

REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

SUBSÍDIOS PARA ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE GERENCIAMENTO DA DEMANDA DE ÁGUA EM CENTRAIS DE AULAS DE CAMPUS UNIVERSITÁRIO

* Êmele Rádna Rodrigues do Vale ¹
Maria Josicleide Felipe Guedes ²

SUBSIDIES FOR THE DEVELOPMENT OF A WATER DEMAND MANAGEMENT PLAN IN UNIVERSITY CAMPUS CLASSROOMS

Recibido el 26 de enero de 2022. Aceptado el 15 de abril de 2022

Abstract

The elaboration of a water demand management (WDM) plan requires the execution of a series of activities, including: diagnosis of the situation, establishment of objectives, goals and deadlines. Through this study, the objective was to provide subsidies for the preparation of a WDM plan in the classrooms of the Federal Rural of the Semi-Arid University. Contributions to the preparation of the plan were organized with the help of a management tool. This was based on the stages of survey and characterization of the hydrosanitary devices installed in the studied places, in the consultation with specialists, in the verification of costs for the implementation of the suggested actions and in the GUT matrix (severity, urgency and tendency) of prioritizing actions. Finally, the environmental feasibility of the proposed actions was analyzed. There was a possibility of a reduction in water consumption of up to 31.84%, provided by the adoption of technological alternatives and correction of leaks.

Keywords: saving sanitary appliances, universities, water rational use.

¹ Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, Brasil.

² Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Rio Grande do Norte, Brasil.

* *Autor correspondente:* Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. Praça Miguel Faustino, S/N, Centro, CEP: 59610-220, Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil. Email: emeleradna@gmail.com; emeleradna@uern.br

Resumo

A elaboração de um plano de gerenciamento da demanda de água (GDA) requer a execução de uma série de atividades, englobando: diagnóstico da situação, estabelecimento de objetivos, metas e prazos. Por meio deste estudo, objetivou-se fornecer subsídios para elaboração de um plano de GDA nas centrais de aulas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido. As contribuições para elaboração do plano foram organizadas com o auxílio de uma ferramenta de gestão. Essa foi alicerçada nas etapas de levantamento e caracterização dos aparelhos hidrossanitários instalados nos locais estudados, na consulta a especialistas, na verificação dos custos para implantação das ações sugeridas e na matriz GUT (gravidade, urgência e tendência) de priorização de ações. Por fim, foi analisada a viabilidade ambiental das ações propostas. Verificou-se a possibilidade de redução no consumo de água de até 31.84%, proporcionada pela adoção de alternativas tecnológicas e correção de vazamentos.

Palavras-chave: aparelhos hidrossanitários poupadores, universidades, uso racional da água.

Introdução

A implementação de programas de gerenciamento da demanda de água (GDA) é uma ferramenta de combate ou prevenção de crises, sendo uma alternativa economicamente viável se comparada à expansão da infraestrutura hídrica para equilíbrio entre a oferta e a demanda (Hoffman e Plessis, 2013). Nesse sentido, as estratégias de GDA englobam: i) medidas estruturais: nas quais há intervenção na estrutura física, como instalação de aparelhos hidrossanitários poupadores de água, correção de vazamentos, medição individualizada em edifícios e melhor operação em redes de distribuição e ii) medidas não-estruturais: em que não há envolvimento direto da estrutura física de abastecimento hídrico, como programas educacionais para promover eficiência no uso da água e legislações que induzam o uso racional desse recurso (Xiao *et al.*, 2018).

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 (ANA, 2017). Nesse contexto, faz-se necessária a adoção de medidas de planejamento e gestão dos recursos hídricos, visando atender a demanda da população de forma contínua. Assim, enseja-se, principalmente dos órgãos públicos, a efetivação de ações que busquem a utilização dos recursos hídricos de modo estratégico, através do gerenciamento da demanda de água, por meio de medidas tecnológicas, econômico-financeiras e sócio-políticas (Sharma e Vairavamoorthy, 2009).

As Instituições de Ensino Superior (IES), em particular, por serem ambientes que difundem o conhecimento, e muitas por serem gratuitas e públicas, devem direcionar seus recursos de modo a atender suas responsabilidades social e ambiental, buscando a conservação dos recursos hídricos, seja por meio de campanhas socioeducativas ou através de intervenções nas instalações hidráulicas. Nesta conjuntura, por meio deste estudo, foram fornecidos subsídios para elaboração de um plano de gerenciamento da demanda de água nas centrais de aulas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido

(UFERSA), localizada no município de Mossoró-RN. Ressalta-se que este estudo se limitou à análise e recomendação de ações tecnológicas de GDA. Embora esta pesquisa tenha sido desenvolvida em uma universidade em Mossoró-RN, as diretrizes propostas poderão ser aplicadas a outras IES.

Metodologia

Este estudo foi desenvolvido por meio de pesquisa descritiva qualiquantitativa, a partir de levantamentos junto a profissionais da Superintendência de Infraestrutura e discentes da UFERSA. O método de pesquisa e a técnica de coleta de dados pautaram-se na aplicação de questionários para estimar o padrão de consumo de água nos ambientes e priorizar as ações do plano de gerenciamento hídrico proposto. O levantamento e caracterização dos aparelhos hidrossanitários foram feitos por meio de visitas *in loco*.

Identificação e caracterização do caso de estudo

A universidade objeto deste estudo situa-se em Mossoró, município do Rio Grande do Norte, distante 278 km da capital do estado, Natal-RN. Esse município possui uma população de 259,815 habitantes, sendo o segundo mais populoso do RN (IBGE, 2010). O seu clima é muito quente e semiárido, apresentando temperatura mínima, média e máxima anuais de, respectivamente: 21, 27 e 36°C (IDEMA, 2008).

O município de Mossoró destaca-se por ser o polo estudantil do Oeste Potiguar, onde localiza-se o campus Central da Universidade Federal do Semi-Árido (UFERSA), que possui atualmente 21 cursos de graduação e 25 cursos de pós-graduação (UFERSA, 2018; 2014). Na Figura 1 são apresentadas as etapas metodológicas da pesquisa, que serão detalhadas nos itens seguintes.

