

IV-023 – REÚSO DE ÁGUA CINZA – ESTUDO DE CASO: UNIVERSIDADE DO INTERIOR DO AMAZONAS

Patrícia Costa de Almeida ⁽¹⁾

Graduanda em Engenharia Sanitária pela Universidade Federal do Amazonas.

Natália Lima Palheta ⁽²⁾

Graduanda em Engenharia Sanitária pela Universidade Federal do Amazonas.

Rafael Hinnah ⁽³⁾

Graduado em Engenharia Sanitária pela Universidade Federal de Mato Grosso.

Suêlenn dos Santos Hinnah ⁽⁴⁾

Graduado em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso.

Endereço⁽¹⁾: Rua Nossa Senhora do Rosário, 3863 – Tiradentes – Itacoatiara - AM - CEP: 69103-128 - Brasil
- Tel: (92) 99459-6841 - e-mail: patricia.tec.edf@gmail.com

RESUMO

Os recursos hídricos apresentam grande vulnerabilidade à degradação e escassez qualitativa e quantitativa, devido atividades antropogênicas como o lançamento de efluentes e disposição inadequada dos resíduos sólidos. A crise hídrica gera muitas preocupações no meio científico impulsionando a busca por alternativas que promovam o uso sustentável da água, neste contexto a implantação de sistemas de aproveitamento das águas residuárias para fins não potáveis tem ganhado visibilidade, tornando-se comum o uso desses sistemas em países desenvolvidos, pois promovem o consumo do recurso hídrico de forma racional. Este trabalho teve como objetivo propor um sistema de reúso de água cinza para usos não potáveis no campus do Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Amazonas. O sistema proposto consiste na coleta, transporte e tratamento simplificado para as águas cinza oriundas dos lavatórios, para posterior utilização nas descargas dos vasos sanitários. Para isso foi realizado a determinação da vazão das torneiras dos lavatórios e a classificação das fontes de águas cinza, para então avaliar o tipo de sistema de reúso mais adequado. Para atender os critérios normativos, foi proposto um sistema constituído de um filtro de camadas múltiplas de pedregulho e areia, com desinfecção final por partilhas de cloro, para posterior reservação e distribuição como água não potável. A implantação do sistema propocionaria o desenvolvimento sustentável da água no campus, além de promover a redução no consumo de água potável conservando a reserva técnica subterrânea de água doce.

PALAVRAS-CHAVE: Água de reúso, Água não potável, Sustentabilidade, Recursos hídricos.

INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial para vida no planeta e a sua degradação vem gerando preocupações de cientistas das diversas áreas, devido a sua escassez quantitativa e qualitativa decorrente das atividades antropogênicas. Em muitos locais a crise hídrica torna-se cada vez mais notável, evidenciando o uso irracional devido muitos ponderarem a água como um recurso infinito (VIVEIROS *et al.*, 2015).

O agravamento da crise hídrica está relacionado aos maus hábitos de consumo e crescimento exponencial da população, com isso evidenciam-se as práticas não sustentáveis, que acabam resultando em desperdício da água, colocando em risco a sobrevivência de uma forma geral (FASOLA *et al.*, 2011). Portanto, é necessária que se tenha uma relação equilibrada entre homem e natureza, visando o uso racional dos recursos naturais e promovendo o desenvolvimento sustentável, em especial dos recursos hídricos, que apresentam maior vulnerabilidade frente à poluição e a escassez (BARBOSA, 2008).

Para se desenvolver a sustentabilidade ambiental se fazem necessárias mudanças sociais, tecnológicas e institucionais que promovam a conscientização da proteção ambiental, segundo Fasola et al., (2011) o uso sustentável dos recursos hídricos pode ser realizado com a implantação de sistemas que proporcionem o uso

racional dos mesmos, destacando-se o aproveitamento de água pluvial, reúso de águas cinza e o emprego de equipamentos que reduzam o desperdício de água.

O consumo das águas residenciais pode chegar a constituir mais da metade do consumo total de água nas áreas urbanas. Dessa forma, o uso de águas residuárias tem se tornando uma solução para a conservação e redução de água potável utilizadas em edificações, além de combater a escassez hídrica e contribuir para economia do consumo.

