PROPOSIÇÃO DE AÇÕES DE GESTÃO DA DEMANDA E DA OFERTA DE ÁGUA EM UMA ESCOLA PÚBLICA DO SERTÃO DA PARAÍBA

Érica Cristine Medeiros Machado
Engenheira Civil. Professora do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, atuando nos cursos de Engenharia Civil e Engenharia Ambiental na Unidade Acadêmica de Ciências e Tecnologia Ambiental. Possui mestrado em Engenharia Civil e Ambiental (2006) e Doutorado em Recursos Naturais (2011) pela Universidade Federal de Campina Grande.
Erivaldo dos Santos Medeiros Filho
Estudante do Curso de Engenharia Civil do CCTA/UFCG.
José Rony Passos Brito
Estudante do Curso de Engenharia Civil do CCTA/UFCG.
Matheus Brito de Almeida
Estudante do Curso de Engenharia Civil do CCTA/UFCG.
Francisco Miquéias Sousa Nunes
Engenheiro Ambiental. Professor da Escola Cidadã Integral Técnica Monsenhor Vicente Freitas. Doutorando em Ciências e Tecnologia Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba – UEPB.

Endereço: Rua Jairo Vieira Feitosa, 1770, Pombal – PB. CEP: 58840-000 - País - Tel: +55 (83) 3431-4000 - e-mail: erica.cristine@professor.ufcg.edu.br

RESUMO

Conservação da água envolve todo o conjunto de ações que otimizam a operação do sistema hidráulico predial de modo a utilizar apenas a quantidade de água necessária (gestão da demanda) ou ampliem a oferta de água através do uso de fontes alternativas (gestão da oferta). Este artigo apresenta a realização de um estudo de conservação da água da Escola Cidadã Integral Técnica Monsenhor Vicente Freitas, localizada no município de Pombal-PB. A metodologia incluiu a quantificação da população usuária e do historico de consumo de água da edificação, a listagem de todos os pontos de consumo da edificação com diagnóstico dos problemas existentes, e, a proposição de ações de conservação da água de curto e médio prazo. Como ação de gestão da demanda foi proposta a correção de vazamentos detectados, com potencial de redução de no mínimo 19 m³ mensais do consumo de água da edificação. Como ação de gestão da oferta foi avaliada a viabilidade de reutilização da água gerada pelos aparelhos de ar condicionado, com potencial de coleta e armazenamento de 50 m³ mensais de água. Somadas as ações propostas representam 10,6% do consumo mensal média da escola, e são caracterizadas por ser de baixo custo e fácil execução.

PALAVRAS-CHAVE: Conservação de água, Reuso de água, Uso eficiente da água.

INTRODUÇÃO

Na busca por soluções sustentáveis e eficientes no uso dos recursos hídricos, a conservação da água em ambientes educacionais emerge como um tema de significaiva relevância, pois, a quantidade de problemas nos sistemas de águas de edificações escolares, principalmente as públicas, é considerável e notória. Essa situação decorre de diversos fatores, incluindo a falta de conscientização dos usuários sobre a importância e maneiras de conservar a água, e a ausência ou deficiência de um sistema de manutenção adequado.

Educar alunos sobre a importância da água e os desafios enfrentados na sua gestão, além do efeito imediato na redução do consumo observado a curto prazo, também contribui na capacitação de futuras gerações a analisar criticamente o uso desse recurso e a cobrar ações adequadas das autoridades. Scherer (2003) ressalta que o papel crucial do ambiente escolar, não é apenas no processo de educação formal, mas também como um agente formador de cidadãos conscientes e responsáveis.

Conservar água significa atuar de maneira sistêmica na demanda e na oferta de água. Ampliar a eficiência do uso da água representa, de forma direta, economia e expansão do uso dos recursos, flexibilizando os

suprimentos existentes para outros fins, bem como atendendo ao crescimento populacional, implantação de novas indústrias, preservação e conservação do meio ambiente (Sautchuk, 2004). Instituições de ensino, como órgãos formadores de conhecimento técnico e cidadão, devem servir de modelos na adoção de tais práticas e de disseminação deste conhecimento, não só para a comunidade acadêmica onde está inserida, mas também para toda a sociedade na qual se insere.

