PREVISÃO DA OFERTA DE ÁGUA CLARA CONDENSADA PARA USOS NÃO POTÁVEIS EM EDIFICAÇÕES: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Prediction of clearwater condensate supply for non-potable uses in buildings: a literature review

Vieira, Mirele Santiago[1]; Sant'Ana, Daniel[2]; Carvalho, Danilo Vieira[3]; Santana, Livia Ferreira[4]

[1] Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Brasília-DF, Brasil, mirele.msv@gmail.com.
[2] Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Brasília-DF, Brasil, dsantana@unb.br.
[3] Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Brasília-DF, Brasil, danilocarvalho@unb.br.
[4] Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Anápolis-GO, Brasil, livia.santana@ifg.edu.br.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo caracterizar as principais fontes geradoras de água clara condensada em edificações e identificar os métodos existentes para estimar os volumes disponíveis, contribuindo para o avanço técnico e normativo do aproveitamento dessa fonte alternativa de água. A pesquisa foi estruturada em duas etapas: a primeira consistiu na identificação e categorização das principais fontes de geração de água clara condensada, com ênfase em sistemas de ar condicionado e caldeiras; a segunda concentrou-se na identificação de estudos e métodos disponíveis na literatura para a estimativa do volume de água clara ofertado por cada fonte. Os resultados indicaram uma lacuna significativa de estudos que proponham modelos de previsão robustos para a produção de água clara condensada, especialmente em contextos urbanos brasileiros. Destaca-se o elevado potencial do condensado de ar condicionado como fonte alternativa viável, capaz de atender parte substancial da demanda por água não potável em edificações. Conclui-se que a temática representa um campo promissor para pesquisas futuras, com vistas ao aprimoramento de diretrizes técnicas e normativas que promovam a conservação dos recursos hídricos no ambiente construído.

Palavras-chave: Água clara; Água condensada; Oferta de água; Fonte alternativa de água; Aproveitamento.

ABSTRACT

The aim of this study was to characterize the main sources of condensed clearwater in buildings and identify the existing methods for estimating the available volumes, contributing to the technical and regulatory advancement of the use of this alternative water source. The research was structured in two stages: the first involved identifying and categorizing the main sources of clearwater condensate, with emphasis on air conditioning systems and boilers; the second focused on identifying studies and methods available in the literature to estimate the volume supplied by each source. The results indicated a significant gap in studies proposing robust predictive models for the production of clear condensate water, particularly in Brazilian urban contexts. The high potential of air conditioning condensate as a viable alternative water source is highlighted, capable of meeting a substantial portion of non-potable water demand in buildings. It is concluded that this topic represents a promising field for future research, aiming at the improvement of technical and regulatory guidelines that promote water conservation in the built environment.

Keywords: *Clearwater; Condensate water; Water supply; Alternative water source; Reclamation.*

1 INTRODUÇÃO

Água clara pode ser definida como "efluente gerado de sistemas de resfriamento, sistema de vapor e condensado, sistema de destilação e outros equipamentos" NBR 16783 (ABNT, 2019, p.2). De acordo com a NBR 16783 (ABNT, 2019), o aproveitamento de água clara para fins não potáveis em edificações é permitido, desde que os parâmetros físico-químicos e biológicos atendam aos limites estabelecidos pela norma, assegurando a qualidade e a segurança necessárias para os usos pretendidos.

DOI: https://doi.org/10.46421/sispred.v4.8193

A água clara condensada, proveniente de equipamentos como aparelhos de ar-condicionado, caldeiras, autoclaves, torres de resfriamento e sistemas de destilação, de modo geral, requer baixo nível de tratamento, o que a torna especialmente atraente para edifícios com grande uso de sistemas de climatização e equipamentos térmicos (Marques e Oliveira, 2014).