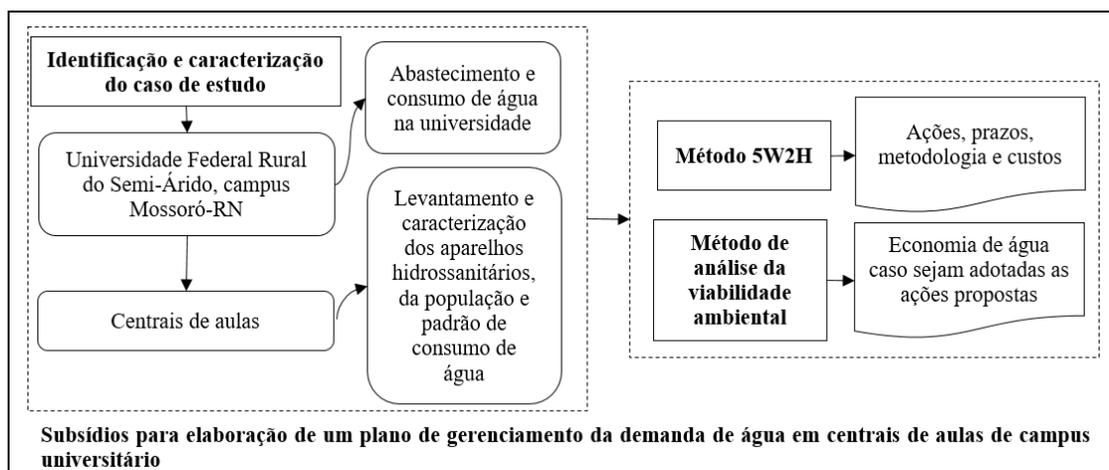


Figura 1. Fluxograma da pesquisa.

Abastecimento e consumo de água na universidade

Atualmente, a água utilizada na UFERSA, campus Mossoró, provém do sistema público de responsabilidade da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN), cujo abastecimento tem uma relação direta com o Termo de Cooperação nº 02/2009, celebrado entre as duas instituições. Constituiu-se como uma das obrigações da universidade, a contratação e o pagamento de despesas com a perfuração de um poço no terreno da instituição, com um valor total de R\$ 1,444,000.00. Esse poço é utilizado para prover água para universidade e parte de Mossoró. Já a CAERN tem como obrigação a garantia de abastecimento de água com vazão contínua de 30 m³/h para a UFERSA durante um período de 20 anos, a partir de 2009.

No que concerne ao consumo de água da universidade, as informações utilizadas nesta pesquisa foram estimativas, uma vez que a UFERSA não contava com medição total ou individualizada de consumo hídrico. Por meio do Plano de Gestão Logística Sustentável (PLS) da universidade, é apresentada uma estimativa do consumo total de 17,306 m³/mês (PLS, 2013).

No presente, a nova rede de abastecimento de água da UFERSA possui sistema de medição individualizada de consumo, possibilitando a determinação precisa do consumo hídrico. Todavia, em decorrência da suspensão das aulas devido à pandemia da COVID-19, a medição foi realizada uma única vez, contabilizando o consumo acumulado entre o segundo semestre de 2019 até fevereiro de 2021 (Alves, 2021).

Levantamento e caracterização dos aparelhos hidrossanitários

Foram realizados a partir de inspeções *in loco* nas 8 centrais de aulas do campus Mossoró: Prédio Central e Centrais de Aulas 1 a 7, sendo identificados: as particularidades dos aparelhos, quantitativos, informações como tipologia e condições de operação.

Levantamento da população e padrão de consumo de água

A população que frequenta as centrais de aulas é composta, principalmente, por alunos dos cursos de graduação. Por meio de dados fornecidos pelo Sistema Integrado de Gestão de Atividades Acadêmicas (SIGAA) da UFERSA, a universidade constava com 5,921 alunos ativos no semestre 2018.2, dos 21 cursos de graduação.

Para caracterizar o padrão de uso da água nas centrais de aulas foi necessário levantar as particularidades dos aparelhos utilizados e a frequência com que eles são utilizados, através da aplicação de questionário aos usuários. Os questionamentos realizados foram referentes à frequência e o tempo médio de uso dos aparelhos hidrossanitários. A amostra de usuários que deveriam responder ao questionário foi definida estatisticamente, considerando o número total de 5,921 alunos ativos e o erro amostral desejado de 5%.

Método 5W2H

Para organizar os procedimentos sugeridos neste estudo foi utilizado o método 5W2H, uma ferramenta prática, em formato de *checklist*, que facilita a detecção de dados e rotinas de um projeto. A terminologia 5W2H é uma abreviatura de 7 termos da língua inglesa que embasam o método (*what* – o que?, *who* – quem?, *where?* – onde?, *when?* – quando?, *how?* – como? e *how much?* – quanto?), conforme Tabela 1.

Tabela 1. Método de elaboração do *checklist* 5W2H.

| <i>What?</i> Ação | <i>Why?</i> Motivo | <i>Who?</i> Responsável | <i>Where?</i> Local | <i>How?</i> Metodologia | <i>When?</i> Prazo | <i>How much?</i> Valor |
|---|-----------------------|----------------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| Definidos por meio de revisão bibliográfica, consulta a funcionários da universidade e visitas às edificações | | | | | Matriz GUT ¹ | Planilha orçamentária ² |

¹ Gravidade, Urgência e Tendência (GUT). ² Com base no Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), Secretaria da Infraestrutura do Ceará (SEINFRA-CE) e composições de custos unitários, através de pesquisas de mercado na cidade de Mossoró.

Para a definição dos prazos das ações a serem tomadas foi utilizada a matriz GUT (Gravidade, Urgência e Tendência), proposta por Kepner e Tregoe (1981), que é uma ferramenta de qualidade aplicada para definição das prioridades dadas às diversas alternativas de ação. Esse método utiliza a listagem das ocorrências e atribui pesos (de 1 – sem gravidade a 5 – extremamente grave) aos que são considerados problemas ou ações, de forma a analisá-los no âmbito de sua gravidade, urgência e tendência. Neste estudo foram considerados o ponto de vista de funcionários da Superintendência de Infraestrutura da UFERSA (engenheiros ambientais e civis dos setores de gestão ambiental, projetos e obras e manutenção e serviços).