A NBR 16782:2019 (ABNT, 2019) define conservação de água em edificações como o conjunto de ações, que além de otimizar a operação do sistema (Gestão da Demanda), também promovem o uso da água proveniente de fontes alternativas à água potável fornecida pelo sistema público ou privado (Gestão da Oferta). Ou seja, a Gestão da Demanda foca no uso eficiente da água, por meio de ações no sistema hidráulico que viabilizam a utilização de menor quantidade de água para a realização das mesmas atividades. A Gestão da Oferta, por sua vez, foca na redução do consumo de água potável por meio do uso de água não potável em processos consumidores específicos.

A Gestão da Demanda, engloba, portanto, o conceito de uso eficiente da água. Albuquerque (2004), classifica as ações que podem viabilizar o uso racional da água em quatro categorias, denominadas de tecnológicas (uso de dispositivos econômicos), educacionais (campanhas de conscientização), econômicas (estímulos ou penalizações financeiras) e regulatórias (legislações e regulamentações). Já como exemplos de Gestão da oferta podem ser citados o uso de fontes não alternativas tais como a água de chuva, a água pluvial, as águas cinzas, entre outras.

Para além das ações convencionais de conservação da água relativas à correção de vazamentos e substituição de equipamentos convencionais por equipamentos mais eficientes, algumas experiências da literatura apontam a viabilidade de reuso da água com estratégia de ampliação da oferta. Dentre tais experiências destacam-se aquelas que reutilizam a água condensada nos aparelhos de ar condicionado, que muitas vezes é descartada sem aproveitamento, seja no solo ou diretamente no esgoto, em edificações como residências, hospitais e escolas (Rigotti, 2014; Mota, Oliveira e Inada, 2011).

Diversos estudos já analisaram a viabilidade da reutilização da água gerada pelos aparelhos de ar condicionado, inclusive, em ambientes educacionais (Nascimento et al, 2017; Monteiro et al, 2019; Eidt et al, 2015; Lima et al, 2020; Furtado Filho et al, 2020). Contudo, a adoção desse sistema em edificações, sobretudo as públicas, ainda é incipiente. Nunes (2018) ressalta que a falta de interesse sobre esta ação de conservação da água pode ser atribuída a uma percepção equivocada por parte dos usuários, que subestimam a quantidade de água produzida pelos aparelhos. É importante ressaltar que em edificações de uso público, como as escolas, há um grande número de aparelhos em funcionamento por períodos prolongados, e, nesses casos, a água condensada pode representar uma parcela significativa da demanda hídrica.

O volume de água produzido pelos condensadores varia de acordo com a potência do aparelho e a duração de seu funcionamento (Pita, 2002). Contudo, condições climáticas, precipitação, umidade, coleta e demanda de água também são importantes variáveis no projeto desses sistemas (Ghimire et al., 2019). Em regiões de clima mais quente e úmido, como nos municípios do sertão paraibano, é esperado que uma quantidade substancial de água condensada seja gerada pelos sistemas de ar condicionado, oferecendo diversas possibilidades de aproveitamento.

Além da conservação da água, Mendes et al. (2021) ressaltam que a captura da água condensada nos aparelhos de ar condicionado é particularmente interessante, não apenas para economizar esse recurso vital, mas também para prevenir danos precoces à estrutura dos edifícios, especialmente em locais públicos como escolas e hospitais, o que resultaria em economia para os cofres públicos. O descarte inadequado da água no solo pode provocar ainda o acúmulo nas calçadas, o que favorece a proliferação de vetores de doenças (Ortiz et al, 2021).

O objetivo geral desta pesquisa foi desenvolver um programa de conservação de água na Escola Cidadã Integral Técnica Monsenhor Vicente Freitas, com base em diretrizes que estabelecem uma sequência de ações, as quais enfatizam a otimização do consumo e, consequentemente, avaliam possibilidades de aplicação de fontes alternativas de água para o aumento da oferta de água.

