



138 - PROPOSIÇÃO DE ALTERNATIVAS AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA EM BACIAS SANITÁRIAS DAS CENTRAIS DE AULAS DE UM CAMPUS UNIVERSITÁRIO

Lívia Maria Pinheiro da Cunha⁽¹⁾

Graduanda em Engenharia Civil, Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, campus Mossoró.

Emele Rádna Rodrigues do Vale⁽²⁾

Bacharel em Engenharia Civil, Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, campus Mossoró.

Antônio José Cruz de Araújo⁽³⁾

Graduando em Engenharia Civil, Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, campus Mossoró.

Maria Josicleide Felipe Guedes⁽⁴⁾

Professora Adjunta da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Centro de Engenharias, Departamento de Engenharia e Ciências Ambientais, Curso de Engenharia Civil, campus Mossoró.

Endereço⁽¹⁾: Av. Francisco Mota, 572 - Presidente Costa e Silva – Mossoró - RN - CEP: 59625-900 - Brasil - Tel: +55 (84) 3317-8200 - e-mail: liviapinheiro06@gmail.com.

RESUMO

A manutenção dos sistemas prediais de edifícios públicos, normalmente, é realizada por um pequeno número de pessoas. Nesses edifícios, os usuários, ordinariamente, não estão preocupados com o consumo de água, visto que eles não são os responsáveis diretos pelo pagamento desse insumo, ocorrendo um quadro difuso de desperdícios de água. Tendo em vista a relevância da conservação dos recursos hídricos, com a realização deste trabalho, objetivou-se propor alternativas ao desperdício de água em bacias sanitárias das centrais de aulas de uma universidade localizada no semiárido brasileiro, a Universidade Federal Rural do Semi-Árido, campus Mossoró-RN. Para tal, foi feita uma estimativa do consumo de água nas bacias sanitárias desses locais, bem como a verificação da existência de vazamentos nesses aparelhos, através do teste da caneta. Conjuntamente a isso, foi proposta uma alternativa de uso racional da água nesses aparelhos, a substituição dos reparos e válvulas de descarga de acionamento único por dispositivos de acionamento duplo. Ademais, foi estimado o investimento necessário para essa substituição, perfazendo o valor de R\$ 14.142,67. Os vazamentos totalizaram um desperdício de 92.895 L.mês⁻¹ e a possível adoção dos dispositivos poupadões de água mencionados geraria uma economia de 60% do consumo de água de bacias sanitárias.

PALAVRAS-CHAVE: Economia de água, edificações públicas, vazamentos.

1 INTRODUÇÃO

O vertiginoso crescimento das urbes, a majoração dos investimentos necessários para a construção de obras hidráulicas que atendam às demandas das cidades através de mananciais cada vez mais remotos, além dos diversos conflitos de uso existentes e que poderão ocorrer, têm instigado a adoção de ações que aspiram disciplinar o uso da água nos centros urbanos.

O Nordeste brasileiro desponta como uma região que, pela própria natureza, necessita de atenção especial referente à oferta de água, particularmente o Nordeste Setentrional (Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco), que possui 87,8% do seu território no semiárido. Nessa região, na maioria dos rios, para a possível garantia de oferta contínua de água, são utilizados reservatórios, já que os cursos d'água secam durante o período de estiagem (ANA, 2017).

Nesse contexto, surge a necessidade de um modelo de gestão hídrica que seja pautado no desenvolvimento e implementação de estratégias que influenciem a demanda, de modo a obter o uso eficiente e sustentável de um recurso escasso, promovendo a equidade social e preservação ambiental: o gerenciamento da demanda urbana de água (SAVENIJE; VAN DER ZAAG, 2002), já que o modelo descomedido de expansão da oferta demanda elevados custos econômicos, ambientais e sociais (HESPAÑOL, 2008).



Assim, enseja-se, principalmente dos órgãos públicos, a efetivação de ações que busquem a utilização dos recursos hídricos de modo tático. Todavia, na prática, isso pouco ocorre. Para Kalbusch et al. (2018), os edifícios públicos, normalmente, apresentam elevados índices de desperdícios de água quando comparados a espaços privados, uma vez que incentivos para manutenção dos equipamentos hidrossanitários praticamente inexistem, favorecendo a manifestação de vazamentos.

Nessa perspectiva, diante da crescente ameaça de esgotamento dos recursos hídricos, a ciência tem investido no desenvolvimento de alternativas para redução de consumo da água através de tecnologias poupadadoras. Convém ressaltar, que essas tecnologias não necessitam de adaptações estruturais complexas para serem implantadas (CARVALHO et al., 2013) e sua eficiência não depende do comportamento de conservação dos usuários (WILLIS et al., 2011). Destaca-se também, que os equipamentos poupadores de água produzem boa relação custo-benefício e geralmente apresentam resultados a curto prazo (CARVALHO et al., 2013).