Após a classificação dos problemas, os valores devem ser multiplicados ($G \times U \times T$) e organizados em ordem decrescente, estabelecendo as ações prioritárias. De acordo com a pontuação $G \times U \times T$, as metas para implantação das ações assinaladas foram definidas em curto (1 a 3 meses), médio (3 meses a 1 ano) e longo (1 a 2 anos) prazo.

Método de análise da viabilidade ambiental

Foi realizada com base na estimativa de redução do consumo de água possibilitada pela adoção das medidas de GDA. Para tal, foi utilizada uma adaptação da metodologia proposta por Guedes *et al.* (2014). Para a estimativa da viabilidade ambiental, inicialmente, é necessário conhecer a distribuição do consumo de água no local estudado. Dessa forma, foi apresentado, primeiro, o método utilizado para o cálculo da distribuição do consumo de água nas centrais de aulas e, posteriormente, a análise da viabilidade ambiental.

Cálculo da distribuição do consumo de água

Etapa 1: consumo médio de água por uso dos aparelhos hidrossanitários

O cálculo do consumo médio de água por uso de um aparelho hidrossanitário i faz-se necessário porque nos banheiros das centrais de aulas existem diferentes tipos de aparelhos, implicando em diferentes consumos por utilização destes. Assim, como não é possível estimar a porcentagem de usuários que irá utilizar as bacias sanitárias com válvula de descarga e a que irá utilizar as bacias sanitárias com caixa acoplada, por exemplo, foi feita uma média ponderada dos consumos por uso de cada tipo de aparelho, levando em consideração o número de aparelhos existentes de cada tipo. Dessa forma, para o cálculo do consumo médio por uso do aparelho hidrossanitário i foi utilizada a Equação 1:

$$CMU_i = \frac{\sum_{k=1}^n (nk \cdot C_{uso\ k})}{\sum_{k=1}^n nk} \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

CMU_{*i*}: consumo médio de água por uso do aparelho hidrossanitário i [L/uso]; nk: número de aparelhos hidrossanitários i do tipo k [adimensional]; C_{uso *k*}: consumo de água por uso do aparelho hidrossanitário i do tipo k [L/uso].

O número de aparelhos hidrossanitários i do tipo k (nk) foi obtido na fase de levantamento e caracterização dos aparelhos hidrossanitários. Os consumos de água por uso do aparelho hidrossanitário i do tipo k (C_{uso *k*}), utilizados neste estudo, e as devidas apreciações, são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Valores adotados de consumos por uso dos aparelhos hidrossanitários

| Aparelhos hidrossanitários | Tipos k de aparelhos hidrossanitários | | Consumo por uso (C _{uso <i>k</i>}) |
|----------------------------|---|--|--|
| | | | [L/uso] |
| Bacia sanitária | válvula de descarga | | 10.20 ¹ |
| | válvula de descarga - acionamento duplo | | 4.08 ² |
| | caixa acoplada - acionamento de 6 L | | 6.00 |
| | caixa acoplada - acionamento duplo (3 e 6 L) | | 3.96 ³ |
| Torneira | convencional | | 1.04 ⁴ |
| | hidromecânica (fechamento automático) | | 0.70 ⁵ |
| Mictório | convencional | | 1.58 ⁶ |
| | hidromecânico | | 1.05 ⁷ |
| Chuveiro | sem restritor de vazão | | 93.25 ⁸ |
| | com restritor de vazão de 8 L.min ⁻¹ | | 65.26 ⁹ |

¹Para vazão de 1.7 L/s (vazão de projeto da NBR 5626:1998) com a válvula acionada por 6 s. ²Para uma redução média de 60% do consumo de água em relação ao modelo convencional (informação fornecida pelos fabricantes). ³Para uma redução média de 34% do consumo de água em relação ao modelo convencional (informação fornecida pelos fabricantes). ⁴Para um consumo médio de 48% a mais que a torneira hidromecânica (informação fornecida pelos fabricantes). ⁵Para vazão de 0.05 L/s (informação extraída da curva de vazão do fabricante para uma pressão estática de 2 m.c.a) e 14 s/uso (considerando 2 acionamentos de 7 s). ⁶Para um consumo médio de 50% a mais que o mictório hidromecânico (informação fornecida pelos fabricantes). ⁷Para vazão de 0.15 L/s (vazão de projeto da NBR 5626:1998) e considerando válvula acionada 7 s/uso (média de valores do tempo de ciclo mínimo e máximo propostos na NBR 13713:2009). ⁸Para uma vazão de 11.4 L/min (valor indicado pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP) e tempo médio de uso de 8.18 min (valor obtido através de questionários aplicados aos usuários). ⁹Para vazão de 8 L/min e tempo médio de uso de 8.18 min.

Etapa 2: consumo diário de água dos aparelhos hidrossanitários e decorrente de vazamentos

Mediante a aplicação de questionários aos usuários dos aparelhos hidrossanitários das centrais de aulas, foi possível estimar o consumo diário de água dos aparelhos. Assim, o consumo diário de água do aparelho hidrossanitário i foi obtido por meio da Equação 2:

$$ctot\ i = \frac{CMUi \cdot nusuários}{100} \cdot \sum_{j=0}^5 (Pij \cdot j) \quad \text{Equação (2)}$$

Onde:

$ctot\ i$: consumo diário de água do aparelho hidrossanitário i [L/dia];

$CMUi$: consumo médio por uso do aparelho hidrossanitário i [L/uso];

$nusuários$: número total de usuários [adimensional];

Pij : porcentagem de usuários que utilizam j vezes o aparelho hidrossanitário i [%];

j : número de usos por dia do aparelho hidrossanitário i [uso/dia].