Embora exista uma vasta área já explorada de estudos voltados ao aproveitamento de água de chuva (Brandão; Campos, 2019; Teston *et al*., 2018; Sant'Ana, 2006), água cinza (Rodrigues *et al*., 2022; Rosa; Ghisi, 2021; Barbosa *et al*., 2018) e água residuária tratada (Asano *et al*., 1996; Arden *et al*., 2021; Sant'Ana, 2011), as possibilidades de aproveitamento da água clara condensada em edificações ainda são pouco investigadas, especialmente no contexto brasileiro. Questões relacionadas à oferta, variabilidade e quantificação desse recurso permanecem em aberto. Com isso em mente, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar as principais fontes geradoras de água clara condensada em edificações e identificar os métodos existentes para estimar os volumes disponíveis, contribuindo para o avanço técnico e normativo do aproveitamento dessa fonte alternativa de água.

2 MÉTODO

Para alcançar o objetivo traçado, este estudo se baseou em uma revisão de literatura dividida em duas etapas. A primeira etapa, de natureza exploratória, buscou identificar e categorizar os diferentes tipos de água clara e compreender o seu processo de produção em sistemas de resfriamento e aquecimento por meio de uma pesquisa exploratória de publicações em livros, periódicos e documentos técnicos utilizando a combinação de termos em português e inglês de: i) oferta de água ("água clara" / "*clearwater*", "condensado" / "*condensate*" e "vapor" / "*vapour*"); ii) processo ("resfriamento" / "*cooling*" e "aquecimento" / "*heating*"); e iii) uso ("reúso" / "*reuse*", "aproveitamento" / "reclamation" e "uso" / "*use*") no Google Acadêmico.

A segunda etapa buscou identificar os métodos existentes para estimar o volume da oferta do condensado de sistemas de aquecimento e resfriamento. Identificadas as palavras-chave mais recorrentes entre os trabalhos encontrados na primeira etapa foram utilizadas duas estratégias de busca (*Strings* A e B), aplicadas nas bases de dados *Web of Science* e Portal de Periódicos da CAPES. O *String* A foi desenvolvida com o objetivo de identificar estudos relacionados ao condensado de ar condicionado, enquanto o *String* B teve como foco a água condensada em sistemas de caldeira.

A. ("reuse" *OR* "aproveitamento" *OR* "reaproveitamento") *AND* ("condensado" *OR* "ar condicionado") / *("reuse" OR "use" OR "reclamation*") *AND (*"*condensate*" *OR "air conditioning"*)

B. ("reúso" *OR* "aproveitamento" *OR* "reaproveitamento" *OR* "recuperação") *AND* ("vapor" *OR* "condensado" *OR* "caldeira") / *("reuse" OR "reutilization" OR "recovery") AND* (*"steam" OR "condensate" OR "boiler" OR "boiler condesate*")

A partir da leitura de títulos foram excluídos trabalhos que fugiam ao tema proposto ou que não apresentavam as palavras-chave escolhidas. A utilização das strings em ambas as bases visou ampliar a abrangência da busca e garantir a recuperação de publicações relevantes em diferentes contextos e abordagens. Após separação das publicações de títulos compatíveis e coerentes foi realizada a leitura de resumos dos resultados das buscas e foram excluídos os trabalhos cujos temas divergiam da área de conhecimento pretendida, selecionando publicações de revisão, estudos de caso e artigos originais que apresentaram metodologia científica e evidências empíricas à problemática exposta.

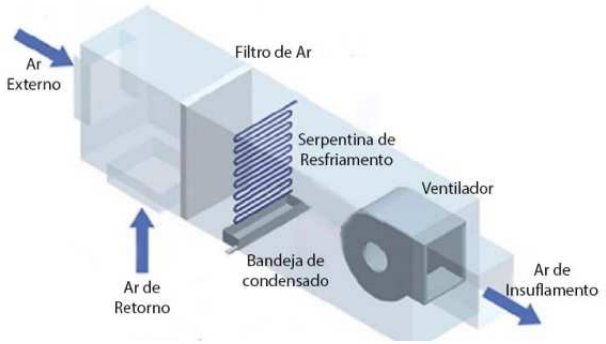
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em geral, foram identificados dois tipos de fontes água clara condensada na literatura: i) condensado de ar condicionado e ii) condensado de vapor de caldeira. Os resultados obtidos a partir da revisão da literatura são apresentados a seguir.