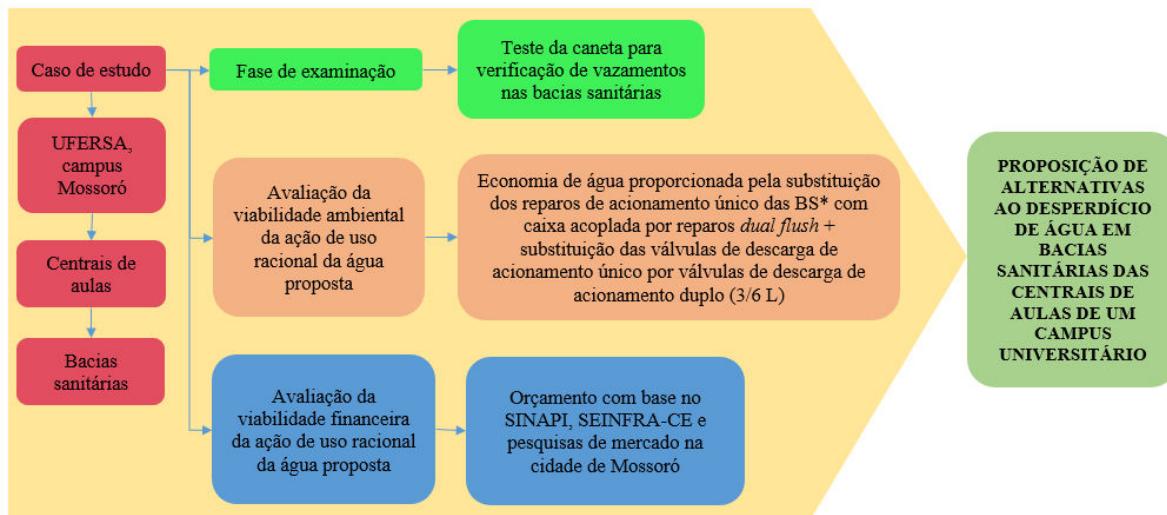
Diante desse contexto, uma instituição de ensino superior, localizada no semiárido brasileiro, foi selecionada para compor o caso de estudo desta pesquisa, a Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), campus Mossoró. E, com a realização deste trabalho, objetivou-se avaliar a condição de operação das bacias sanitárias das centrais de aulas da universidade, no que diz respeito a ocorrência de vazamentos nesses aparelhos, assim como avaliar a viabilidade ambiental e financeira da substituição dos dispositivos de acionamento convencionais das bacias sanitárias por dispositivos poupadadores, de acionamento duplo, propondo alternativas ao desperdício de água nesses aparelhos.

2 OBJETIVO

Avaliar o desperdício de água nas bacias sanitárias das centrais de aulas da UFERSA, campus Mossoró-RN, mediante a quantificação de vazamentos, bem como a proposição de alternativas de uso racional da água.

3 METODOLOGIA

Neste item é realizada uma breve descrição do município de Mossoró-RN. São apresentados, também, os espaços que balizaram o foco desta pesquisa: as centrais de aulas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, campus Mossoró. Em seguida, é contemplado o detalhamento do ensaio que possibilitou a verificação da existência de vazamentos nas bacias sanitárias desses locais: o teste da caneta. Sendo também, também, feita a apresentação da alternativa de uso racional da água proposta, no que tange a sua viabilidade ambiental e financeira (Figura 1).



*BS: Bacia sanitária.

*SINAPI: Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil.

*SEINFRA: Secretaria da infraestrutura.

Figura 1: Fluxograma da pesquisa.



3.1 CASO DE ESTUDO

A universidade objeto deste estudo situa-se em Mossoró, município do interior do Rio Grande do Norte, pertencente à Mesorregião Oeste Potiguar, distante 278 km da capital do estado, Natal-RN. Mossoró possui 2.099,3 km², sendo, em termos de extensão territorial, o maior município do estado. Segundo o Censo Demográfico de 2010, o município possuía nesse ano uma população de 259.815 habitantes, sendo o segundo município mais populoso do RN (IBGE, 2010). O clima é muito quente e semiárido, apresentando temperatura mínima, média e máxima anuais de, respectivamente: 21,0°C, 27,4°C e 36,0°C (IDEMA, 2008). Mossoró está em sua totalidade inserida no Polígono das Secas, região que carece de atenção especial referente à oferta de água.

A UFERSA, campus Mossoró, possui atualmente 21 cursos de graduação e 25 cursos de pós-graduação (UFERSA, 2018, 2014). Em 2005, a universidade contava com 4 cursos de graduação, 4 cursos de pós-graduação e aproximadamente 1.212 estudantes (PLS, 2013). No decorrer dos 13 anos seguintes e até então, a instituição cresceu, trazendo consideráveis melhorias para a região do semiárido. E, no semestre de 2018.2, possuía 5.921 alunos ativos nos cursos de graduação (UFERSA, 2018).

Este estudo foi realizado nas centrais de aulas da instituição, um total de 7 edificações. Esses locais foram escolhidos por serem frequentados por uma parcela significativa da população da universidade, resultando em um grande consumo de água.

Nas centrais de aulas da universidade, todas as bacias sanitárias possuem o sistema de descarga convencional, isto é, com acionamento único, seja por válvula de descarga ou caixa acoplada. Os modelos com válvula de descarga抗igos despejam cerca de 12 L de água para afastamento dos dejetos; enquanto as bacias sanitárias com caixa acoplada de acionamento único, despejam 6,8 L (DEBOITA; BACK, 2014), com volume nominal de 6 L (CAMPOS, 2007).