O presente estudo teve como objetivo, propor um sistema de reúso de águas cinza para fins não potáveis no Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia (ICET), de modo que para isso foi quantificado o consumo de água potável nas torneiras dos lavatórios dos banheiros do campus universitário ICET/UFAM e avaliado o sistema mais adequado para o tratamento dessa água para reúso. No trabalho são ressaltados os benefícios ambientais relacionados a implantação do sistema de reúso de água cinza, visando à racionalização e a sustentabilidade hídrica quali-quantitativa para as atuais e as futuras gerações.

MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente foi realizada a caracterização do local de estudo, dos usos da água na Universidade e a definição da fonte utilizada para obtenção do recurso hídrico.

O Campus Universitário Moysés Benarrós Israel ou Instituto de Ciências Exatas e Tecnológica (ICET) surgiu no município de Itacoatiara/AM em 25 de novembro de 2005 por meio da Resolução N°. 021 do Conselho Universitário (CONSUNI), através do processo de interiorização da Universidade Federal do Amazonas (UFAM) criado em 1991.

O instituto atualmente atua com nove cursos: Engenharia de Produção, Química Industrial, Ciências Farmacêuticas, Sistemas de Informações, Engenharia Sanitária, Engenharia de Software e Agronomia e as Licenciaturas duplas em Ciências: Matemática e Física e Ciências: Química e Biologia. Atualmente a Instituição conta com instalações físicas de cinco blocos, dos quais três com três pavimentos e dois com dois pavimentos a distribuição dos blocos conforme usos são especificados na Tabela 1.

Tabela 1: Descrição das atividades realizadas nos blocos.

Blocos do Instituto	Finalidades de Uso
Bloco A	Salas de aula, auditório principal e área convivência.
Bloco B	Administrativo
Bloco C	Laboratório de mecânica
Bloco D	Laboratórios de química, física e informática.
Bloco E	Salas dos professores, biblioteca e sala de estudo.

A área de estudo caracteriza-se por ter a estrutura física e hidráulica semelhante em quatros blocos (A, C, D e E) diferenciando-se dos demais somente o bloco B, o que viabilizaria a implantação do projeto de forma homogênea. Na Figura 1 é mostrada a configuração dos banheiros do instituto, os mesmos contam com lavatórios e bacias sanitárias, além de mictórios nos banheiros masculinos.



Figura 1: Detalhes dos banheiros do campus ICET/UFAM: Entrada dos banheiros (A); lavatórios (B); configuração dos banheiros (C) e bacia sanitária (D)

No primeiro semestre de 2017, conforme apresentado na Tabela 2, o campus universitário do ICET dispunha de um quadro total de 2.682 pessoas, entre estes, discentes sem evasão, corpo docente (efetivo e substituto), técnicos administrativos e serviço terceirizado.

Tabela 2: Número total de pessoas no instituto.

Categoria	Quantidade
Discentes	2466
Docentes de carreira	108
Docentes Substitutos	17
Docente visitante	01
Técnicos Administrativos	46
Auxiliares de Serviços Gerais	18
Vigilantes	20
Copeira	01
Artífices	02
Motorista carteira B	01
Operário Rural	01
Roçador	01
Total	2682

Mediante a caracterização dos usos da água no Campus verificou-se que todas as atividades realizadas fazem uso de água de poço como observado na Tabela 3.

Tabela 3: Procedência do recurso hídrico conforme uso no campus

Atividades realizadas no Instituto	Procedência do Recurso Hídrico
Dessedentação (Bebedouros)	Água de poço
Limpeza dos corredores e sala de aula	Água de poço
Limpeza de pátios	Água de poço
Lavagem de louças	Água de poço
Jardinagem	Água de poço
Descargas de efluentes sanitários	Água de poço
Uso nos lavatórios (pias)	Água de poço

Como se pode observar a maioria das atividades realizadas no campus faz uso de água de poço, ou seja, utiliza um recurso que possui um grau de potabilidade ideal para usos nobres como o abastecimento humano, para usos que não necessitam de tal qualidade como os usos não nobres, entre eles a descarga de efluentes e a limpeza de pátios.

Partindo dessa problemática pensou-se inicialmente em algumas propostas para se minimizar o uso da água potável para fins não nobres que são realizados no Instituto, dentre os critérios adotados destacaram-se os critérios ambiental e econômico. O critério ambiental é relacionado ao uso de uma reserva técnica (água subterrânea de boa qualidade) a qual deve ser direcionada impreterivelmente para usos nobres. Com relação ao critério econômico ressalta-se a redução com os custos de energia referentes ao funcionamento da bomba destinada à captação das vazões empregadas nas demais atividades, uma vez que água utilizada no instituto é vinda da captação subterrânea sem custo com tarifa. Outro fator econômico é redução dos custos com produtos químicos utilizados na desinfecção dessa mesma água.