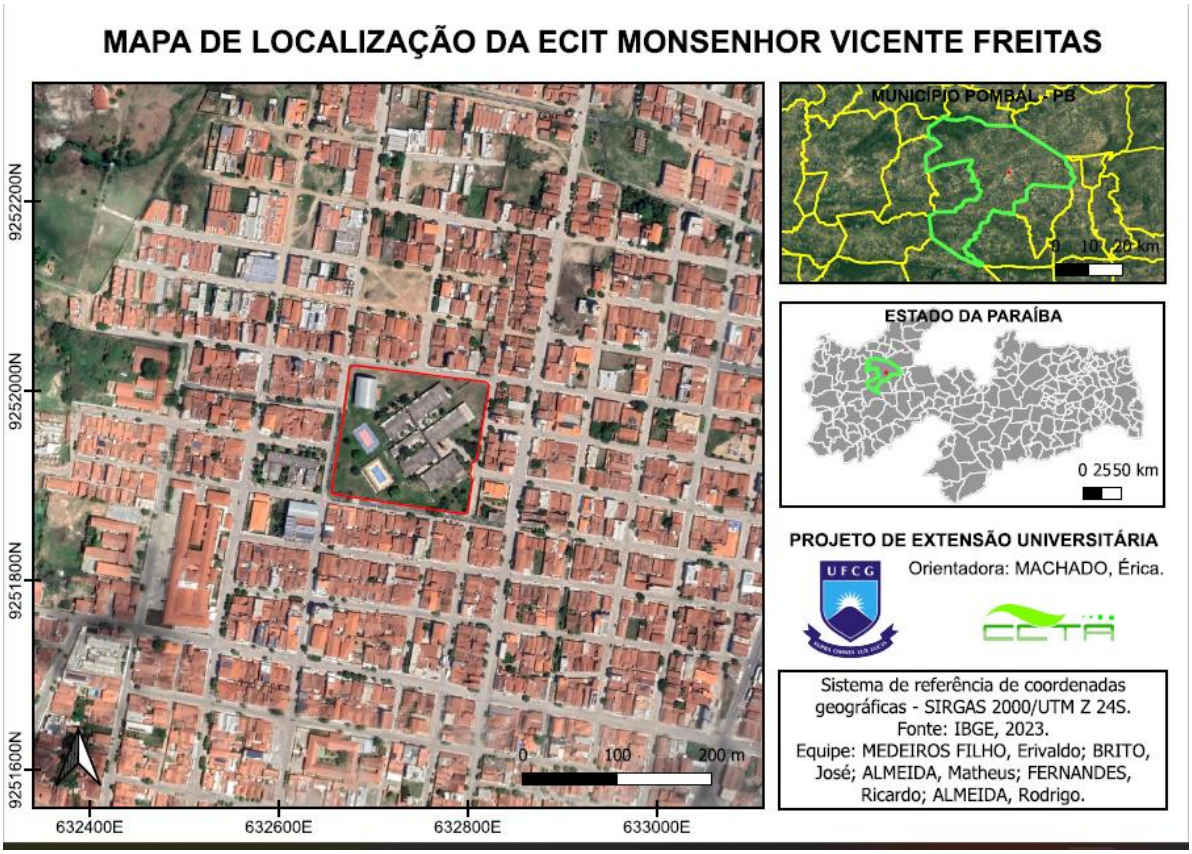
METODOLOGIA

Esta pesquisa foi desenvolvida na Escola Pública Estadual ECIT Monsenhor Vicente Freitas, localizada na Rua Professor Luiz Ferreira Campos, 309, no bairro Jardim Rogério, em Pombal-PB (Figura 1), que oferece aulas de ensino regular e cursos técnicos integrados. As etapas metodológicas se baseiam na metodologia proposta por ANA et al (2005) e na NBR 16782/2019 (ABNT, 2019), que trata especificamente da conservação de água em edificações novas, ou existentes.

Inicialmente foram levantados dados da quantidade de usuários da escola e o histórico de consumo no período de um ano, utilizando o registro verificado pelo hidrômetro da companhia de água. Com a população e o consumo foi possível obter o consumo diário per capita, utilizado como indicador de consumo. Foram levantadas as características de uso e ocupação, com listagem de todos os pontos de consumo de água e diagnóstico de problemas existentes, tais como perdas e vazamentos. O diagnóstico foi realizado por meio de inspeção visual, e, em pontos de vazamentos visíveis, quantificação do gotejamento utilizando um cronômetro e uma proveta.

