Viabilidade econômica do uso de água de condensação proveniente de aparelhos condicionadores de ar como fonte alternativa de água em edificações residenciais

Economic feasibility of using condensation water from air conditioners as an alternative source of water in residential buildings

Data de entrada: 03/12/2024
Data de aprovação: 08/09/2025

Antonia Lucélia Paulino da Silva[1] | **Igor do Nascimento Quaresma**[1] | **Gilson Barbosa Athayde Júnior**[1]*

DOI: https://doi.org/10.36659/dae.2026.119

Silva ALP https://orcid.org/0009-0009-3017-7767
Quaresma IN https://orcid.org/0000-0002-9119-1011
Athayde Júnior GB https://orcid.org/0000-0003-2815-7600

Resumo

Diversos problemas relacionados à poluição dos corpos hídricos e ao abastecimento urbano de água decorrem do crescimento populacional desordenado. Nesse contexto, surge a necessidade do uso racional da água, abordando, entre outras ações, o uso de fontes alternativas deste recurso. Neste trabalho foi analisada a viabilidade econômica do aproveitamento de água de condensação proveniente de aparelhos condicionadores de ar em edificações residenciais. Foram considerados cenários nos quais variou-se a umidade do ar, o tempo de uso do aparelho no período de um ano, a tarifa de água e o valor da taxa de juros para amortização financeira. A análise de viabilidade foi feita por meio da razão benefício/custo, utilizando o método do Valor Presente Líquido. O aproveitamento da água proveniente dos condicionadores de ar mostrou-se ser uma alternativa economicamente viável para os cenários em que a umidade do ar, o tempo de uso do aparelho e a tarifa são maiores e, a taxa de juros, menor.

Palavras-chave: Fonte alternativa de água. Água de condensação. Viabilidade econômica.

Abstract

Several problems related to the pollution of water bodies and urban water supply systems arise from disorderly population growth, necessitating the rational use of water, including alternative sources of this resource, among other actions. This study analyzed the economic feasibility of using condensation water from air conditioners in residential buildings. It considered scenarios with varying air humidity, the time of use of the device in a period of one year, the water tariff, and the value of the interest rate for financial amortization. Feasibility analysis used the benefit/cost ratio and the net present value method. using water from air conditioners proved an economically viable alternative for scenarios under higher air humidity, time of use, and tariff and lower interest rates.

Keywords: *Alternative water source. Condensation water. Economic viability.*

[1] Universidade Federal da Paraíba – Campus I – João Pessoa – Paraíba – Brasil
* **Autor correspondente:** gilson@ct.ufpb.br

CC BY NC

1 INTRODUÇÃO

A água é necessária para diversas atividades do cotidiano, além de estar atrelada ao desenvolvimento socioeconômico, geração de energia, cultivo de alimentos e construção de ecossistemas saudáveis (Organização das Nações Unidas – ONU, 2023). No Brasil, entre os anos de 2010 e 2022, a população passou de cerca de 191 milhões para 203 milhões de habitantes, correspondendo a um crescimento de 6,3% nesse período (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2023). Junto com o crescimento populacional há, também, a necessidade da utilização de uma maior quantidade de insumos, como a água. Paralelamente, dados do Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento brasileiro (SNIS) mostram que apenas 84% da população do Brasil tem acesso ao serviço público de abastecimento de água (Brasil, 2023), demonstrando que a universalização do serviço não é uma realidade no país.

Hosseinkhani e Kagari (2022) afirmam que existem quatro abordagens tradicionais para se obter água doce, sendo elas a exploração das águas subterrâneas e superficiais, a dessalinização das águas marinhas, a coleta das águas oriundas da precipitação atmosférica e o transporte veicular de água para áreas onde há escassez de água potável. Contudo, a partir da crescente necessidade de recursos hídricos, há um consequente aumento na adoção de tecnologias alternativas para a captação de água. Entre essas tecnologias, Stephan e Stephan (2017) destacam a captação da água da chuva, a captação da água condensada e o tratamento e a reutilização de águas residuárias como ferramentas capazes de aumentar a oferta de água em prédios residenciais.

Portanto, o aproveitamento de águas de condensação geradas a partir do uso de aparelhos condicionadores de ar se apresenta como uma alternativa capaz de reduzir a demanda hídrica nos sistemas urbanos de abastecimento de água (Hosseinkhani; Kagari, 2022). Assim, Dhamodharan *et al.* (2023) explicam que os mecanismos de resfriamento e desumidificação dos condicionadores de ar resultam num produto secundário denominado condensado (água), sendo sua produção baseada na diferença entre a umidade relativa do ar externo e interno, além da quantidade de ar externo introduzido no edifício (Arden *et al.*, 2021).