O consumo diário decorrente dos vazamentos foi estimado por meio das visitas às centrais de aulas e verificação das condições de operação dos aparelhos hidrossanitários e dos dados referentes aos consumos de água decorrentes de vários tipos de vazamentos, propostos por Gonçalves *et al.* (2005). Assim sendo, o consumo de água decorrente de todos os vazamentos das centrais de aulas foi calculado por meio da Equação 3:

$$ctot\ vaz = \sum_{q=1}^n nvaz\ q \cdot cvaz\ q \quad \text{Equação (3)}$$

Onde:

$ctot\ vaz$: consumo total decorrente de todos os vazamentos [L/dia];

$nvaz\ q$: número de vazamentos do tipo q [adimensional];

$cvaz\ q$: consumo de água por vazamento do tipo q [L/dia].

Dessa forma, o consumo total de água por dia nas centrais de aulas foi calculado pela Equação 4:

$$CTOTAL = \sum_{i=1}^n ctot\ i + ctot\ vaz \quad \text{Equação (4)}$$

Onde:

$CTOTAL$: consumo total de água nas centrais de aulas [L/dia];

$ctot\ i$: consumo total de água do aparelho hidrossanitário i [L/dia];

$ctot\ vaz$: consumo total de água decorrente dos vazamentos [L/dia].

Etapa 3 - distribuição do consumo de água

A distribuição do consumo de água para cada aparelho hidrossanitário ou decorrente de vazamentos foi obtida por meio da Equação 5:

$$DCA_n = \frac{c_n}{CTOTAL}$$

Equação (5)

Onde:

DCA_n: distribuição do consumo de água por aparelho hidrossanitário *i* ou decorrente de vazamentos [adimensional];

c_n: consumo total de água do aparelho hidrossanitário *i* (C_{tot i}) ou decorrente de vazamentos (C_{tot vaz}) [L/dia];

CTOTAL: consumo total de água nas centrais de aulas [L/dia].

Análise da viabilidade ambiental

Etapa 1 - descrição dos cenários de gerenciamento da demanda de água

Para o cálculo dos índices de redução do consumo para a implantação das ações propostas neste estudo, foram simulados 8 cenários de gerenciamento da demanda de água (Tabela 3).

Tabela 3. Cenários de gestão da demanda de água.

| nº | Descrição do cenário |
|----|---|
| 1 | Substituição das válvulas de descarga de acionamento único das bacias sanitárias por válvulas de descarga de acionamento duplo |
| 2 | Substituição dos reparos de acionamento único das bacias sanitárias com caixa acoplada de 6 L por reparos de acionamento duplo + substituição das bacias sanitárias com caixa de descarga externa por bacias sanitárias com caixa acoplada de acionamento duplo |
| 3 | Cenário 1 + cenário 2 |
| 4 | Substituição das torneiras de lavatório convencionais por torneiras de fechamento automático e arejador + instalação de arejadores nas torneiras de fechamento automático que não os possuem |
| 5 | Substituição do registro de pressão de mictório por válvula de fechamento automático |
| 6 | Instalação de restritor de vazão de 8 L/min nos chuveiros |
| 7 | Correção de vazamentos |
| 8 | Cenário 3 + cenário 4 + cenário 5 + cenário 6 |

Etapa 2 - consumo diário de cada aparelho hidrossanitário instalado ou vazamentos

O consumo diário de cada aparelho hidrossanitário instalado ou decorrente de vazamentos foi obtido por meio da Equação 6:

$$CAA_n = DCA_n \cdot CTOTAL$$

Equação (6)

Onde:

CAA_n: consumo médio diário dos aparelhos hidrossanitários *i* instalados atualmente ou decorrente de vazamentos existentes nas centrais de aulas [L/dia];

DCA_n: distribuição do consumo de água por aparelho hidrossanitário *i* ou decorrente de vazamentos [adimensional];

CTOTAL: consumo total de água nas centrais de aulas [L/dia].

Etapa 3 - economia de água proporcionada pela adoção do aparelho poupador ou pela correção de vazamentos

A economia diária proporcionada pela adoção do aparelho poupador ou pela correção de vazamentos foi obtida por meio da Equação 7:

$$EDA_n = (1 - Fr) \cdot CAA_n \quad \text{Equação (7)}$$

Onde:

EDA_n : economia de água proporcionada pelo aparelho poupador i ou pela correção de vazamentos [L/dia];

Fr : fator de redução de consumo de água por aparelho poupador i (dado fornecido pelo fabricante, representa a razão entre a vazão ou consumo do aparelho poupador e a vazão ou consumo do aparelho convencional) ou pela correção de vazamentos (representa a razão entre o consumo de água decorrente de vazamentos após as correções e o consumo decorrente dos vazamentos antes das correções. Neste estudo foi considerado a correção total de vazamentos, sendo assim, $Fr = 0$) [adimensional];

CAA_n : consumo médio diário dos aparelhos hidrossanitários i instalados atualmente ou decorrente de vazamentos existentes nas centrais de aulas [L/dia].

Etapa 4 - índice de redução de consumo (IR)

O cálculo do índice de redução de consumo (IR), para cada cenário adotado, foi calculado por meio da Equação 8.

$$IR = \frac{EDA_n}{C_{TOTAL}} \cdot 100 \quad \text{Equação (8)}$$

Onde:

IR: índice de redução de consumo [%];

EDA_n : economia de água proporcionada pelo aparelho poupador i ou pela correção de vazamentos [L/dia];

C_{TOTAL} : consumo total de água nas centrais de aulas [L/dia].

Em casos de haver a adoção de mais de um cenário, o índice de redução final será o somatório dos índices de redução de cada cenário (Equação 9).

$$IR = IR_1 + IR_2 + IR_3 + \dots + IR_n \quad \text{Equação (9)}$$

Onde:

IR: índice de redução de consumo [%].