3.1 Condensado de ar condicionado (sistemas de resfriamento)

O condensado de ar condicionado é produzido pela água presente no ar (umidade), ao passar pela serpentina de resfriamento o ar pode alcançar temperaturas abaixo do ponto de orvalho ocorrendo a mudança de estado físico da água de vapor para líquido (Creder, 2004). Assim, essa água goteja em uma bandeja de condensado (Figura 1), e em seguida pode ser descartada ou aproveitada (Glawe *et al.*, 2016).

Figura 1 - Esquema de um sistema de resfriamento de ar



Fonte: Adaptado de (Glawe et al., 2016).

No Brasil, a água descartada de aparelhos de ar condicionado foi quantificada por meio de medição direta (Fortes *et al.,* 2015). Esse método depende, porém, da medição efetuada em aparelhos existentes, e não poderia ser aplicado para o dimensionamento de sistemas de aproveitamento em edificações ainda não construídas.

Outros estudos prévios foram elaborados com o intuito de prever a quantidade produzida de água condensada que poderia ser aproveitada, tais como: modelos de previsão embasados em estudos analíticos, computacionais e experimentais. Em um estudo prévio, Carvalho e Sant'Ana (2024) identificaram, por meio de uma revisão sistemática, os modelos de previsão de oferta de água condensada de sistemas de ar condicionado (Tabela 1).

Observa-se, na Tabela 1, uma significativa prevalência do uso das variáveis temperatura, umidade relativa, umidade absoluta, temperatura de ponto de orvalho e velocidade do ar para a previsão da oferta da água condensada. Essa produção de condensado pode ser baseada na diferença entre a umidade relativa do ar externo e do ar interno e na quantidade de ar externo introduzido no edifício (Arden *et al.*, 2021). Em média, os aparelhos de ar condicionado podem produzir cerca 2,07 L/h de água condensada, podendo chegar a 7 L/h (Ahmed, 2019). Arden *et al.* (2021), considerando as condições analisadas na sua pesquisa, verificou que os sistemas de aproveitamento de condensado de ar condicionado podem potencialmente satisfazer até 26% da demanda de água não potável em um edifício.

Tabela 1 – Trabalhos caracterizados por autoria e modelo de previsão utilizado.

Autor (data)	Modelo de Previsão
Guz (2005)	$Taxa\ de\ Prod. = (Toneladas\ de\ Refrigeração) \times (fator\ de\ carga) \times (0{,}2\ galões)$
Habeebullah (2009)	Gráfico de trabalho para previsão rápida do rendimento de água para temperaturas do ar entre 25° a 40°C e umidade relativa entre 30% a 40%.
Painter (2009)	$Potencial\ de\ Condensado\ Produzido = \Delta\omega_{cc} \times \frac{\rho_a}{8{,}33}$
Lawrence *et al.* (2010)	$Condensado\ Coletado = Fluxo\ de\ Ar \times densidade \times 60 \times \Delta\omega$
Lawrence *et al.* (2012)	$Cond = 0{,}4777 \times Avg.DP + 0{,}00204\ CDD + 0{,}32596 \times [chuvas\ entre\ Abril\ e\ Outubro] - 22{,}5$
Al-Farayedhi *et al.* (2014)	$\dot{m}_c = \dot{m}_a(\omega_i - \omega_e)$
Eades (2018)	$\dot{m}_w = \dot{m}_a(\omega_i - \omega_e)$
Zolfagharkhani *et al.* (2018)	$W_{prod} = A_{fr} \times V_a \times 3600 \times \rho_{av}(\omega_{a,in} - \omega_{a,e})$
Poredos *et al.* (2021)	$\dot{m}_{exp,incerteza} = \left[-0{,}006.\frac{(T_{a,in} + T_{a,out})}{2} - 0{,}128\right] \times \frac{1}{3600}$