A depender de sua qualidade, a água condensada pode ser aplicada para diversos fins em uma residência. Diversos estudos relatam parâmetros físico-químicos e microbiológicos em águas de condensação que a habilitam aos usos domiciliares não potáveis, após o devido tratamento (Ahmed *et al.*, 2022; Rodrigues; Silva; Athayde Júnior, 2019; Sabnis *et al.*, 2020). Ademais Ardita e Subagia (2018) indicam que a reutilização da água condensada como uma fonte de resfriamento adicional intermitente do condensador pode aumentar a capacidade de refrigeração do sistema em 4%, além de reduzir o consumo de energia em 3%.

Dhamodharan *et al.* (2023) e Hosseinkhani e Kagari (2022) afirmam que a quantidade e qualidade da água condensada a ser coletada depende de diversos fatores, como os meteorológicos, sendo eles a temperatura do ponto de orvalho do ar, a massa de ar movimentada pelo sistema e a umidade relativa, além de parâmetros técnicos, como o tipo do sistema de resfriamento, horário e duração de funcionamento e a potência do aparelho condicionador. Corroborando os autores, Deng *et al.* (2024) demonstram por meio de um modelo de regressão linear que a temperatura de bulbo seco, a umidade relativa e a temperatura do ponto de orvalho são parâmetros que tem impactos significativos na produção de água condensada.

Nesse sentido, Hosseinkhani e Kagari (2022) relatam produção de água condensada de diversos sistemas de condicionadores de ar da cidade de Teerã (Irã) de 0,76, 1,55 e 2,36 $L.h^{-1}$,

para condicionadores splits com potencias de 6.000, 12.000 e 24.000 BTU/h, respectivamente. Resultados similares aos reportados anteriormente por Siam *et al.* (2019), que calcularam em 1,45 e 2,78 $L.h^{-1}$ a produção de água condensada para condicionadores com potencias de 12.000 e 24.000 BTU/h, respectivamente, e temperatura ambiente de 16ºC. Já para aparelhos de 9.000 BTU/h e temperatura ambiente de 21ºC, Stephan e Stephan (2017) estimam a produção de água condensada de um condomínio residencial libanês em 1,23 $L.h^{-1}$. Marinho, Athayde Júnior e Quaresma (2021) reportaram geração de águas de condensação variando de 0,5 a 5,0 $L.h^{-1}$ para aparelhos de potência variando de 9.000 a 30.000 BTU/h e umidade relativa do ar variando de 60 a 80% na cidade de João Pessoa (Brasil).

Arden *et al.* (2021) afirmam que esta alternativa tem potencial para satisfazer até 26% da demanda de água dos edifícios norte-americanos, a depender do clima local. Nesse sentido, analisando a reutilização da água condensada oriunda de 57 aparelhos de ar-condicionado de uma repartição pública brasileira, Rodrigues, Silva e Athayde Júnior (2019) calcularam que o volume produzido pelo sistema é de 11,69 $m^3.mês^{-1}$, equivalente a 7,5% do consumo de água total do órgão. De modo similar, Deng *et al.* (2024) apontaram que a produção de água condensada pode suprir em até 6,5% o consumo total de água de uma universidade chinesa. Estes resultados são superiores aos relatados por Silva *et al.* (2019) que estimaram a produção de água condensada de um edifício em uma universidade brasileira em 2,31 $m^3.mês^{-1}$, correspondendo a 1,34% da demanda total de água da instituição.

Em relação à viabilidade econômica da reutilização da água condensada, Dhamodharan *et al.* (2024) demonstram que a produção de água condensada de um escritório indiano pode ser estimada em 8,2 $l.h^{-1}$, e que sua reutilização proporciona uma redução de 35% nos custos de energia. Diante desse contexto, os autores afirmam que, levando em consideração os custos para implementação do sistema e as economias energéticas, o período de retorno do projeto pode ser estimado em 6,2 anos.

Khan, Ali Abri e Badr (2021) demonstram que 2,7 milhões de litros de água condensada poderiam ser coletadas em um edifício residencial localizado no Omã, resultando em uma economia anual de aproximadamente 6.460 mil dólares, para um custo referente à instalação de tubulações estimado em 6 mil dólares, resultando em um período de retorno inferior a um ano. Nascimento e Vieira (2021) estimam que aparelhos com potência de 9.000 BTU/h de um condomínio residencial produzem 1495,4 $l.mês^{-1}$, gerando uma economia mensal de R$ 220,90, correspondendo a um período de retorno de aproximadamente 15 anos, tempo inferior ao horizonte de projeto estabelecido pelos autores (20 anos), atestando a viabilidade da reutilização da água condensada.

Nesse sentido, o presente artigo tem como objetivo avaliar a viabilidade econômica da instalação de um sistema de reaproveitamento de água de condensação proveniente de equipamentos condicionadores de ar de uma residência unifamiliar.