Resultados e discussão

Levantamento e caracterização dos aparelhos hidrossanitários

No total, foram identificados 310 pontos hidráulicos nas centrais de aulas, dentre eles: bacias sanitárias (37.4%), torneiras (26.8%), duchas higiênicas (21.3%), mictórios (11.9%) e chuveiros (2.6%). No que concerne às condições de conservação dos aparelhos hidrossanitários, a maioria

apresenta condições satisfatórias. A exemplo das bacias sanitárias, 96.6% apresentam estado satisfatório e as 3.5% restantes estão com vazamento visível ou quebradas.

Estudos realizados por Santos *et al.* (2016) e Medeiros *et al.* (2015) identificaram que dos aparelhos hidrossanitários existentes em 89 edificações de diferentes classes da universidade, incluindo 5 centrais de aulas que estão sendo abordadas neste estudo, apenas 8.2% são poupadores de água. Pode ser constatado que as centrais de aulas apresentam um desempenho mais satisfatório, no que tange ao uso de aparelhos poupadores, que o restante da universidade.

Dos aparelhos hidrossanitários das centrais de aulas, 31.6% são poupadores de água. Em parte, esse fato pode ser considerado positivo, uma vez que as centrais são edificações com grande fluxo de pessoas. Entretanto, o ideal é que haja a adoção de boas práticas em toda a universidade. Ademais, ainda que as centrais de aulas tenham uma maior proporção de aparelhos poupadores que o restante das edificações, a proporção é baixa e pode melhorar.

Subsídios para a elaboração de um plano de gerenciamento da demanda de água

A seleção das ações propostas neste estudo foi fundamentada em uma investigação técnica da situação vigente na UFERSA e baseado em programas de GDA já implantados em outras universidades, como PURA-USP (2019) e UNICAMP (2017).

A sugestão dos prazos para que essas ações sejam realizadas foi determinada por intermédio da matriz GUT. Considerando as ações propostas, foram atribuídas pontuações, de acordo com o fator avaliado. Para as três variáveis (G, U, T) foi calculada a média das pontuações sugeridas por 5 funcionários da SIN e, depois, foi calculado o produto das pontuações para cada ação, definindo prioridades (Tabela 4).

Conforme resultados da matriz GUT, as ações que devem ser realizadas em curto prazo, em ordem de prioridade, são: correção de vazamentos nos aparelhos hidrossanitários (117.5 pontos), instalação de hidrômetros (110.4 pontos) e implementação de programa de acompanhamento e manutenção das instalações hidráulicas (79.5 pontos) (Tabela 4).

Apesar da insuficiência de mão de obra na UFERSA para a realização da ação de prioridade 3, os funcionários da Superintendência de Infraestrutura percebem a importância da implantação de programas dessa natureza. Inclusive, a ação de prioridade 1 (correção de vazamentos) pode ser realizada de forma mais hábil na existência de programas de acompanhamento e manutenção das instalações hidráulicas.

A inexistência de medição setorizada, na época do estudo, também foi considerada um grave problema, sendo a instalação de hidrômetros classificada como prioridade 2. O monitoramento do consumo de

água através de hidrômetros auxilia na agilidade de correção dos problemas nos componentes hidráulicos, uma vez que, na existência de aumento súbito do consumo, é sinal da ocorrência de algum problema. Ressalta-se que essa ação está em fase de implantação pela instituição.

Tabela 4. Priorização das ações do plano de gerenciamento da demanda de água nas centrais de aulas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido através da matriz GUT.

| Ações | G | U | T | G x U x T | Prioridade |
|--|-----|-----|-----|-----------|------------|
| Correção de vazamentos nos aparelhos hidrossanitários | 5.0 | 5.0 | 4.7 | 117.5 | 1 |
| Instalação de hidrômetros nas edificações | 5.0 | 4.7 | 4.7 | 110.4 | 2 |
| Implementação de programa de acompanhamento e manutenção das instalações hidráulicas | 4.3 | 4.3 | 4.3 | 79.5 | 3 |
| Substituição das torneiras de lavatório convencionais por torneiras de fechamento automático (hidromecânicas) e arejador | 4.3 | 4.3 | 3.0 | 55.5 | 4 |
| Instalação de arejadores nas torneiras hidromecânicas que não os possuem | 3.7 | 3.7 | 3.0 | 41.1 | 5 |
| Substituição dos reparos de acionamento único das bacias sanitárias com caixa acoplada por reparos de acionamento duplo | 3.7 | 4.0 | 2.7 | 40.0 | 6 |
| Substituição do registro de pressão do mictório individual por válvula de fechamento automático | 3.3 | 4.0 | 2.7 | 35.6 | 7 |
| Substituição das bacias sanitárias com caixa de descarga externa por bacias sanitárias com caixa acoplada de duplo acionamento | 3.7 | 4.0 | 2.0 | 29.6 | 8 |
| Substituição das válvulas de descarga de acionamento único das bacias sanitárias por válvulas de descarga de acionamento duplo | 2.7 | 3.3 | 2.3 | 20.5 | 9 |
| Substituição de mictório coletivo por mictório individual com válvula de fechamento automático | 2.7 | 2.7 | 2.0 | 14.6 | 10 |
| Instalação de restritor de vazão nos chuveiros | 1.7 | 2.3 | 1.7 | 6.6 | 11 |

As ações tecnológicas apresentadas na Tabela 4 foram orçadas, com exceção da correção de vazamentos, por motivo técnico, uma vez que é necessária a análise individual de cada vazamento. Foi adotado o Benefícios e Despesas Indiretas (BDI) de 12.70%, o mesmo valor considerado pela empresa contratada pela UFERSA para serviços hidráulicos. O custo total para implantação do plano é de R\$ 29,862.38. Contudo, deve-se salientar a importância de um estudo pormenorizado quanto a outras ações que se mostrem relevantes, complementando a efetividade do plano de gerenciamento da demanda de água, a exemplos de alternativas educacionais, que aliadas às tecnológicas podem maximizar os resultados.

Finalmente, analisando as indagações apontadas pelo método 5W2H para elaboração de um plano de intervenção, a síntese dos resultados obtidos é apresentada na Tabela 5.

