito baixos. No turno apenas da tarde e nos turnos da manhã/tarde, eram esperados um volume de 31,5 litros e 56 litros, respectivamente, enquanto o máximo atingido, na sexta-feira da semana 2, foi um volume de 14,66 litros.

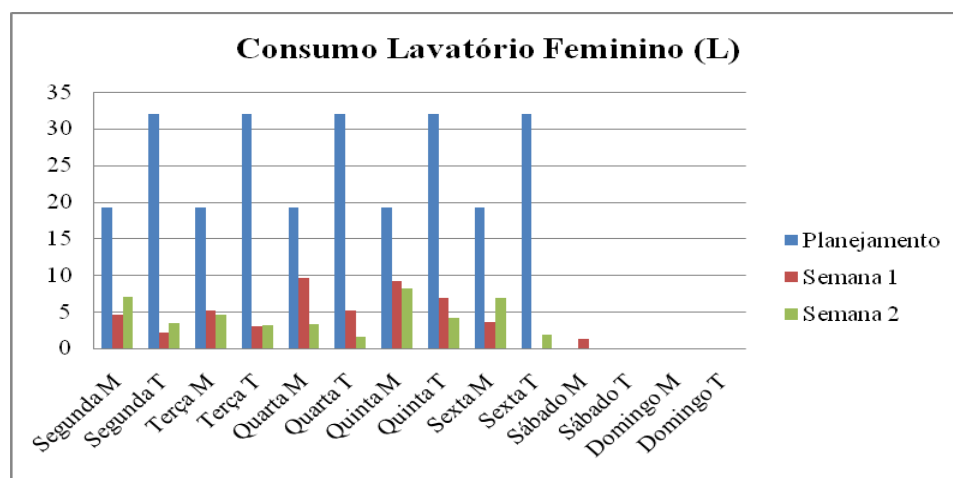


Figura 5: Gráfico de consumo do lavatório feminino.

De acordo com a Figura 5, o lavatório feminino também não apresentou os dados conforme o esperado, com exceção dos finais de semana, os quais eram esperadas vazões igual a zero. Os volumes estimados nos turnos matutinos eram de 19,17 litros e, nos vespertinos, de 31,95 litros. A maior vazão registrada nos períodos analisados foi de 9,64 litros.

Para a máquina de lavar, Figura 6, foram obtidos resultados parecidos com os anteriores. Assim como no chuveiro feminino, somente um dia (terça-feira de manhã da semana 2) a meta foi ultrapassada. Neste dia, foram produzidos 299 litros de água cinza, enquanto eram estimados apenas 200 litros. Nos outros dias, ou a máquina não foi utilizada ou o consumo não foi ideal.

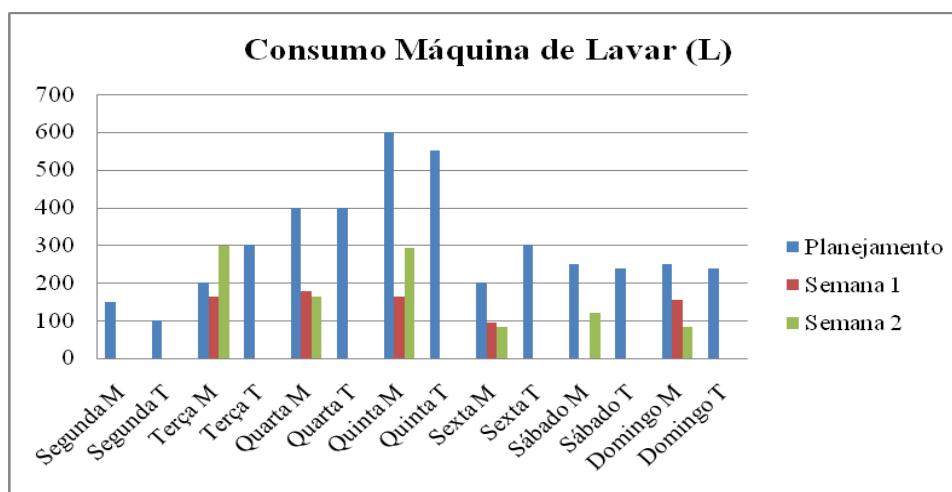


Figura 6: Gráfico do consumo da máquina de lavar roupas.

Os gráficos anteriores permitiram uma visão particular da geração de água cinza dos aparelhos hidrossanitários de um Banheiro Experimental. A fim de obter uma visão geral da utilização dele, durante os meses analisados, a Figura 7 torna mais simples a verificação da média de efluente em cada dia dos meses de agosto de 2014 à março de 2015.