Para determinar o potencial de água gerada pelos aparelhos de ar condicionado foram levantados o quantitativo de tais aparelhos e os volumes de água gerada, considerando 8 horas de utilização do aparelho por dia. Por fim, foram projetadas propostas de coleta da água dos aparelhos de ar condicionado, utilizando materiais simples, como canos e componentes de PVC, que tem fácil instalação e mão de obra comum.

Figura 1 – Localização da Área de Estudo



RESULTADOS

A pesquisa foi realizada entre os meses de Julho e Outubro de 2023. Nesta época, o público abastecido contabilizava um total de 250 pessoas, sendo 220 alunos e 30 funcionários, incluindo professores, auxiliares gerais e funcionários da manutenção, jardinagem, limpeza, segurança e restaurante. Os alunos utilizam a edificação de forma integral, nos turnos manhã e tarde, com produção e serventia de refeições na localidade.

A Tabela 1 apresenta os dados de consumo dos usuários da escola, medidos pelo hidrômetro da companhia de abastecimento, entre Julho de 2022 e Junho de 2023. Observa-se que o consumo médio mensal da escola no período aferido é de 652,0 m³/mês, o que corresponde a um consumo per capita médio de 86,93 L/hab.dia, atingindo um máximo de 120,53 L/dia no mês de setembro. Tal consumo está adequado com o consumo médio de escolas do tipo semi-internato, estabelecido como 100 litros diários por pessoa.

Tabela 1 – Consumo per capita dos usuários da edificação

Mês	Consumo (m³/mês)	Consumo per capita (L/dia)
Jul/22	834	111,20
Ago/22	832	110,93
Set/22	904	120,53
Out/22	835	111,33
Nov/22	422	56,27
Dez/22	294	39,20
Jan/23	550	73,33
Fev/23	612	81,60
Mar/23	373	49,73
Abr/23	668	89,07
Mai/23	628	83,73
Jun/23	872	116,27
Média	652	86,93

Fonte: Elaboração própria

Na Tabela 2 são apresentados todos os pontos de consumo de água da edificação, divididos entre Banheiros (WC) Masculino e Feminino, Banheiros da administração, Vestiários Masculino e Feminino e Cantina.

Tabela 2 – Pontos de consumo de água da escola

Ambiente	Bacias	Lavatório	Chuveiros	Mictórios	Torneiras
WC - M	5	4	0	1	0
Vestiário -M	1	1	4	0	0
WC - F	8	4	2	0	0
Vestiário -F	0	0	6	0	0
WC – M (adm)	2	2	0	2	0
WC – F (adm)	2	2	0	0	0
Cantina	0	6	0	0	2

Fonte: Elaboração própria

No diagnóstico da eficiência do uso da água nos pontos de consumo levantados constatou-se a existência de desperdícios ou vazamentos, deterioração de bebedouros e patologias no reservatório de abastecimento de água (corrosão de tubulações e fiações expostas), conforme apresentado nas Figuras 2, 3 e 4.

Figura 2 – Vazamentos e instalações inadequadas nas pias dos banheiros



Fonte: Elaboração própria

Figura 3 – Corrosão e vazamento no bebedouro



Fonte: Elaboração própria

Figura 4 – Patologias no reservatório de água



Fonte: Elaboração própria

Para os pontos mais críticos observados no diagnóstico, todos localizadas nos banheiros masculino e feminino, foram quantificadas as perdas de água e propostas ações de intervenção (Tabela 3). Destaca-se que as perdas por vazamento, considerando apenas aquelas quantificáveis, totalizam uma vazão de 26,4 L/s, o que pode acarretar um desperdício de 19 m³ por mês.