1 **Tabela 5.** Plano de intervenção elaborado por meio do método 5W2H.

| Ação <i>O que?</i> | Motivo <i>Por que?</i> | Responsável <i>Quem?</i> | Local <i>Onde?</i> | Metodologia <i>Como?</i> | Prazo <i>Quando?</i> | Valor <i>Quanto?</i> |
|--|--|---|--|---|------------------------------|-------------------------|
| Substituição das válvulas de descarga de acionamento único das bacias sanitárias por válvulas de acionamento duplo | | | Centrais de Aulas 4, 5 e 6 | | | R\$ 8,861.63 |
| Substituição dos reparos de acionamento único das bacias sanitárias com caixa acoplada por reparos de acionamento duplo | | | Centrais de Aulas 1, 2, 3, 6 e 7 | | | R\$ 11,335.51 |
| Substituição das bacias sanitárias com caixa de descarga externa por bacias sanitárias com caixa acoplada de acionamento duplo | Equipamentos hidrossanitários convencionais que demandam muita água | Superintendência de Infraestrutura (SIN) da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Diretoria de Manutenção e Serviços | Prédio Central | A SIN será responsável pelo levantamento e especificações necessárias. Então, o levantamento e as especificações deverão ser repassados para a empresa terceirizada contratada pela UFERSA para realização de serviços hidráulicos (dispensa a licitação). A empresa contratada será responsável pelo fornecimento dos insumos e dos serviços. Após as compras, a empresa contratada deverá instalar os aparelhos sob a supervisão da Diretoria de Manutenção e Serviços. | Médio prazo: 3 meses a 1 ano | R\$ 4,129.91 |
| Substituição das torneiras convencionais por torneiras de fechamento automático e arejador | | | Prédio Central, Centrais de Aulas 1, 2, 3, 4 e 5 | | | R\$ 3,005.08 |
| Instalação de arejadores nas torneiras de fechamento automático que não os possuem | | | Central de Aulas 3 | | | R\$ 42.62 |
| Substituição do registro de pressão de mictório por válvula de fechamento automático | | | Central de Aulas 3 | | | R\$ 227.01 |
| Substituição do mictório coletivo por individual com válvula de fechamento automático | | | Prédio Central | | | R\$ 351.62 |
| Instalação de restritor de vazão nos chuveiros | | | Centrais de Aulas 3, 5, 6 e 7 | | Longo prazo: 1 a 2 anos | R\$ 308.17 |
| Instalação de hidrômetros nas edificações | Impossibilidade de monitoramento do consumo de água em cada edificação | SIN – UFERSA | Todas as edificações | A SIN será responsável pelo levantamento, especificações e elaboração do edital de licitação. A empresa que auferir a licitação, será responsável pela instalação dos hidrômetros, sob supervisão da SIN. | | R\$ 1,600.83 |
| Correção de vazamentos nos aparelhos hidrossanitários | Desperdício de água | SIN – UFERSA (Diretoria de Manutenção e Serviços) | Prédio Central, Centrais de Aulas 2, 5 e 6 | A requisição deverá ser feita pela plataforma SIPAC (Sistema Integrado de Patrimônio, Administração e Contratos) Então, a correção dos vazamentos será feita pela empresa contratada. | Curto prazo: 1 a 3 meses | - |
| Implementação de programa de acompanhamento e manutenção das instalações hidráulicas | Possível desperdício de água | SIN – UFERSA | Todas as edificações | É necessário haver um planejamento cauteloso para a implementação dessa ação, em função da indisponibilidade de mão de obra suficiente. | | - |

2

Análise da viabilidade ambiental das ações propostas

Após a proposição das ações a serem realizadas nas centrais de aulas da universidade, também foi realizada a análise da viabilidade ambiental das ações tecnológicas sugeridas, excetuando-se a instalação de hidrômetros nas edificações e a substituição de mictório coletivo por individual, já que, nos dois casos, a redução do consumo de água é de difícil mensuração. Assim, aplicando as Equações 1 a 6 apresentadas na metodologia, foi possível calcular a distribuição do consumo de água nos aparelhos hidrossanitários e vazamentos (Tabela 6).

Tabela 6. Distribuição do consumo de água nos aparelhos hidrossanitários e vazamentos.

| Componentes consumidores | Consumos nos aparelhos ($C_{tot\ i}$) ou vazamentos ($C_{tot\ vaz}$) [L/dia] | Consumo total nas centrais de aulas (C_{TOTAL}) [L/dia] | DCA ¹ [%] |
|--------------------------|--|---|----------------------|
| Bacias sanitárias | 61,297.03 | 107,769.06 | 56.9 |
| Torneiras | 11,020.40 | | 10.2 |
| Mictórios | 8,761.66 | | 8.1 |
| Chuveiros | 26,391.97 | | 24.5 |
| Vazamentos | 298.00 | | 0.3 |

¹ DCA: distribuição do consumo de água.

Então, do consumo total de água, 56.9% é decorrente do uso das bacias sanitárias, 10.2% das torneiras, 8.1% dos mictórios, 24.5% dos chuveiros e 0.3% dos vazamentos (Tabela 6). Os chuveiros representam o segundo maior consumo de água (24.50%). Esse consumo, provavelmente, é em razão de que 17 dos 21 cursos de graduação presenciais possuem turno integral, e além disso, o clima quente de Mossoró influencia no consumo de água.

O conhecimento da distribuição do consumo de água por aparelho hidrossanitário em edificações é importante para priorizar as ações. De acordo com a Tabela 6, a prioridade de ações deve ser a seguinte: bacias sanitárias, chuveiros, torneiras e mictórios. Ressaltando-se a importância da correção de vazamentos existentes antes de qualquer intervenção.

O consumo total de água (C_{TOTAL}) estimado para as centrais de aulas é de 107,769.06 L/dia, ou 107.77 m³/dia. E, considerando 22 dias úteis no mês, o consumo é de 2,307.94 m³/mês. Considerando a estimativa de consumo da universidade de 17,306 m³/mês, conforme o PLS (2013), o consumo nas centrais de aulas representa 13.30% do consumo da universidade, um valor razoável, uma vez que esses locais concentram, diariamente, os discentes dos cursos de graduação, que têm participação acentuada na população total da UFERSA. Na Tabela 7, são apresentados os resultados dos índices de redução do consumo de água (IR) oriundos das simulações dos cenários de GDA.