Normalmente as pessoas utilizam os banheiros da universidade apenas para urinar, desta forma, esse sistema convencional de descarga gera um desperdício considerável de água. E, um mecanismo poupadour de água que pode vir incorporado nas caixas acopladas é o dispositivo de acionamento duplo para bacia sanitária (*dual flush*), que possibilita dois tipos de acionamento da descarga de água na bacia. Esses dispositivos contêm dois botões: um deles, se acionado, resulta em uma descarga completa de 6 L, indicada para o arraste de dejetos sólidos. O outro resulta em um acionamento de meia descarga, geralmente 3 L, para limpeza de dejetos líquidos (PNCDA, 2003). O mecanismo de acionamento duplo também pode ser aplicado em válvulas de descarga, permitindo o acionamento do fluxo parcial ou total. Também é possível substituir o dispositivo de acionamento único das bacias sanitárias com caixa acoplada por dispositivo de acionamento duplo, através dos chamados reparos ou *kits* universais de duplo acionamento.

3.2 FASE DE EXAMINAÇÃO

3.2.1 TESTE DA CANETA

Para verificação da existência de vazamentos nas bacias sanitárias dos locais estudados, foi utilizado o teste da caneta. Um teste que deve ser efetuado, no mínimo, 30 minutos após o último uso da bacia sanitária, pois a água que normalmente fica retida na argola ou no tubo de alimentação pode escoar dentro desse intervalo de tempo e afetar os resultados do estudo, acusando um vazamento que não existe de fato (FUJIMOTO; NUNES; ILHA, 2002). Como as bacias sanitárias da universidade têm grande demanda de uso durante os dias da semana, o experimento foi realizado no final de semana, para que não interferência nos resultados da pesquisa.

Para a detecção de vazamentos não visíveis, procedeu-se o teste da caneta, que consiste em secar a parede do vaso sanitário e em seguida traçar uma linha percorrendo todo o perímetro desta, aproximadamente 0,03 m abaixo da borda (Figura 2), com uma caneta solúvel em água (FUJIMOTO; NUNES; ILHA, 2002). Na ocorrência de vazamentos, após o intervalo de pelo menos 5 minutos, há uma interrupção desta linha. Para o caso de vazamentos visíveis, foi feita uma análise visual das bacias sanitárias.



Figura 2: Teste da caneta realizado nas centrais de aulas da UFERSA.

Para o cálculo do desperdício de água decorrente dos vazamentos não visíveis nas bacias sanitárias foi utilizada a estimativa de Fujimoto, Nunes e Ilha (2002), onde prevê-se um desperdício de água de $60,5 \text{ L.dia}^{-1}$. Já para vazamentos visíveis, foi utilizada a estimativa de Gonçalves et al. (2005), para filetes visíveis, vazamento no tubo de alimentação da louça e válvula disparada, quando acionada, correspondendo os dois primeiros a um desperdício de 144 L.dia^{-1} e o último, a $40,8 \text{ L.dia}^{-1}$. Para cada tipo de vazamento foi feita a multiplicação do volume de água despendido pela quantidade de vazamentos de cada tipo encontrado.

3.3 AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE AMBIENTAL DA AÇÃO DE USO RACIONAL DA ÁGUA PROPOSTA

A UFERSA carece de sistema de micromedicação, desta forma, não há conhecimento do consumo de água nas edificações. Sendo assim, foi necessário realizar uma estimativa do consumo de água nas centrais de aulas, para posterior avaliação da viabilidade ambiental da ação de uso racional da água proposta, através da estimativa do índice de redução do consumo de água.

O levantamento de alunos que utilizam as centrais de aulas deu-se através do Sistema Integrado de Gestão de Atividades Acadêmicas (SIGAA) da instituição. Esse sistema tem uma opção de busca detalhada que pode ser filtrada de diversas maneiras. No estudo em questão, a busca foi filtrada de acordo com o local. Ao inserir a central de aulas desejada, o sistema disponibiliza as turmas que têm aulas ministradas no local investigado, com os nomes dos alunos matriculados em cada uma delas, através do processamento e reprocessamento da matrícula. Para cada central de aulas e horário (diurno, vespertino ou noturno) foi criado uma planilha, onde o processamento de cada turma foi disposto em seu respectivo horário. Assim, foi possível cindir, por gênero, os alunos que frequentam os locais estudados.

Como mencionado, além da avaliação do desperdício de água nas bacias sanitárias das centrais de aulas da UFERSA, mediante a quantificação de vazamentos detalhado no item 3.2.1, é proposta a substituição dos dispositivos de descarga das bacias sanitárias por modelos *dual flush*, como alternativa de uso racional da água. Essa alternativa foi simulada para todos os banheiros femininos das centrais de aulas e para os banheiros masculinos que não possuem mictórios. Vale destacar que essa substituição seria desnecessária nos banheiros que possuem mictórios, pois a utilização das bacias sanitárias, nesse caso, seria para afastar dejetos sólidos, que requer 6 L de água para o arraste eficiente das excretas. Sendo assim, para essas situações, os aparelhos hidrossanitários instalados na universidade são adequados para o afastamento de dejetos sólidos.