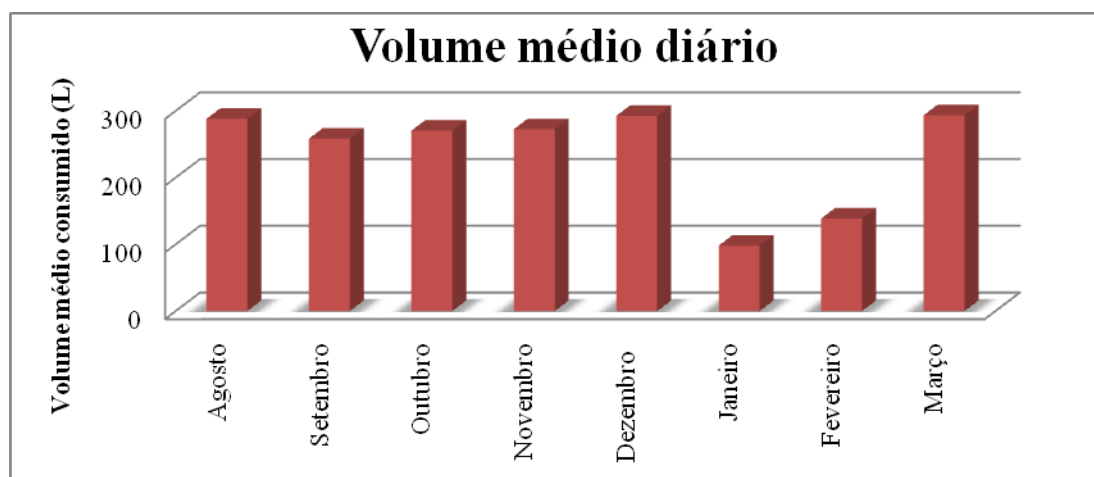


Figura 7: Gráfico do consumo médio diário.

Nota-se, na Figura 7, que nos meses de agosto à março a média varia entre 258,32 e 293,48 litros, com exceção dos meses de janeiro e fevereiro, nos quais as médias variam entre 98,07 e 138,77 litros. Isto ocorre devido ao fato das pessoas comprometidas com o uso do banheiro, as quais trabalham nos laboratórios, estarem período de férias. No entanto, isto pode ser comparado com uma realidade de uma família que em suas férias normalmente viajam para casa de parentes.

Monitoramento Qualitativo

Utilizando as sondas multiparamétricas foi possível analisar os seguintes parâmetros: pH; Condutividade; e Sólidos Dissolvidos Totais. Estas análises foram realizadas conforme os métodos analíticos preconizados pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA *et al*, 2012), com a intenção de obter

a comparação com os dados obtidos das três sondas. Os gráficos de análises de pH, condutividade, sólidos dissolvidos totais e DQOsolúvel das amostras são apresentados nas Figuras 8, 9, 10 e 11, respectivamente.

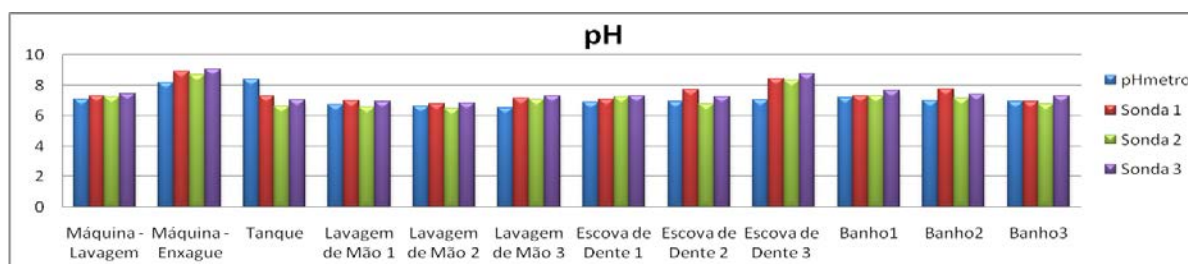


Figura 8: Gráfico das análises de pH das amostras.

Ao analisar os resultados do pH, Figura 8, nota-se que em todos os tipos de aparelhos hidrossanitários usados, a tendência é que a água cinza seja de pH próximo ao neutro. As amostras que mais desviam da tendência, estão na faixa do pH básico, acima de 7. Segundo a literatura, o pH da água cinza é influenciado basicamente pelo pH da água de abastecimento fornecido a residência.