Nota: $Avg.DP$: Ponto de orvalho médio anual(°F), CDD: Graus-Dia de Resfriamento (calculada com base na diferença entre a temperatura média diária e uma temperatura de referência, geralmente 65°F), $\dot{m}_c$: taxa de fluxo de massa do condensador/condensado (kg/s) , $\dot{m}_a$: Taxa de fluxo de massa de ar (kg/s) , ω_i: Razão de umidade interna, inicial, entrada, ω_e: Razão de umidade na saída, W_{prod}: Umidade absoluta (kg/kg), A_{fr}: área frontal do trocador de calor (m2) V_a: velocidade do ar, ρ_{av}: densidade do ar (kg/m2), $\dot{m}_{exp,incerteza}$: incerteza do fluxo de massa de condensação medido na câmara de teste (kg/s), T_a: temperatura média do ar úmido (°C).

Fonte: Adaptado de (Carvalho e Sant'Ana, 2024).

Em instalações de ar condicionado, as evaporadoras possuem uma bandeja interna para a coleta do condensado, conectado a um dreno pode-se iniciar um sistema de aproveitamento desse condensado. Desse modo, encaminha-se o condensado coletado ao reservatório de retenção e aproveitamento. A água coletada abastece o reservatório de retenção por meio de um freio d'água, componente que evita o turbilhonamento da água previamente armazenada e decantada, evitando o levantamento de impurezas já sedimentadas para o nível da superfície d'água, onde o sistema de bombeamento captura a água a ser aproveitada. Em seguida, encaminha-se a água ao reservatório de distribuição que possui uma entrada sobressalente proveniente do sistema de abastecimento da rede de suprimento de água potável, na falta de água coletada de ar condicionado.

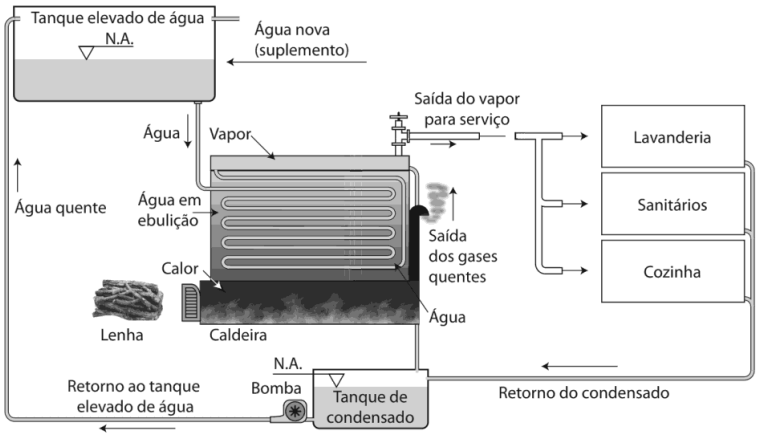
3.2 CONDENSADO DE VAPOR DE CALDEIRA (SISTEMAS DE AQUECIMENTO)

Em edificações, o vapor pode ser utilizado em cozinhas (máquinas de lavar louças e caldeirões), lavanderias (lavagem de roupa e secagem), Central de Materiais Esterilizados (autoclaves), ou até mesmo para o aquecimento de água (pias, lavatórios, chuveiros etc.). As caldeiras utilizam-se da queima de combustíveis (gás, lenha e outros), que ao liberarem calor, esquentam a água presente no equipamento transformando-a em vapor que é transportado para os pontos em que o calor é desejado (Botelho e Bifano, 2015).