Como os banheiros masculinos das Centrais de Aulas I e II não possuem mictórios e a simulação da substituição das válvulas foi realizada apenas nos banheiros que não possuem esse equipamento, os usuários dos banheiros masculinos destas duas centrais de aulas foram levados em consideração para o cálculo do consumo de água nos banheiros onde se propõe a implantação do sistema *dual flush*. Para estimar o consumo de água das bacias sanitárias avaliadas neste estudo, foram instituídos 10 cenários de consumo de água. Os usuários que foram considerados no cálculo dos cenários são as mulheres que fazem uso de todas as centrais de aulas e os homens que utilizam as Centrais de Aulas I e II (edifícios que não possuem mictórios).

No primeiro cenário supõe-se que 10% dos usuários utilizam a bacia sanitária uma vez ao dia. No segundo cenário, supõe-se que 30% das pessoas utilizam o banheiro uma vez ao dia para fazer uso da bacia sanitária. No terceiro, quarto e quinto cenário, a porcentagem de utilização, uma vez ao dia, é de 50, 70 e 100%,



respectivamente. Nos cenários de 6 a 10 repetem-se as mesmas porcentagens dos cenários anteriores, mas com utilização das bacias duas vezes ao dia (Tabela 1).

Tabela 1: Cenários de consumo de água simulados.

Cenário	Percentual de uso da bacia sanitária
1º	10% uma vez ao dia
2º	30% uma vez ao dia
3º	50% uma vez ao dia
4º	70% uma vez ao dia
5º	100% uma vez ao dia
6º	10% duas vezes ao dia
7º	30% duas vezes ao dia
8º	50% duas vezes ao dia
9º	70% duas vezes ao dia
10º	100% duas vezes ao dia

Os cenários de consumo foram subdivididos em subcenários. Nos cenários gerais, calculou-se o consumo, para a porcentagem em questão (Tabela 1), dada a condição atual das descargas com sistema convencional. Nos subcenários, calculou-se o consumo de água gerado pela simulação da substituição desse modelo por descargas *dual flush*. Para cálculo dos subcenários, foi considerado que 10% dos usos das bacias sanitárias seriam para fins de afastamento de dejetos sólidos, independente da porcentagem definida no cenário. A economia de água gerada pela substituição da válvula convencional pela de duplo acionamento, em uma semana, será dada através da subtração dos resultados obtidos nos cenários e nos subcenários. Para facilitar a compreensão dos resultados alcançados nos cenários e subcenários, foram utilizadas as equações 1 a 6 e suas respectivas variáveis.

Nas equações 1 e 2 é possível obter quantas vezes o banheiro é utilizado dentro do cenário em questão e o volume de água consumido antes da substituição da válvula.

$$N_c = \%_n \cdot n \cdot 13.674 \quad \text{equação (1)}$$

$$V_c = N_c \cdot 6 \quad \text{equação (2)}$$

Onde:

N_c = número de usos das bacias do cenário;

$\%_n$ = porcentagem referente ao cenário em questão;

n = número de vezes que os usuários utilizam o banheiro;

13674 = número semanal de usuários;

V_c = volume de água consumida no cenário;

6 = referente ao volume despejado nas descargas convencionais.

Por meio da equação 3 obtém-se o número de usuários que utilizariam a descarga, após a substituição do sistema, para arraste de desejos sólidos, e a equação 4 fornece a quantidade de usuários que utilizaria a descarga para o outro fim.

$$N_{DS} = 10\% \cdot N_c \quad \text{equação (3)}$$

$$N_{DL} = N_c - N_{DS} \quad \text{equação (4)}$$

Onde:

N_{DS} = número de vezes que a descarga é acionada para limpeza de dejetos sólidos;

N_{DL} = número de vezes que a descarga é acionada para limpeza de dejetos líquidos.

Com as equações 5 e 6, obtém-se o volume de água consumido com a substituição da válvula e, consequentemente, a economia gerada por esta substituição.



$$V_s = N_{DS} \cdot 6 + N_{DL} \cdot 3$$

$$V_e = V_c - V_s$$

equação (5)
equação (6)

Onde:

V_s = volume de água consumido no subcenário;

V_e = volume de água economizada no cenário.

Além dos cenários listados na Tabela 1, que foram montados para obtenção do consumo de água apenas nas bacias sanitárias em que foram simuladas a substituição das válvulas, foi calculado também o consumo de água em todas as bacias sanitárias das centrais de aulas. Dessa maneira, é imprescindível que o volume de água despendido pelos homens que utilizam as bacias sanitárias das Centrais de Aulas III a VII (as que possuem mictórios), para excreção de dejetos sólidos, seja adicionado ao cálculo.

Da mesma forma que há alunos que utilizam o banheiro mais de uma vez ao dia, há também alunos que não fazem a utilização destes. Tendo posse deste conhecimento, foram criadas situações (Tabela 2) que mesclam os cenários dispostos na Tabela 1. Tomou-se como hipótese que 10% das pessoas utilizam o banheiro uma vez ao dia para excreção de dejetos sólidos. Dessa forma, esse percentual foi adicionado ao cálculo referente aos alunos do gênero masculino, que utilizam os banheiros das Centrais de Aulas III a VII.