Sendo assim, a alternativa escolhida como proposta de estudo foi o reaproveitamento de águas cinza, oriundas das torneiras dos banheiros, para utilização nas descargas das bacias sanitárias, tendo como critério principal o aspecto ambiental.

Para elaboração da proposta do sistema de reúso foi necessário um levantamento do quantitativo de pias e bacias sanitárias conforme Tabela 4, o qual constatou que o número de bacias sanitárias é maior que o de pias, consequentemente com maior consumo de água potável.

Tabela 4: Levantamento de torneiras de lavatórios e bacias sanitárias existentes no campus ICET.

Equipamento	Bloco A	Bloco B	Bloco C	Bloco D	Bloco E	Total (un.)
Torneira de lavatório	15	4	9	15	15	58
Bacia sanitária com caixa de descarga elevada	19	8	12	19	17	75

Definida a proposta de sistema de reaproveitamento de água deste estudo, o passo seguinte foi a estimativa da vazão consumida nas pias dos lavatórios dos banheiros, para isso foi utilizado a Equação 1 da metodologia adotada por Marisnoski e Ghisi, (2008) ao quantificarem a vazão para um sistema de reaproveitamento de águas pluviais.

$$C_{\text{médio aparelho}} = f_i * t_i * Q \quad \text{equação (1)}$$

Onde:

C_{médio aparelho}: consumo médio diário de água per capita do aparelho (litros/dia/pessoa);

f_i: frequência diária de uso do aparelho (número de vezes/dia);

t_i: tempo diário de uso do aparelho (segundos/dia);

Q: vazão do aparelho (litros/segundo) igual a vazão de projeto das torneiras de lavatórios indicado na NBR 5.626/98.

No cálculo de consumo diário total de água nas torneiras dos lavatórios, considerou-se como usuário do sistema a população total que frequenta o campus, como mostrado na Equação 2 (MARISNOSKI E GHISI, 2008).

$$C_{\text{total aparelho}} = C_{\text{médio aparelho}} * P \quad \text{equação (2)}$$

Onde:

C_{total aparelho}: consumo total diário de água no aparelho sanitário;

P: número total de usuários que fazem uso sistema do sistema.

Em virtude do uso pretendido, reaproveitamento de água cinza em bacias sanitárias, a NBR 13.969/97 recomenda que seja realizado um tratamento aeróbio seguido de filtração e desinfecção, satisfazendo assim o

padrão de turbidez < 10 UNT (Unidades Nefelométricas de Turbidez) e de coliformes fecais < 500 NMP/100ml considerando requisitos como a vazão diária de contribuição.

Os estudos realizado por Oliveira *et al.* (2007) demonstraram que um filtro de múltiplas camadas (Figura 2) é suficiente para proporcionar a taxa de filtração que necessita o sistema de tratamento de água de reúso, uma vez que os agregados utilizados na constituição do filtro, areia, brita e em alguns casos carvão mineral, adsorvem os contaminantes contidos no efluente (ALLEN *et al.*, 2010), porém mesmo com uma boa filtração não se pode descartar a desinfecção do efluente após o meio filtrante (SILVA *et al.*, 2010). No sistema proposto o processo de desinfecção ocorreria em uma cisterna mediante a cloração com o uso de pastilhas de cloro, para posteriormente ser bombeado a um reservatório superior para distribuição e utilização não potável nas bacias sanitárias.



Figura 2: Filtro de múltiplas camadas utilizados para o tratamento de águas cinza destinadas ao reúso.
Fonte: Oliveira *et al.*, 2007.

RESULTADOS OBTIDOS

A vazão per capita nas torneiras das pias do banheiro foi obtida adaptando-se a metodologia de Marinoski e Ghisi, (2008), desconsiderando o número de amostra. Sendo assim para este estudo foram considerados os valores intermediários de frequência diária de uso e o de tempo diário de uso do aparelho citados pelo referido autor, descritos no Quadro 1 para os alunos e funcionários.