Tabela 3 – Quantificação dos desperdícios e proposição de ações

Dispositivo	Diagnóstico	Perdas (L/h)	Ação
Bacia sanitária com caixa acoplada (WC-M)	Vazamento na bacia.	-	Troca ou limpeza da comporta e sede.
Bacia Sanitária com caixa acoplada (WC-M)	Vazamento no engate flexível.	3,6	Reparo na vedação.
Torneiras hidromecânicas (WC-M)	Torneira convencional aberta.	2,4	Realizar a troca por um aparelho correto.
Torneira Convencional (WC-F)	Vazamento pela bica.	20,4	Realizar troca do aparelho
Bacia Sanitária com caixa acoplada (WC-F)	Vazamento na bacia.	-	Troca ou limpeza da comporta e sede.

Fonte: Elaboração própria

Na Tabela 4 são apresentados, para os diversos tipos de aparelhos de ar condicionado encontrados em atividade, e a estimativa de geração de água disponível para reutilização. Observa-se que, considerando apenas os aparelhos em atividade na época da pesquisa, um total de 33 aparelhos, há potencial de geração de 69,53 L/h de água, o que corresponde a 50 m³ de água por mês, ou, 7,7% do atual consumo médio mensal da escola.

Tabela 4 – Geração de água pelos aparelhos de ar-condicionado em atividade

Marca	Potência (BTU)	QTD	Geração unitária (L/h)	Geração Total (L/h)
Carrier	24.000	5	2,10	10,50
Elgin	24.000	1	2,13	2,13
Elgin	30.000	17	2,52	42,86
Admiral	9.000	2	0,80	1,60
Rhem	30.000	2	3,30	6,60
Yang	12.000	1	1,55	1,55
Samsung	24.000	2	1,05	2,10
Eletrolux	24.000	1	0,00	0,00
Komeco (indust.)	55.000	2	1,10	2,20
	TOTAL	33	14,55	69,53

Fonte: Elaboração própria

Uma vez obtidos os potenciais de geração de água, foram desenvolvidos os projetos de coleta e armazenamento da água. A proposta visa a coleta da água utilizando materiais simples, como canos e componentes de PVC, que tem fácil instalação e mão de obra comum. Propõe-se a coleta de água dos aparelhos das Centrais de Aula I e II por meio de mangueiras, que descarregam em um reservatório de polietileno de 1.000L, enterrada entre os blocos, como pode ser observado na Figura 5. Os aparelhos de ar condicionado das centrais de aulas em atividade na época da pesquisa eram 2 aparelhos da marca Rhem de 30.000 BTUs, 13 Elgin de 30.000 BTUs e 2 Carrier de 24.000 BTUs, capazes de gerar 43,57 L/h ou 31,37 m³ por mês. Desta forma, o reservatório poderá armazenar a água gerada por aproximadamente 2 dias.

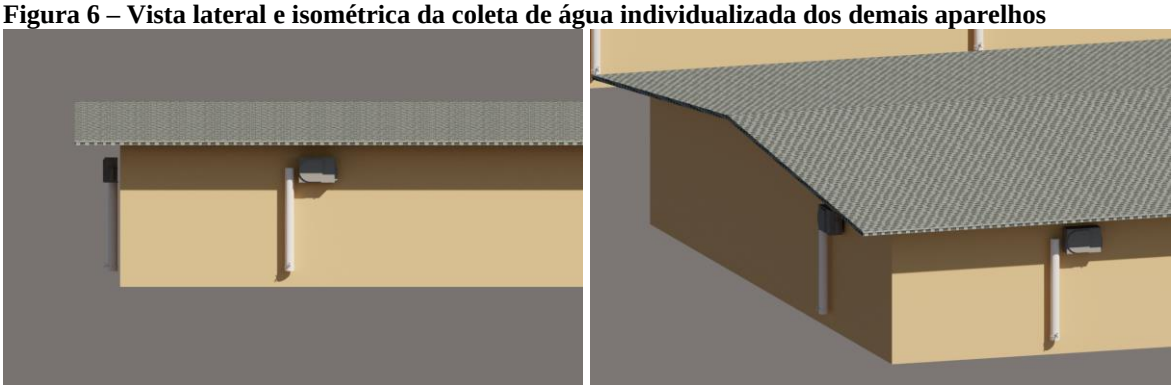
Figura 5 – Vista lateral e isométrica da coleta de água dos aparelhos das centrais de aulas