Tabela 2: Situações de uso das bacias sanitárias.

Situação	Condições
I	Cenário 1 + Cenário 6 + 10% dos homens que utilizam as Centrais de Aulas III a VII
II	Cenário 2 + Cenário 6 + 10% dos homens que utilizam as Centrais de Aulas III a VII
III	Cenário 3 + Cenário 6 + 10% dos homens que utilizam as Centrais de Aulas III a VII
IV	Cenário 2 + Cenário 7 + 10% dos homens que utilizam as Centrais de Aulas III a VII
V	Cenário 3 + Cenário 7 + 10% dos homens que utilizam as Centrais de Aulas III a VII

3.4 AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE FINANCEIRA DA AÇÃO DE USO RACIONAL DA ÁGUA PROPOSTA

Os custos da substituição das válvulas de descarga e reparos de acionamento único das bacias sanitárias existentes nos locais estudados, inclusos todos os insumos, encargos sociais e BDI (Benefícios e Despesas Indiretas), foram estimados mediante à elaboração de uma planilha orçamentária com base no SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil), SEINFRA-CE (Secretaria de Infraestrutura do Ceará) e pesquisas de mercado na cidade de Mossoró.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As 7 centrais de aulas da instituição detêm 108 bacias sanitárias. O quantitativo de usuários que utilizam essas bacias, semanalmente, é apresentado na Tabela 3, dividido por central de aulas e gênero, totalizando 16.929 homens e 11.658 mulheres.



Tabela 3: Quantidades de alunos que frequentam as centrais de aulas semanalmente.

Central de Aulas	Quantidade de alunos	
	Homens	Mulheres
I	879	1.234
II	1.137	1.062
III	1.268	1.856
IV	2.156	2.051
V	4.715	2.037
VI	5.314	2.040
VII	1.460	1.378
Total	16.929	11.658

4.1 ECONOMIA DE ÁGUA GERADA PELA SIMULAÇÃO DA SUBSTITUIÇÃO DOS DISPOSITIVOS CONVENCIONAIS POR POUPADORES DE ÁGUA

Para obtenção dos resultados do cenário 1, aplicou-se o valor de 10% (percentual de pessoas que utilizam o banheiro para excreção de dejetos sólidos), na equação 1, obtendo um número de 1.368 usos semanais. O volume de água despejado por estes acionamentos, obtido através da equação 2, foi de 8.208 L. Por meio da equação 3 foi obtido o valor de 136 usos para remoção de excretas sólidas (2 botões), e aplicando esse valor na equação 4, sabe-se que as bacias foram utilizadas 1.232 vezes para excreção de dejetos líquidos (1 botão).

Para estimar o volume resultante do consumo gerado pelo subcenário da ativação de cada botão (3 ou 6 L) de forma adequada, fez-se uso da equação 5, que forneceu um valor de 4.512 L de água. Com isso, através da equação 6, calculou-se o volume de água que é economizado neste cenário. Os demais cenários foram calculados de maneira análoga e um resumo dos resultados obtidos encontra-se disposto na Tabela 4. A substituição da descarga convencional pelo sistema *dual flush* geraria, no cenário 1, uma economia semanal de 3.696 L de água, equivalente a 45% do consumo, proporcionando uma redução de 55% (Tabela 5).

Tabela 4: Resultados obtidos nos cenários.

Cenário	Equações					
	1 (usos)	2 (L)	3 (usos)	4 (usos)	5 (L)	6 (L)
1º	1.368	8.208	136	1.232	4.512	3.696
2º	4.103	24.618	410	3.693	13.539	11.079
3º	6.837	41.022	683	6.154	22.560	18.462
4º	9.572	57.432	957	8.615	31.587	25.845
5º	13.674	82.044	1.368	12.306	45.126	36.918
6º	2.736	16.410	274	2.462	7.383	9.027
7º	8.206	49.230	821	7.385	27.078	22.152
8º	13.674	82.044	1.368	12.306	45.126	36.918
9º	19.144	114.864	1.915	17.299	63.177	51.687
10º	27.348	164.088	2.735	24.613	90.246	73.842

Nota: 1 - número de usos das bacias do cenário, 2 - volume de água consumida no cenário, 3 - número de vezes que a descarga é acionada para limpeza de dejetos sólidos, 4 - número de vezes que a descarga é acionada para limpeza de dejetos líquido, 5 - volume de água consumido no subcenário, 6 - volume de água economizada no cenário.

O cálculo dos demais cenários foi realizado de maneira análoga, conforme as condições de contorno apresentadas na Tabela 1. Após a realização das simulações, foi possível determinar a economia semanal, mensal e anual, para cada cenário, dada pela substituição dos dispositivos de descarga, dispostos na Tabela 5.



Tabela 5: Economia de água gerada a partir da substituição da válvula.