Quadro 1: Médias diárias de frequência e tempo de uso per capita da torneira

Características de utilização da torneira	Alunos	Alunas	Valor intermediário	Funcionários	Funcionárias	Valor intermediário
Frequência (vezes/dia)	2,53	3,05	2,78	3,75	4,24	3,99
Tempo (segundos/vez)	9,48	8,26	8,87	8,50	14,61	11,55

Fonte: Adaptado de Marinoski e Ghisi, 2008.

Para a vazão do aparelho considerou-se o valor descrito na NBR 5.626/98 de 0,15 l/s para torneiras de lavatório e utilizou-se a equação (01) para obter os valores de consumo médio das torneiras de 3,71 l/d para estudante e 6,91 l/d para funcionários, como mostrado no Quadro 2 abaixo.

Quadro 2: Consumo médio da torneira para alunos e funcionários

Utilização da torneira	Equação (01)	f_i (vezes/dia)	t_i (s/d)	Q (l/s)	Cmédio aparelho (l/d)
Alunos	$Cmédio\ aparelho = f_i * t_i * Q$	2,78	8,87	0,15	3,70
Funcionários	$Cmédio\ aparelho = f_i * t_i * Q$	3,99	11,55	0,15	6,91

Para o cálculo do consumo total diário de água nos lavatórios dos banheiros, foi utilizada a Equação 2 (MARINOSKI E GHISI, 2008) multiplicando o valor do consumo médio per capita calculados para alunos e funcionários da Equação 1 pela quantidade de alunos e funcionários do instituto, obtendo assim dois valores para o consumo total água, como descrito na Tabela 5.

Tabela 5: Consumo total nos lavatórios dos banheiros para alunos e funcionários resultando em um consumo total de água potável por dia.

Referência	Quantidade (Pessoas)	Consumo médio <i>per capita</i> no aparelho (l/d)	Consumo total de água nos aparelhos (l/d)
Alunos/Alunas	2.466	3,70	9.124,20
Funcionários/Funcionárias	216	6,91	1.492,56
Total	2.682		10.616,76

ANÁLISE E DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

Observando os valores obtidos de consumo total de água nos aparelhos, pode-se verificar um valor expressivo que é retirado diariamente de uma reserva técnica, neste caso um poço profundo, cuja finalidade deveria prezar pelos usos com necessidades de potabilidade. Dessa forma, evidencia-se a necessidade da adoção de sistemas de reúso de água pensando na manutenção das reservas estratégicas dos aquíferos subterrâneos, uma vez que os usos compreendem em grandes retiradas de volume de água por dia, mês e ano, como pôde ser observada no campus universitário.

A proposta do sistema consistiu da observação de um grande consumo de água potável nas torneiras dos lavatórios dos banheiros e nas descargas dos vasos sanitários no campus universitário ICET/UFAM. O estudo de caso realizado por Marinoski e Ghisi, (2008) na instituição de ensino de Florianópolis – SC demonstrou que a média de consumo de água em bacias sanitárias é de 28,01 litros/dia/pessoa, ressaltando que a água potável desperdiçada nas descargas sanitárias poderia ser economizada mediante a adoção de um sistema de reúso, amenizando na retirada de volumes diários de água do aquífero subterrâneo.

No presente estudo, foi observado que o consumo de água potável nas torneiras dos lavatórios no campus chega a 10.616,76 l/dia, demonstrando um grande consumo de água potável nos banheiros do campus universitário que poderia ser reutilizada. A solução encontrada para promover o uso sustentável da água, foi propor um sistema de reúso de água, que utilize as águas cinza oriundas das torneiras dos lavatórios dos banheiros para uso nas descargas dos efluentes sanitários, uma vez que, essa água efluente dos lavatórios possui um grande potencial de reutilização após passar por tratamento.

O sistema proposto segue de acordo com os requisitos normativos da NBR 13.969/1997 que descreve usos não potáveis de águas residuárias após o tratamento, portanto, as águas provenientes das torneiras dos lavatórios seriam captadas através de tubulações específicas e destinadas a um filtro de camadas múltiplas de pedregulho e areia, onde os poros do meio filtrante seriam os responsáveis por reter os sólidos sedimentáveis, promovendo um tratamento de remoção nas concentrações de nitrogênio amoniacal, nitrato, fosfato e coliformes fecais (OLIVEIRA *et al.*, 2007). Após passar pelo filtro as águas cinza seriam destinadas para uma cisterna onde passaria por um processo de cloração, para posteriormente ser bombeada até um reservatório superior exclusivamente para água não potável (Figura 3), sendo utilizadas para as descargas dos efluentes dos vasos sanitários.