O vapor produzido, depois de utilizado, chama-se condensado. Após passar pelo tanque de condensado, retorna para a caldeira, visto que, a qualidade da água não possui características para o descarte imediato (Figura 2) (Botelho e Bifano, 2015). O condensado de vapor tende a

ser reaproveitado pela recuperação da energia térmica, assim, aquecer o sistema de reabastecimento de água da caldeira (Chielle e Fontenelle, 2019). Na proposta de sistema de reaproveitamento de condensado (ABRAMAN, 2008), a água de descarte de purga e das válvulas de segurança é armazenada em caixa d'água a aproximadamente 80°C e bombeada novamente para a caldeira.

Figura 2 – Esquema de uma caldeira movida à lenha



Fonte: Botelho e Bifano (2015).

O vapor saturado gerado na caldeira é distribuído pelo sistema através das redes principais de vapor que usa o vapor como condutor para o transporte da energia térmica para os pontos de uso. Como o processo de transporte de energia é feito a partir do contato indireto com o vapor, ele condensará (passará para a fase líquida) e será drenado através de equipamentos chamados purgadores, válvulas de drenagem automática que possuem a função de separar um determinado fluído de um líquido ou gás (ABRAMAN, 2008).

Para os purgadores que se destinam a drenagem de linhas de vapor a quantidade de condensado eliminado pode ser calculado conforme a Equação 1 (ABRAMAN, 2008).

$$Q = n(Q_a + 0{,}5Q_s) \qquad \text{(Eq. 1)}$$

Sendo:
Q, quantidade total de condensado (lb/h);
n, coeficiente de segurança;
Q_a, quantidade de condensado formado devido a perda de calor sofrida pelo vapor para aquecer a tubulação, no início do funcionamento do sistema (lb/h); e
Q_s, quantidade de condensado formado devido a perdas de calor por irradiação, com a tubulação em operação normal (lb/h).

Os valores de Q_a e Q_s dependem de muitos fatores, alguns dos quais difíceis de se exprimir quantitativamente. Existem na literatura tabelas e gráficos com esses valores considerando tipos de instalação, diâmetros de tubos e classes de isolamento térmico. Na falta de outros elementos, essas grandezas podem ser calculadas pelas Equações 2 e 3 (ABRAMAN, 2008) (dados em lb/hora).

$$Q_a = \frac{6{,}84 L w \Delta t}{Q_L N} \qquad \text{(Eq. 2)}$$

$$Q_s = \frac{La\Delta tU}{Q_L} \quad \text{(Eq. 3)}$$

Sendo:
L, comprimento da tubulação (pés);
w, peso unitário do tubo vazio (lb/pe);
Δt, diferença de temperaturas entre o vapor e o ambiente (°F);
Q_L, calor latente do vapor na temperatura final (Btu);
N, número de minutos de duração do aquecimento dos tubos (geralmente N = 5);
a, área lateral unitária do tubo ($p\acute{e}^2$/pé); e
U, perda unitária de calor através do isolamento térmico para o isolamento usual de hidrossilicato de cálcio (U = 0,286 Btu/$p\acute{e}^2$/°F/hora).

As equações valem apenas para o caso de tubos de aço situados em local exposto, embora relativamente abrigado (ABRAMAN, 2008).

4 CONCLUSÃO

A maioria dos estudos de condensado de ar condicionado se concentra em climas quentes e úmidos, especialmente no sul dos EUA e no Oriente, onde o potencial de condensação é naturalmente elevado devido à alta umidade relativa do ar. A maioria dos modelos de previsão levantados baseiam-se em balanços de massa da umidade do ar, já Lawrence *et al.* (2012) utilizam modelos empíricos mais complexos, que consideram não apenas propriedades do ar, mas também variáveis climáticas anuais, como ponto de orvalho médio, graus-dia de resfriamento e precipitação, tentando gerar modelos preditivos sazonais ou anuais.

A determinação da quantidade de condensado eliminado pelas caldeiras apresenta dificuldades que complicam estimativas corriqueiras para considerar outras possibilidades de uso desse recurso. Medir e monitorar a produção de condensado de sistemas de aquecimento exige instrumentos precisos e práticas de manutenção rigorosas, que muitas vezes não são implementadas em ambientes não industriais. Esta falta de dados confiáveis dificulta uma avaliação precisa do potencial de reaproveitamento do condensado, que poderia ser utilizado em diversos fins.