Tabela 7. Simulações de cenários de gerenciamento da demanda de água.

| nº | Descrição dos cenários | DCA* ¹ [%] | CAA _n ² [L/dia] | Fr ³ | EDA ⁴ [L/dia] | IR ⁵ [%] |
|----|---|-----------------------|---------------------------------------|-----------------|--------------------------|---------------------|
| 1 | Substituição das válvulas de descarga das bacias sanitárias com acionamento único por válvulas de descarga de acionamento duplo | 15.20% | 16,381.10 | 0.40 | 9,828.66 | 9.12 |
| 2 | Substituição dos reparos de acionamento único das bacias sanitárias com caixa acoplada de 6 L por reparos de acionamento duplo + substituição das bacias sanitárias com caixa de descarga externa por bacias sanitárias com caixa acoplada de acionamento duplo | 41.68% | 44,915.93 | 0.66 | 15,271.42 | 14.17 |
| 3 | Cenário 1 + cenário 2 | 56.88% | 61,297.03 | - | 25,100.08 | 23.29 |
| 4 | Substituição das torneiras de lavatório convencionais por torneiras de fechamento automático e arejador + instalação de arejadores nas torneiras de fechamento automático que não os possuem | 2.59% | 2,788.29 | 0.67 | 920.14 | 0.85 |
| 5 | Substituição do registro de pressão de mictório por válvula de fechamento automático | 0.22% | 236.80 | 0.66 | 80.51 | 0.07 |
| 6 | Instalação de restritor de vazão de 8 L.min ⁻¹ nos chuveiros | 24.49% | 26,391.97 | 0.70 | 7,917.59 | 7.35 |
| 7 | Correção de vazamentos | 0.28% | 298.00 | 0.00 | 298.00 | 0.28 |
| 8 | Cenário 3 + cenário 4 + cenário 5 + cenário 6 | 84.45% | 91,012.10 | - | 34,316.32 | 31.84 |

¹ DCA*: distribuição do consumo de água relativa, ou seja, a relação entre o consumo do aparelho hidrossanitário *i* do tipo *k* envolvido no cenário e o consumo total. ² CAA_n: consumo médio diário dos aparelhos hidrossanitários *i* instalados atualmente ou decorrente de vazamentos existentes nas centrais de aulas. ³ Fr: fator de redução do consumo de água. ⁴ EDA: economia de água. ⁵ IR: índice de redução do consumo.

Por meio da análise dos resultados das simulações, é indicada a viabilidade ambiental da adoção dessas medidas, com redução do consumo de água de até 31.84%. O cenário de nº 8 é o que proporciona maior economia: 34,316.32 L/dia, o mesmo que 34.32 m³/dia. E, considerando 22 dias úteis, a economia é de 755.04 m³/mês. Logo, a troca dos aparelhos hidrossanitários convencionais por poupadores de água e correção dos vazamentos nas centrais de aulas implica em um índice de redução de consumo total da universidade de 4.36%.

Estudos sobre os ganhos ambientais da adoção de medidas tecnológicas de gerenciamento da demanda de água também foram feitos em outras universidades, a nível de simulação ou após as intervenções. Na Universidade Estadual da Paraíba, segundo Araújo (2018), o cenário com melhor viabilidade ambiental apresentou índice de redução de aproximadamente 38%. Já na Universidade Federal de Goiás, conforme Gomes (2011), após a implantação de ações tecnológicas em um prédio da universidade, a redução foi de 30%.

Nas centrais de aulas da UFERSA, no melhor resultado de simulação, obteve-se a redução do consumo de água de aproximadamente 32%, sinalizando um valor dentro dos limites relatados na literatura.

Análise do investimento versus ganho ambiental

Explanados os investimentos necessários e os ganhos ambientais decorrentes da implantação das medidas, uma análise comparativa desses dois aspectos é apresentada na Figura 2. A análise não foi feita para o cenário nº 7, que envolve a correção de vazamentos, pois não é possível mensurar os custos de implantação dessa ação, por motivos já mencionados.

O cenário nº 8 apresenta maior investimento e ganho ambiental, concomitantemente. Contudo, uma atenção especial deve ser dada ao cenário nº 6, que envolve a instalação de restritor de vazão nos chuveiros, uma vez que esse cenário apresenta custo de implantação baixo (R\$ 308.17) e um bom índice de redução no consumo de água (7.35%) (Figura).

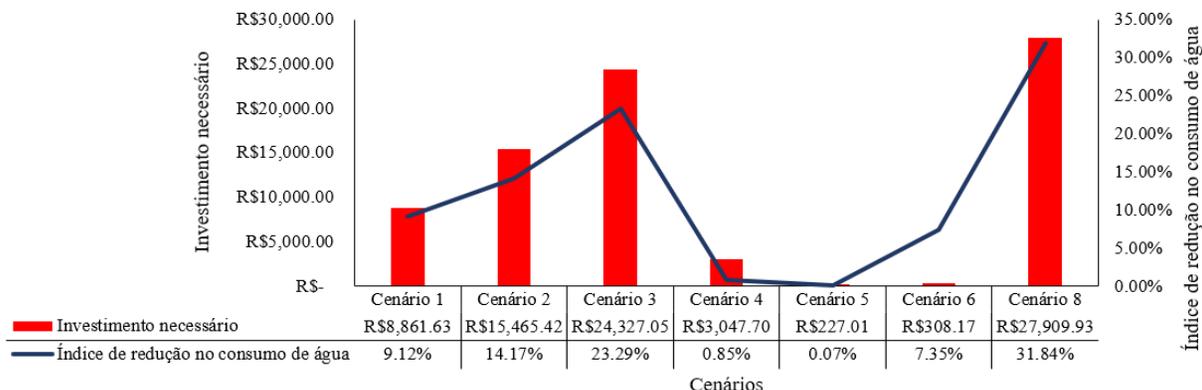


Figura 2. Investimento x ganho ambiental: plano de gerenciamento da demanda de água nas centrais de aulas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