Fonte: Elaboração própria

Adicionalmente propõe-se coletar a água dos 16 aparelhos de ar condicionado restantes de forma isolada, composta de tubos de PVC fechados, instalados com braçadeiras de aço, parafusadas ao lado do aparelho, com uma torneira acoplada ao fundo do recipiente criado, facilitando a coleta (Figura 6). O recipiente de coleta, um tubo de 100 mm com 2,5 metros de comprimento, possui volume de armazenamento de 19,63 m³, logo, seria necessário o esvaziamento e utilização diária da água gerada pelos condicionadores de ar das marcas Carrier, Elgin, Rhem e Yang, e, um esvaziamento a cada dois dias para as demais marcas.

Figura 6 – Vista lateral e isométrica da coleta de água individualizada dos demais aparelhos



Fonte: Elaboração própria

Por fim, na Tabela 5 são apresentados os materiais necessários e custos de aquisição, com base em orçamentos realizados no comércio local do município de Pombal-PB.

Tabela 5 – Orçamento dos materias para coleta e armazenamento da água gerada pelos aparelhos de ar condicionado

Material	Unidade	QTD	Preço unitário (R$)	Preço total (R$)
Mangueira de Jardim 1/2 pol	m	90	2,50	225,00
União (emenda/conexão) de PVC	uni	25	1,50	37,50
Abraçadeira (tipo U)	uni	80	0,80	64,00
Cola Pvc Polytubes 75g	uni	8	6,70	53,60
Reservatório 1.000 L	uni	1	357,00	357,00
Torneira PVC 1/2	uni	16	6,00	96,00
Cano 100mm	m	40	18,00	720,00
Tampão 100mm	uni	16	6,70	107,20
			TOTAL	**R$ 1.333,80**

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As ações de conservação de água propostas para a edificação englobam uma ação de gestão da demanda, que consiste em reparos ou substituições de aparelhos com vazamentos; e, uma ação de gestão da oferta, que consiste na coleta e armazenamento da água gerada pelos aparelhos de ar condicionado da escola. Em uma análise quantitativa, as ações de gestão da demanda podem proporcionar uma economia de 19 m³ mensais, os quais, adicionados à coleta e armazenamento de 50 m³ de água pelos aparelhos de ar condicionado representa 10,6% do consumo mensal da edificação.

Qualitativamente a água coletada pelos aparelhos poderá ser prontamente utilizada para fins não potáveis, tais como a lavagem de pisos e veículos, a rega de jardins e a descarga de vasos sanitários. Estudos futuros podem ser realizados no sentido de avaliar a qualidade física, química e biológica da água de reuso, expandindo as possibilidades de sua utilização. Lima et al (2020), por exemplo, em um estudo em 4 aparelhos de ar condicionado instalados em salas de aulas observou que as amostras analisadas atendem à grande maioria dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos recomendados pela Portaria de Consolidação N. 5 do Ministério da Saúde de 28 de setembro de 2017 (BRASIL, 2017), sendo que aqueles não atendidos poderiam ser adequados pela cloração, filtração e estabelecimento de critérios e procedimentos para um efetivo monitoramento das instalações dos aparelhos.

Por fim, destaca-se que o baixo custo de aquisição dos materiais necessários para a implantação da proposta, bem como a facilidade de instalação, são atrativos para a adoção de tais medidas. A potencialização dos resultados pode ser conseguida pela adoção de uma política de educação e concientização ambiental com os usuários da escola, bem como o estudo de outras possibilidade de ampliação da oferta, tais como a captação de água de chuva e a reutilização da água das pias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALBUQUERQUE, T. M. A. Seleção multicriterial de alternativas para o gerenciamento de demanda de água na escala de bairro. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – PB, 2004.

2. ANA, FIESP, SindusCon-SP (2006). *Conservação e reúso da água em edificações*. 2. edição, São Paulo. 152 p.

3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 16782: *Conservação de água em edificações - Requisitos, procedimentos e diretrizes*. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

4. BRASIL. Portaria de Consolidação no 5 do Ministério da Saúde. De 28 de setembro de 2017 –Anexo XX.. Dispõe sobre o controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade e incorpora a Lei PRT MS/GM 2914/2011.