Constatou-se uma deficiência na quantidade de artigos encontrados que apresentam métodos e modelos de previsão do volume da água clara condensada, conduzindo para a idealização de um campo promissor voltado a novas percepções e perspectivas ao uso de fontes alternativas de água em edificações como estratégia à conservação de água.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos pareceristas anônimos pelas contribuições qualificadas que auxiliaram na revisão e no aprimoramento deste artigo.

REFERÊNCIAS

AHMED, H. M. The amount of fresh water wasted as by product of air conditioning systems: case study in the Kingdom of Bahrain. In: 2019 INTERNATIONAL CONFERENCE ON FOURTH INDUSTRIAL REVOLUTION (ICFIR). [s.l.]. **Anais [...].** [S.l.]:IEEE, 2019. p. 1-4. DOI: https://doi.org/10.1109/ICFIR.2019.8894782.

AL-FARAYEDHI, A. A.; Ibrahim, N. I.; Gandhidasan, P. Condensate as a water source from vapor compression systems in hot and humid regions. **Desalination**, v. 349, p. 60-67, 2014. DOI: https://doi.org/10.1016/j.desal.2014.05.002.

ARDEN, S.; MORELLI, B.; CASHMAN, S.; MA, X.; JAHNE, M.; GARLAND, J. Onsite non-potable reuse for large buildings: environmental and economic suitability as a function of building characteristics and location. **Water Research**, v.191, e.116635, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116635.

ASANO, T.; M. MAEDA, M.; TAKAKI, M. Wastewater reclamation and reuse in Japan: overview and implementation examples. **Water Science and Technology**, v.34, n.11, p.219-226, 1996. DOI: https://doi.org/10.1016/S0273-1223(96)00841-4.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO E GESTÃO DE ATIVOS (ABRAMAN). **PCO - Programa de certificação operacional CST:** Tubulação industrial e estrutura metálica. Rio de Janeiro, 2008. 327p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT)**. NBR 16783**: Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2019. 19p.

BARBOSA, G. G.; BEZERRA, S. P.; SANT'ANA, D. Indicadores de consumo de água e análise comparativa entre o aproveitamento de águas pluviais e o reúso de águas cinzas em edificações de ensino do Campus Darcy Ribeiro - UnB. **Paranoá**, v.11, n.22, p. 1-15, 2018. DOI: https://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.n22.2018.01.

BOTELHO, M.; BIFANO, H. **Operação de Caldeiras**: Gerenciamento, controle e manutenção, 2 ed., 2015. 208p.

BRANDÃO, V. R.; CAMPOS, M. A. S. Avaliação ambiental de sistemas de aproveitamento de água pluvial: um mapeamento de literatura. **Paranoá**, v. 12, n. 23, p. 93–111, 2019. DOI: https://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.n23.2019.09.

CARVALHO, D. V. de; SANT'ANA, D. Uma revisão abrangente dos modelos de oferta de água condensada de ar condicionado. **Observatório de La Economía Latinoamericana**, v.22, n.2, e.3269, 2024. DOI: https://doi.org/10.55905/oelv22n2-120.

CHIELLE, L. P.; FONTENELLE, M. T. Reutilização do condensado utilizado para aquecimento dos tanques de gordura. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA, 2019. **Anais [...].** 2019. v. 4, n. 1, p. 206–222. ISSN 2594-4649.

CREDER, H. **Instalações de ar condicionado**. 6. ed. Rio de Janiero: LTC, 2004. 336p. ISBN 978-8521613466.

EADES, W. Energy and water recovery using air-handling unit condensate from laboratory HVAC systems. **Sustainable Cities and Society**, v.42, p. 162-175, 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.07.006.