A máquina de lavar roupas no modo do enxágue, possui um efluente de elevado pH, próximo ao 9, provavelmente pelo uso de amaciante de roupas nesta etapa. O uso da escova de dente 3 apresenta o mesmo comportamento, diferentemente da escova de dente 1 e 2. Esse fato pode ocorrer por diferença de marca e quantidade de pasta de dente utilizada durante a geração de efluente ou mesmo devido a duração do processo de escovar os dentes.

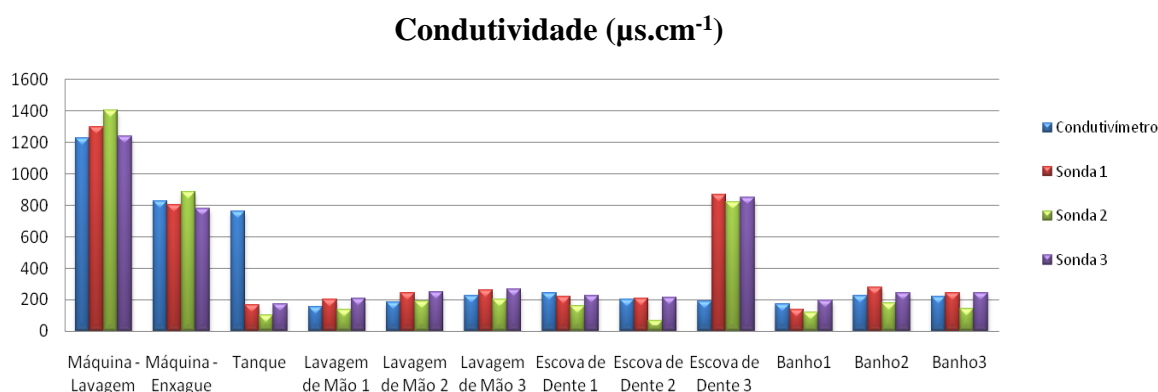


Figura 9: Gráfico de análises da condutividade das amostras.

Quando a condutividade é analisada, já aparecem maiores discrepâncias nos valores obtidos, como podemos observar na Figura 9. A condutividade é influenciada pela ação do pH, principalmente, pela presença dos íons livres. Essa ação pode ser observada ao comparar a Figura 8 com a Figura 9. Nos dois casos que houveram maiores valores da faixa de pH, também foram obtidos os maiores valores de condutividade, que foi no enxágue da máquina e no uso da escova de dente 3.

O outro valor de grande expressão de condutividade foi o durante o ciclo de lavagem da máquina. Isto, porque o sabão em pó, que é utilizado nessa fase, é composto por uma combinação de sais. Os resultados da amostra coletada do tanque tiveram divergências. A condutividade analisada pelo método analítico, que é o mais confiável, teve uma grande diferença ao ser comparado com as sondas multiparamétricas. Por não haver tanta diferença entre os resultados das sondas, o mais aceitável são os valores próximo ao das sondas.

Sólidos Dissolvidos Totais (mg.L⁻¹)

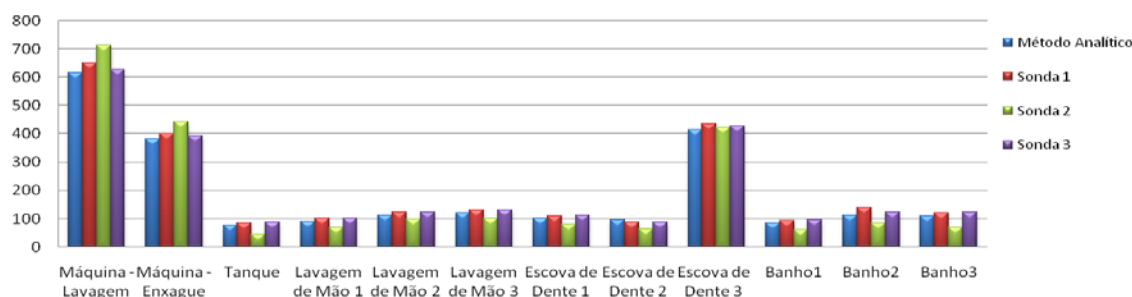


Figura 10: Gráfico de análise de Sólidos Dissolvidos Totais das amostras.

Ao comparar os parâmetros anteriores com os Sólidos Dissolvidos Totais, Figura 10, também pode-se obter uma relação de dependência dos resultados obtidos com os de Condutividade. Assim como os valores que foram de maior destaque no gráfico da Figura 9, o mesmo ocorre no gráfico da Figura 10, diminuindo até a incerteza da análise do Tanque.