Figura 3: Sistema proposto (Vista superior)

O sistema de tratamento para águas cinza é um processo simples, que contém os requisitos normativos para fins que não exigem o uso da água potável como é o caso das descargas de vasos sanitário, com isso, a instituição promoverá o uso racional da água, deixando de desperdiçar água potável procedentes de fontes subterrâneas, que é considerada uma reserva técnica estratégica de água doce no planeta e só deveria ser utilizada em casos de crise hídrica superficial.

De fato, se torna muito importante a adoção de sistemas de reúso de água, devido à viabilidade ambiental que este representa mediante a atual situação de escassez e degradação dos recursos hídricos qualitativamente. Dentre as vantagens ambientais que a adoção do sistema de reúso de águas cinza pode proporcionar, destacam-se a proteção do recurso hídrico devido à melhoria na gestão do mesmo.

CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

Os resultados obtidos pela quantificação da vazão nas torneiras dos lavatórios dos banheiros permitiram verificar que a implantação de um sistema de reúso de água cinza no campus, para uso nas bacias sanitárias, proporcionaria um grande ganho ambiental, uma vez que, a descarga dos efluentes sanitários é realizada atualmente com água de boa qualidade, oriunda de um poço contido nas dependências do campus. Tal ganho ambiental viabilizaria a melhor gestão dos recursos hídricos na conservação e manutenção das reservas técnicas, cumprindo dessa forma com os objetivos propostos pela Lei das Águas nº 9.433/97 de assegurar a atual e as futuras gerações a disponibilidade de água em padrões de quantidade e qualidade e promover a utilização da água de forma racional prevenindo-se contra eventos hidrológicos críticos.

Apesar do ganho ambiental já mencionado o sistema de reúso de água cinza se torna oneroso economicamente, em função dos gastos necessários para implantação e funcionamento do sistema, e devido à água consumida nas dependências do campus não ser tarifada. Apesar disso, ao considerar a água como um bem econômico os gastos acima são justificados, uma vez que, a água tem um grau de elevada importância na manutenção da vida. Dentre as possibilidades para tornar viável economicamente o sistema de reúso de água cinza pode-se mencionar o uso da desinfecção ultravioleta para substituir a compra de pastilha de cloro.

Diante do exposto se faz necessário que as instituições de ensino ponham em prática os conceitos de responsabilidade social, despertando a consciência ambiental na comunidade acadêmica e do entorno a que está inserida, agindo como um instrumento de transformação social pelo desenvolvimento ações diretas e concisas na conservação dos recursos hídricos.

Como sugestão para estudos futuros, propõe-se a discussão de outras possibilidades de sistema de aproveitamento ou reúso de água para fins não potáveis em instituições de ensino, a fim de se buscar por possibilidades que satisfaçam os critérios ambientais e econômicos, que venham acrescentar a este estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALLEN, L.; CHRISTIAN-SMITH, J.; PALANIAPPAN, M. *Overview of greywater reuse: the potential of greywater systems to aid sustainable water management*. Pacific Institute, v. 654, 2010.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5626. Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998.
3. _____. NBR 13969. Tanques sépticos: Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos: Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.
4. BRASIL. Casa Civil. Lei 9.433. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília: jan. 1997.
5. MARINOSKI, A. K.; GHISI, E. *Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis*. *Ambiente construído*, v. 8, n. 2, p. 67-84, 2008.
6. OLIVEIRA, L. H.; ILHA, M. S. O.; GONÇALVES, O. M.; YWASHIMA, L.; REIS, R. P. A. Levantamento do estado da arte: água. Projeto Finep, v. 2386, n. 4, 2007.
7. SILVA, W. M.; SOUZA, L. O.; REGO, L. H. A.; ANJOS, T. C. *Avaliação da reutilização de águas cinza em edificações*. *Construções verdes e sustentáveis*. 2010.
8. Viveiros, E. P. D., Miranda, M. G. D., Novaes, A. M. P., & Avelar, K. E. S. *For new environmental ethics*. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.20, n.3, p. 331-336, 2015.
9. Fasola, G. B., Ghisi, E., Marinoski, A. K., Borinelli, J. B., & Construïdo, A. Potencial de economia de água em duas escolas em Florianópolis, SC. 2011.
10. Barbosa, G. S. *O desafio do desenvolvimento sustentável*. *Revista Visões*, v.4, n.1, Nov. 2008.