FORTES, P. D.; JARDIM, P. C. F.; FERNANDES, J. G. Aproveitamento de água proveniente de aparelhos de ar condicionado. In: XII SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA. XII SEGeT. Porto Alegre/RS, 2015. **Anais [...].** Porto Alegre/RS: 28 a 30 de outubro de 2015.

GLAWE, D. D.; WOOTEN, M.; LYE, B. Quality of condensate from air-handling units. **ASHRAE Journal**, v. 58, n. 12, p. 14, 2016.

GUZ, K. Condensate Water Recovery. **ASHRAE Journal**, v. 47, n. 6, p.54-56, 2005.

HABEEBULLAH, B. A. Potential use of evaporator coils for water extraction in hot and humid areas. **Desalination**, v. 237, n. 1-3, p. 330-345, 2009. DOI: https://doi.org/10.1016/j.desal.2008.01.025

LAWRENCE, T.; PERRY, J. Capturing condensate. **High Performing Buildings**, v. 3, n. 4, p. 56-61, 2010.

LAWRENCE, T.; PERRY, J.; ALSEN, T. AHU Condensate Collection Economics. **ASHRAE Journal**, v. 54, n. 5, 2012.

MARQUES, I. G.; OLIVEIRA, L. H. **Padronização de terminologia e de conceitos de sistemas prediais de água não potável.** Conselho Brasileiro de Construção Sustentável. São Paulo: CBS, 2014. 9p.

PAINTER, Frank L. Condensate harvesting from large dedicated outside air-handling units with heat recovery. **ASHRAE Transactions**, v. 115, n. 2, 2009.

POREDOS, P.; PETELIN, N.; TILEN, Z; VIDRIH, B; GATARIC, P; KITANOVSKI, A. Performance of the condensation process for water vapour in the presence of a non-condensable gas on vertical plates and horizontal tubes. **Energies**, v.14, n.8, e.2291, 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/en14082291.

RODRIGUES, K. C.; MORAIS, L. S. R.; DE PAULA, H. M. Green/sustainable treatment of washing machine greywater for reuse in the built environment. **Cleaner Engineering and Technology**, v.6, e.100410, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.clet.2022.100410.

ROSA, G. C.; GHISI, E. Water quality and financial analysis of a system combining rainwater and greywater in a house. **Water**, v.13, e.930, 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/w13070930.

SANT'ANA, D. A socio-technical study of water consumption and water conservation in Brazilian dwellings. Tese (Doutorado). **Oxford Institute for Sustainable Development**, Oxford Brookes University, Oxford, 2011. 392 f.

SANT'ANA, D.; MEDEIROS, L. B. P.; ALVARES, C.F.K. **Reúso-DF:** Princípios de políticas tarifárias baseados em uma análise de viabilidade ambiental e econômica para o aproveitamento de águas pluviais e o reúso de águas cinzas em edificações residenciais do Distrito Federal. Relatório Técnico 3/2017. Brasília: Universidade de Brasília, 2017. 74p. Disponível em: http://icts.unb.br/jspui/handle/10482/40691. Acesso em: 24 mai. 2024.

SANT'ANA, D. Rainwater harvesting in Brazil: Investigating the viability of rainwater harvesting for a household in Brasília. In: G. Broadbent; C. A. Brebbia. (Org.). Eco-Architecture: Harmonization between architecture and nature. 1ed. Southampton: WIT Press, 2006, v. 86, p. 381-390. DOI: https://doi.org/10.2495/ARC060381.

TESTON, A.; SOARES M.S.; B.M.; GHISI, E. Rainwater harvesting in buildings in Brazil: a literature review. **Water**, v.10, n.4, e.471, 2018. DOI: https://doi.org/10.3390/w10040471.

ZOLFAGHARKHANI, S; ZAMEN, M.; SHAHMARDAN, M. Thermodynamic analysis and evaluation of a gas compression refrigeration cycle for fresh water production from atmospheric air. **Energy Conversion Management**, v. 170, p.97-107, 2018. DOI: https://doi.org/0.1016/j.enconman.2018.05.016.