Conclusão

- Menos de 40% dos aparelhos hidrossanitários das centrais de aulas são economizadores de água.
- A mão de obra responsável pelos serviços hidráulicos da instituição é insuficiente para a dimensão dos problemas existentes.
- A utilização do método 5W2H mostrou-se de grande utilidade para apresentar o plano de intervenção sugerido, pela possibilidade de organizar as informações de forma objetiva.
- A complexidade em estabelecer prazos foi contornada mediante a utilização da matriz GUT. A maior restrição para o uso dessa matriz de priorização é a subjetividade em pontuar cada uma das ações propostas, por isso, aconselha-se empregar a análise de responsáveis técnicos envolvidos com o objeto em questão, como foi feito neste estudo.

- Ao analisar concomitantemente o investimento e ganho ambiental de cada ação sugerida, a adoção de restritores de vazão para chuveiros apresentou-se como uma opção atrativa, por ser de baixo custo (R\$ 308.17) e produzir um bom índice de redução no consumo de água (7.35%).
- A metodologia utilizada neste estudo pode ser aplicada nas demais edificações do campus Mossoró, demais *campi* da UFERSA e outras instituições de ensino superior. Outrossim, frisa-se a importância de ações educativas nessas instituições, enfatizando a escassez hídrica, particularmente nas que se situam no semiárido nordestino, região que carece de uma atenção especial referente à oferta de água.
- Este estudo poderá subsidiar ações do Plano de Gestão de Logística Sustentável da UFERSA e demais instituições.

Referências

- Alves, D. W. M. (2021) *Desenvolvimento de campanhas educacionais em prol do uso racional da água em instituição de ensino superior*. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil), Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 115 p.
- ANA, Agência Nacional de Águas (2017) *Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017*: relatório pleno. Brasília. Acesso em 15 de janeiro de 2022, disponível em: <http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/relatorio-conjuntura-2017.pdf/view>
- Araújo, R. T. (2018) *Diretrizes para elaboração de plano de uso racional da água em instituições de ensino superior*. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental), Universidade Federal de Campina Grande, 108 p.
- Gomes, M. I. L. (2011) *Implantação de um programa de uso racional de água na Universidade Federal de Goiás: estudo de caso – edifício da reitoria*. Dissertação de Mestrado (Pós-Graduação em Engenharia de Meio Ambiente), Universidade Federal de Goiás, 93 p.
- Gonçalves, O. M., Ilha, M. S. O., Amorim, S. V. de, Pedroso, L. P. (2005) Indicadores de uso racional da água para escolas de ensino fundamental e médio, *Ambiente Construído*, **5**(3), 35-48. Acesso em 15 de janeiro de 2022, disponível em: <https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/3648/2009>
- Guedes, M. J. F., Ribeiro, M. M. R., Vieira, Z. M. C. L. (2014) Alternativas de gerenciamento da demanda de água na escala de uma cidade, *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, **19**(3), 51-62. Acesso em 15 de janeiro de 2022, disponível em: https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/165/67e4b6803a0f7a9b4a53826667272a29_f15c82865f865df7ce7089bfddb8d7d0.pdf
- Hoffman, J. J., Plessis, J. A. (2013) A model to assess water tariffs as part of water demand management, *Water SA*, **39**(3), 423-428. Acesso em 15 de janeiro de 2022, disponível em: <https://www.ajol.info/index.php/wsa/article/view/90132>
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010) *Censo Demográfico*. Acesso em 15 de janeiro de 2022, disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/mossoro/panorama>
- IDEMA, Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte (2008) *Perfil do seu município*. Acesso em 15 de janeiro de 2022, disponível em: <http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/idema/DOC/DOC00000000013950.PDF>
- Kepner, C. H., Tregoe, B. B. (1981) *O administrador racional*, Atlas, São Paulo, 58 pp.

- Medeiros, P. M. de, Silva, J. F. da, Silva Júnior, F. N., Fernandes, M. J., Dombroski, S. A. G. (2015) Ações tecnológicas em um campus universitário no contexto de uso racional da água, 28º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, Brasil.
- PLS, Plano de Logística Sustentável (2013) *Plano de Gestão de Logística Sustentável da UFERSA*, Mossoró, 60 p.
- PURA-USP, Programa de Uso Racional da Água da Universidade de São Paulo (2019) *Resultados*. Acesso em 15 de janeiro de 2022, disponível em: <http://www.pura.usp.br/resultados/reducao-da-demanda-de-agua/>
- Santos, J. N. dos, Fernandes, M. J., Dombroski, S. A. G., Oliveira, J. L. de, Costa Filho, F. das C., Silva, J. F. da (2016) Caracterização do sistema hidráulico de edificações de uma universidade visando o uso racional da água, *Edufersa*, 2(3), 51-62.
- Sharma, S. K., Vairavamoorthy, K. (2009) Urban water demand management: prospects and challenges for the developing countries, *Water and Environmental Journal*, 23(3), 210-218.
- UFERSA, Universidade Federal Rural do Semi-Árido (2014) *Cursos de graduação*. Acesso em 15 de janeiro de 2022, disponível em: <https://ufersa.edu.br/cursosgraduacao/>
- UFERSA, Universidade Federal Rural do Semi-Árido (2018) *Cursos de pós-graduação*. Acesso em 15 de janeiro de 2022, disponível em: <https://ufersa.edu.br/cursosposgraduacao/>
- UNICAMP, Universidade Estadual de Campinas (2017) *Relatório de Gestão 2013-2017*. Acesso em 15 de janeiro de 2022, disponível em: https://www.unicamp.br/unicamp/sites/default/files/2017-04/RELATORIO_GESTAO_2013-17_TJ_WEB_170425_03.pdf
- Xiao, Y., Fang, L., Hipel, K. W. (2018) Centralized and decentralized approaches to water demand management, *Sustainability*, 10(10), 3466-3482.