DBO_{solúvel} (mg.L⁻¹)

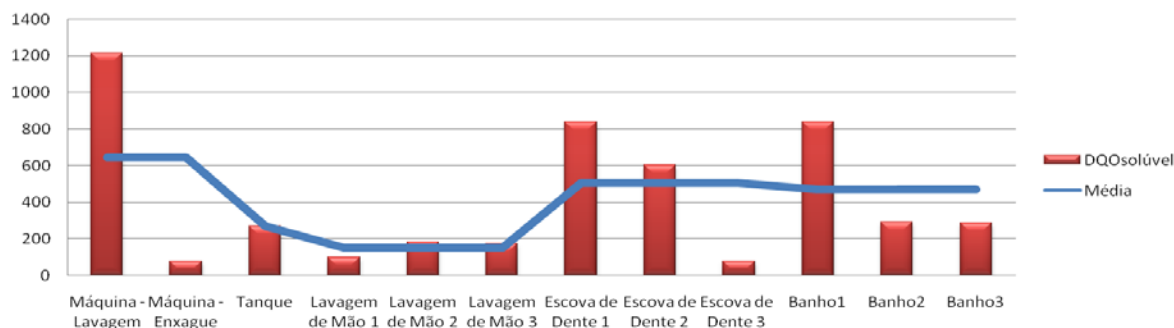


Figura 11: Gráfico de análise da DQOsolúvel das amostras.

Na Figura 11, a DQOsolúvel apresenta a carga orgânica em que cada aparelho hidrossanitário produz. Todos os aparelhos foram usados repetidas vezes para que pudesse obter uma representação confiável do efluente produzido, com exceção do tanque e da máquina. Durante o ciclo da máquina, tanto o a água cinza da lavagem quanto do enxágue foram analisados. A média de DQOsolúvel da máquina de lavar foi igual a 646,5 mg.L⁻¹. O valor de DQOsolúvel do tanque foi igual a 267 mg.L⁻¹. Das lavagens de mão, a média foi de 150,5 mg.L⁻¹. A média do uso das escovas de dente foi 506 mg.L⁻¹ e, a média dos banhos, 473 mg.L⁻¹. Com base nos resultados, nota-se que os efluentes que mais geram carga orgânica são o uso das escovas de dente, a utilização da máquina e o uso do chuveiro. Comparando com a geração quantitativa abordada anteriormente, é possível concluir que o aparelho que mais tem significância é a máquina de lavar, por ser mais usada e possuir uma maior geração de água cinza.

CONCLUSÕES

A partir dos testes realizados foi possível concluir que:

- Na caracterização do efluente para fins de dimensionamento de uma tecnologia de tratamento de água cinza clara devem ser analisados, principalmente, o uso de máquina de lavar e os banhos;
- A máquina de lavar, nas etapas de lavagem e enxágue, geram o maior volume água e a maior carga de poluente;
- Os lavatórios apresentam a menor produção de água e, também, o menor potencial poluidor de efluente;
- A utilização das sondas de monitoramento contínuo são ferramentas práticas, precisas e eficientes;



- O efluente apresenta visualmente grande quantidade de sabão (surfactantes), o que dificulta ainda mais o tratamento do efluente, para o reúso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA, AWWA, WPCF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st ed. Washington - D.C., 2012.
2. GONÇALVES, R. F. Uso Racional da Água em Edificações. Projeto PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, 2006.
3. LEAL, L., ZEEMAN, G., TEMMINK, H., BUISMAN, C. Characterization and biological treatment of greywater. Water Science & Technology, v.56, n.5, p.193-200, 2007.
4. MANCUSO, P.C.S., SANTOS, H. F. Reúso de água. Barueri-SP: Manole, 2003.
5. MENEZES, C.S., MAGALHÃES FILHO, F.J.C., PAULO, P.L. Quantificação de águas residuárias para reúso na perspectiva do saneamento ecológico - XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 2011. Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Maceió – AL, 2011.
6. PETERS, M.R., DARELA, C.P., PASCAL, J.A., SEREZINO, P.H., PHILIPPI, L.S. Quantificação e Caracterização de Águas Cinzas para Reúso Doméstico - V Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental, 2006. Anais do V Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental. Porto Alegre – RS, 2006.
7. REBÊLO, M. M. P. S. Caracterização de águas cinzas e negras de origem residencial e análise da eficiência de reator anaeróbico com chicanas. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Alagoas. Maceio, Brasil. 2011.
8. SANTOS, D. C. Os Sistemas Prediais e a Promoção da Sustentabilidade Ambiental. Universidade Federal do Paraná, Curitiba - SC. 2002.