Percentual de uso	Usos por dia	Cenário	Economia gerada (L)			δ_r (%)
			Semanalmente	Mensalmente	Anualmente	
10%	1	1º	3.696	15.841	190.093	55
	2	6º	7.383	31.644	379.722	55
30%	1	2º	11.079	47.485	569.815	55
	2	7º	22.152	94.943	1.139.322	55
50%	1	3º	18.469	79.158	949.898	55
	2	8º	36.918	158.231	1.898.767	55
70%	1	4º	25.846	110.776	1.329.311	55
	2	9º	63.177	270.777	3.249.319	55
100%	1	5º	36.918	158.231	1.898.767	55
	2	10º	90.246	386.794	4.641.532	55

Nota: δ_r representa o fator de redução de consumo

Somando os homens que utilizam os banheiros das Centrais de Aulas III a VII, dispostos na Tabela 3, tem-se o valor 1.492 pessoas, que perfazem 1.492 usos semanais, despejando 6 L de água por acionamento. Tendo posse deste resultado, calculou-se o volume de água despendido pelas bacias sanitárias em todas as centrais de aulas da UFERSA, realizada ou não a implantação do sistema *dual flush* (Tabela 6).

Tabela 6: Quantidade de água consumida pelas descargas com sistema *dual flush*.

Situação	Condições	Volume de água despendido semanalmente (L)		δ_r (%)
		Sistema <i>dual flush</i>	Sistema convencional	
I	Cenário 1 + Cenário 6 + 10% dos homens que usam as Centrais III a VII	20.031	33.570	60
II	Cenário 2 + Cenário 6 + 10% dos homens que usam as Centrais III a VII	27.414	49.974	55
III	Cenário 3 + Cenário 6 + 10% dos homens que usam as Centrais III a VII	34.804	66.384	52
IV	Cenário 2 + Cenário 7 + 10% dos homens que usam as Centrais III a VII	42.183	82.794	51
V	Cenário 3 + Cenário 7 + 10% dos homens que usam as Centrais III a VII	49.573	99.204	50

Nota: δ_r representa o fator de redução de consumo

Analizando a Tabela 6, observa-se que, independente do cenário, a redução de consumo é a mesma, pois o fator de redução mantém-se inalterado em todos os cenários, ou seja, tratando-se somente das bacias que terão sua válvula substituída, o impacto da redução do consumo de água, por bacia sanitária, é de 55%. Estendendo o cenário a todos os alunos que utilizam as centrais de aulas, a redução do consumo de água varia de acordo com o uso. Perfazendo uma redução de 50% num cenário mais pessimista e de 60% num cenário mais otimista. Um estudo semelhante foi realizado por Soares (2012) na Universidade Federal de Campina Grande-PB, onde a simulação da troca das bacias sanitárias convencionais por modelos *dual flush* (3/6 L) implicaria numa redução de 50% no consumo de água, um resultado bem próximo do apresentado neste estudo.



4.2 DESPERDÍCIO DECORRENTE DE VAZAMENTOS

Ao analisar as 108 bacias sanitárias, dos banheiros femininos e masculinos das Centrais de Aulas I a VII, não foram detectados vazamentos provenientes da válvula ao ser acionada. No entanto 33% das bacias apresentaram vazamentos, sendo 10 de filetes visíveis, 25 de filetes não visíveis e 1 vazamento no tubo de alimentação (Tabela 7).

Tabela 7: Tipos de vazamentos verificados por central de aulas.

Central de Aulas	Tipos de vazamentos		
	Filetes visíveis	Filetes não visíveis	Vazamento no tubo de alimentação
I	3	-	-
II	1	2	-
III	-	3	-
IV	1	5	-
V	3	2	-
VI	2	5	1
VII	-	8	-
Total	10	25	1

No caso dos filetes visíveis, ao tentar riscar a parede da bacia, o bico da caneta molhava e impossibilitava que se completasse o perímetro do risco (Figura 3).

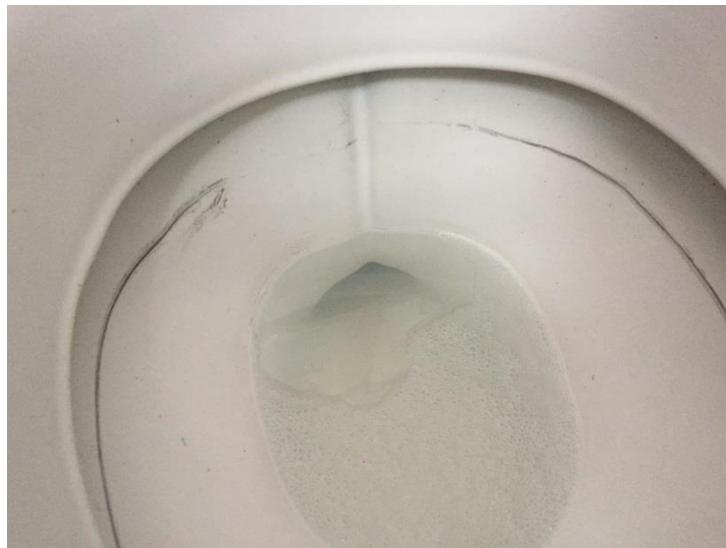


Figura 3: Detecção de vazamentos visíveis.

No que diz respeito à economia de água gerada com o reparo dos vazamentos detectados nas bacias sanitárias das centrais de aulas, foi observado que, com seu reparo, haveria economia de $92.895 \text{ L.mês}^{-1}$ (Tabela 8). Para a condição atual das bacias das centrais de aulas da UFERSA, na qual o sistema de descarga ainda é o convencional, gerando uma economia significativa. Para uma situação pessimista, como a situação V (Tabela 4), a água economizada supriria 21,85% do volume demandado pelas bacias. Já em um quadro intermediário (situação III da Tabela 4), a água poupada com a correção dos vazamentos corresponderia a 32,65% do volume despejado pelas bacias sanitárias.