5. EIDT, E. P.; SANTOS, L. H.; PAGANI, C. R. A reutilização da *água de ar condicionado.* Anais Expoulbra, Canoas – RS, 2015.

6. FURTADO FILHO, J. C.; SILVA. W. M. *Viabilidade da reutilização da água do ar proveniente de ar condicionado.* In Engenharia do Século XXI – Volume 17, Editora Poisson, Belo Horizonte – MG, 2020.

7. GHIMIRE, S. R.; JOHNSTON, J. M.; GARLAND, J.; EDELEN, A.; MA, X. C.; JAHNE, M. *Life cycle assessment of a rainwater harvesting system compared with an AC condesate harvesting system*. Resources, Conservation & Recycling, Amsterdam, v. 146, p. 536-548, 2019. doi:10.1016/j.resconrec.2019.01.043

8. LIMA, S. M.; VALENTINI, C. M. A.; ZAQUE, R. A. M.; SOUZA, F. S. C.; ALBANO, P. F. M. *Estudos sobre a água do ar condicionado.* In Engenharia do Século XXI – Volume 17, Editora Poisson, Belo Horizonte – MG, 2020.

9. MENDES, M. P.; SILVA, C. S.; PEREIRA, S. F. P.; LIMA, L; N. F.; ALVES, S. S. S.; ALVES, S. B.; MELO, F. C. N. Ensino de Ciências Ambientais: desenvolvendo um recurso pedagógico a partir do tema gerador água. Brazilian Journal of Development, v.7, n. 02, p. 12404 a 12420, 2021.

10. MONTEIRO, J. E. P.; SILVA. C. C. M. C.; SOUZA, A. L. G. *Reutilização da água produzida por aparelhos condicionadores de ar ("Ar Condicionado") na descarga de mictórios, feita por sistema arduíno*. Anais da VI Mostra de Ciência e Tecnologia da Zona Norte de Natal, VI MOCITECZN, 2019.

11. MOTA, T. R.; OLIVEIRA, D. M. de; INADA, P. *Reutilização da água dos aparelhos de ar condicionado em uma escola de ensino médio no município de Umuarama-PR.* Anais do VII EPCC – Encontro Internacional de Produção Científica. Editora CESUMAR, Maringa – PR, 2011.

12. NASCIMENTO, L.C.; CINTRA, C. L. D.; PORTO, H. J. *Reutilização da água proveniente dos aparelhos de ar-condicionado no Instituto Federal do Maranhão: O campus é o currículo.* XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, ABRH, Florianópolis – SC, 2017.

13. NUNES, L. G. C. F. Plano de conservação de água: escolas públicas estaduais da cidade do Recife. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco. Recife, PE. 2018, 154f.

14. ORTIZ, G. F.; CALDO, M. A.; SOUZA, A. R. S.; CALADO, D. C.; NANTES, M. M. *Descarte da água residual em aparelhos de ar condicionado – possíveis danos, soluções sustentáveis.* Brazilian Journal of Development, V. 7, n. 3, 2021.

15. PITA, E. G. *Air conditioning principles and systems*. 4. ed. Upper Saddle Rives/Columbus: Prentice Hall, 2002
16. RIGOTTI, P.A. C. *Projeto de reaproveitamento de água condensada de sistema de condicionadores de ar*. UNIJUÍ, 2014. Disponível em: http://bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/handle/123456789/2513, acesso em: 18 de ago. 2019.São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005.

17. SAUTCHUK, C. A. Formulação de diretrizes para implantação de programas de conservação de água em edificações. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2004.

18. SCHERER, F. A. *Uso racional de água em escolas públicas: diretrizes para secretarias de educação*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

Agradecimentos:
À Escola Cidadã Integral Técnica Monsenhor Vicente Freitas, pelo suporte e colaboração no desenvolvimento das atividades.
À UFCG pela concessão de bolsa(s) por meio da Chamada PROPEX 003/2023 PROBEX/UFCG.