Tabela 8: Volume desperdiçado pelos vazamentos.

Central de Aulas	Volume de água (L)		
	Diariamente	Semanalmente	Mensalmente
I	432,0	3.024,0	12.960,0
II	265,0	1.855,0	7.950,0
III	181,5	1.270,5	5.445,0
IV	446,5	3.125,5	13.395,0
V	553,0	3.871,0	16.590,0
VI	734,5	5.141,5	22.035,0
VII	484,0	3.388,0	14.520,0
Total	3.096,5	21.675,5	92.895,0

Para o caso de substituição do sistema de descargas pelo modelo *dual flush*, utilizando-se da situação mais pessimista de consumo (situação V da Tabela 6), o volume de água economizado com o reparo dos vazamentos supriria 43,73% da água demandada pelos alunos que utilizam as centrais de aulas da universidade. Apropriando-se de uma situação intermediária (situação III da Tabela 6), a quantidade de água desperdiçada mensalmente pelos vazamentos das bacias sanitárias supriria 62,28% do consumo mensal das descargas das centrais de aulas.

Em um estudo realizado por Botasso, Loureiro e Dias (2014), verificou-se que os alunos da UFBA consomem 30 L.dia⁻¹ de água. Apropriando-se desse consumo *per capita* para a UFERSA e sabendo que 2.113 alunos utilizam a Central de Aulas I semanalmente, por exemplo, isso resultaria em um consumo de 63.390 L.semana⁻¹. Dessa forma, a correção dos vazamentos das bacias sanitárias, na universidade contemplada neste estudo, supriria 34,19% da água utilizada pelos alunos da central de aulas mencionada.

Remetendo novamente aos cenários (Tabela 1) e às situações III e V (Tabela 6), pode-se obter o impacto gerado pela correção dos vazamentos unido à substituição das válvulas. Para a situação III, o gasto de água atualmente é de 66.384 L semanais, a substituição da válvula de descarga pelo sistema *dual flush* geraria economia de 31.580 L, que somado aos 21.675,5 L economizados pela correção dos vazamentos, equivale a uma redução de 60% do consumo. Já trabalhando a situação V, na qual o consumo é de 99.204 L.semana⁻¹, a economia de 49.631 L gerada pela substituição do sistema de descarga somada ao volume poupança pelo reparo dos vazamentos, corresponde a uma diminuição de 59% do consumo atual de água dos banheiros das centrais de aulas da UFERSA.

A eliminação dos vazamentos vinculada à adoção de dispositivos poupadore de água possibilitaria uma redução significativa no consumo de água das centrais de aulas da universidade estudada. Entretanto, enquanto que em ambientes privados o uso exacerbado da água ou um vazamento é diretamente espelhado num aumento do valor da fatura de água, impactando, por conseguinte, o usuário, nos edifícios públicos a maioria dos usuários não comprehende a importância da adoção de medidas relacionadas a conservação. Esse fato pode ser comprovado em diversas pesquisas em âmbito semelhante ao desta, a saber, Gonçalves et al. (2005) estudaram aspectos relativos a vazamentos em edificações escolares públicas localizadas na cidade de Campinas-SP. Os autores estimaram que o volume perdido decorrente de vazamentos nos pontos de consumo chegou a 70% em uma escola de ensino fundamental e 40% em uma escola de educação infantil, reforçando a ideia de inobservância da conservação dos recursos hídricos em edifícios públicos.

4.3 INVESTIMENTO NECESSÁRIO PARA SUBSTITUIÇÃO DOS DISPOSITIVOS CONVENCIONAIS POR POUPADORES DE ÁGUA

O investimento necessário para substituição das válvulas de descarga e reparos de acionamento único foi orçado, conforme a planilha orçamentária apresentada na Tabela 9. A planilha orçamentária foi baseada em composições de custos unitários, englobando os custos dos dispositivos hidrossanitários, mão de obra com encargos sociais e BDI de 12,70%, o mesmo valor considerado pela empresa contratada pela UFERSA para realização de serviços hidráulicos e elétricos.



Tabela 9: Planilha orçamentária de proposta de uso racional da água em bacias sanitárias das centrais de aulas da UFERSA.

Item	Descrição dos serviços	Unidade	Quantidade	Preço	
				Unitário (R\$)	Total (R\$)
1.1	Reparo completo de acionamento duplo para caixa acoplada	und	65,00	147,21	9.568,65
1.2	Válvula de descarga com acionamento duplo	und	16,00	285,86	4.574,76
		TOTAL GERAL (R\$)		14.142,41	

O investimento necessário para a adoção de todos os dispositivos poupadore para as bacias sanitárias é baixo (R\$14.142,41) se comparado aos possíveis ganhos ambientais decorrentes da ação (redução de 45% do consumo de água das bacias sanitárias). Indicando assim, que esta é uma solução aprazível de ser aplicada, ainda mais se a essa for vinculada a correção dos vazamentos existentes.

5 CONCLUSÃO

Existe um potencial significativo de economia água gerado tanto pela correção de vazamentos quanto pela substituição das válvulas de descarga convencionais por modelo *dual flush* nas bacias sanitárias das centrais de aulas da Universidade Federal Rural do Semi-árido. No que diz respeito ao consumo, a substituição do sistema gera uma redução de 45% da água despendida nas bacias em que foi simulada a troca. Contudo em cenários mais dinâmicos, que levam em consideração o consumo de todas as bacias sanitárias, a redução varia entre 50% num cenário mais pessimista e 60% num cenário mais otimista. Com relação aos vazamentos, mesmo em seu cenário mais pessimista, fica constatado que cerca de 60% do consumo das bacias sanitárias, após a implantação do sistema *dual flush*, poderia ser suprido apenas com a correção desses vazamentos.

Evidencia-se o grande potencial de redução de consumo hídrico que poderia ser praticado pela universidade, sendo o reparo de vazamentos e a troca das válvulas e reparos de descarga fáceis de executar. Além disso, salienta-se a necessidade da adoção de outras alternativas que estimulem o uso racional da água no campus, a exemplo da instalação de hidrômetros nas edificações e campanhas educativas. Ressalta-se que, apesar da universidade não pagar diretamente pelo consumo de água, é imprescindível que a instituição adote práticas sustentáveis, tanto para fins de economia direta, quanto para incentivo dos discentes a adotar a mesma postura.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANA – Agência Nacional de Águas (Brasil). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017: relatório pleno. Brasília, 2017. Disponível em: <http://www3.ana.gov.br/>. Acesso em: 10 de dezembro de 2018.
2. BOTASSO, A. M.; LOUREIRO, E. M. M.; DIAS, P. C.; Gestão da água na área I do Campus São Carlos – USP: Relatório final. SHS 0382 – Sustentabilidade e gestão ambiental. USP – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2014.
3. CAMPOS, F. C. A. Economia de água em edifícios: avaliação da economia de água através da utilização de válvulas de descarga com dispositivo limitador de fluxo. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo. 2007.
4. CARVALHO, I. de C.; CALIJURI, M. L.; ASSEMANY, P. P.; SILVA, M. D. F. M. e; MOREIRA NETO, R. F.; SANTIAGO, A. da F.; SOUZA, M. H. B. de. *Sustainable airport environments: A review of water conservation practices in airports. Resources, Conservation and Recycling* 74, p. 27-36. 2013.
5. DEBOITA, M.; BACK, N. Consumo de água em bacias sanitárias com a utilização de descarga de duplo acionamento: estudo de viabilidade econômica. UNESC: Universidade do Extremo Sul Catarinense, Santa Catarina. 2014.
6. FUJIMOTO, R. K.; NUNES, S. S.; ILHA M. S. O. Análise dos testes de detecção de vazamentos em bacias sanitárias. *IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*. Foz do Iguaçu – PR. Maio 2002.
7. GONÇALVES, O. M.; ILHA, M. S. O.; AMORIM, S. V. de; PEDROSO, L. P. Indicadores de uso racional da água para escolas de ensino fundamental e médio. *Ambiente Construído*, v. 5, n. 3, p. 35-48. 2005.



8. HESPAÑOL, I. Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos. *Estudos Avançados* 22 (63). p. 131-158. 2008.
9. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico. 2010. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 12 de janeiro de 2019.
10. IDEMA – Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte. Perfil do seu município. 2008. Disponível em: www.idema.rn.gov.br. Acesso em: 12 de janeiro de 2019.
11. KALBUSCH, A.; GONÇALVES, F.; CUREAU, R. J.; DEFAVERI, D.; RAMOS, D. A. Avaliação das condições de operação de equipamentos hidrossanitários em edificações públicas. *Ambiente Construído*, v. 18, n. 1, Porto Alegre. 2018.
12. PLS. Plano de Gestão de Logística Sustentável da UFERSA. Mossoró. 2013.
13. PNCDA. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. DTA F2: Produtos economizadores nos sistemas prediais. Brasília. 2003.
14. SAVENIJIE, H.; VAN DER ZAAG, P. *Water as an Economic Good and Demand Management – Paradigms with Pitfalls*. *Water International*, 27 (1), p. 98-104. 2002.
15. SOARES, A. L. F. Gerenciamento da demanda de água em ambientes de uso público: o caso da Universidade Federal de Campina Grande. 2012. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental) – UFCG. Campina Grande, 2012.
16. UFERSA – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Cursos de graduação. 2014. Disponível em: <https://ufersa.edu.br/cursosgraduacao/>. Acesso em: 12 de janeiro de 2019.
17. UFERSA – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Cursos de pós-graduação. 2018. Disponível em: <https://ufersa.edu.br/cursospesograduacao/>. Acesso em: 12 de janeiro de 2019.
18. WILLIS, R. M.; STEWART, R. A.; PANUWATWANICH, K.; WILIAMS, P. R.; HOLLINGSWORTH, A. *Quantifying the influence of environmental and water conservation attitudes on household end use water consumption*. *Journal of Environmental Management*, 92, p. 1996-2009. 2011.