2 METODOLOGIA

A viabilidade econômica da reutilização de água de condensação foi analisada a partir de uma residência unifamiliar hipotética, atendendo quatro habitantes. Ademais, é localizada na cidade de João Pessoa, capital do estado da Paraíba, região litorânea do Nordeste brasileiro. A cidade de João Pessoa é caracterizada por apresentar um clima tropical úmido, com teores de umidade relativa do ar variando entre 60% e 80% (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuárias – Embrapa, 2018; Instituto Nacional de Meteorologia – Inmet, 2010). A Figura 1 ilustra a localização da cidade citada.

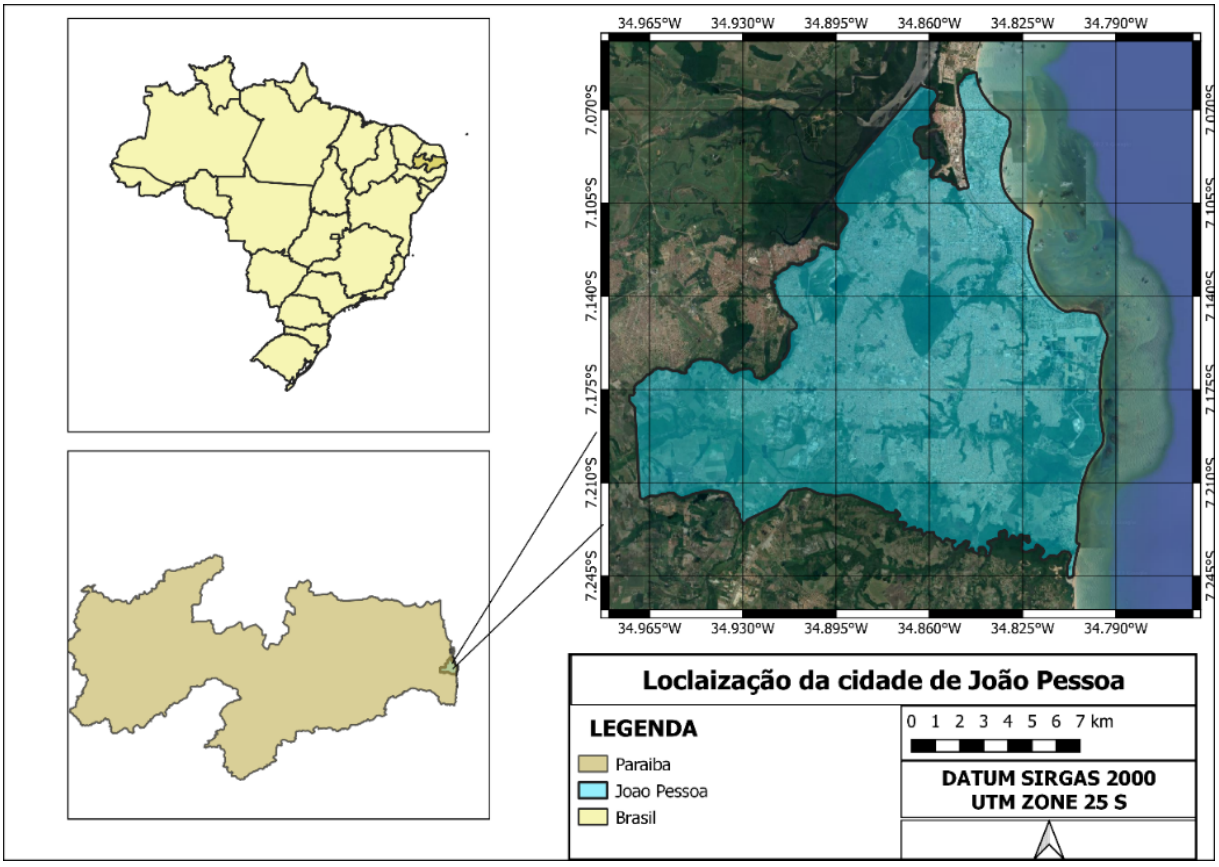

Figura 1 – Localização da cidade de João Pessoa.

2.1 Produção de água condensada

A vazão dos equipamentos foi calculada de acordo com a Equação 1 desenvolvida por Marinho, Athayde Júnior e Quaresma (2021).

$$Q = \left(4{,}1 * 10^{-5} \cdot P\right) + \left(1{,}25 * 10^{-2} \cdot H\right) - 0{,}215 \qquad (1)$$

Sendo:
Q: Vazão da água condensada (L.h-¹)
P: Potência dos aparelhos de ar condicionado (BTU/h)
H: Teor de umidade (%)

Na residência foi considerada a existência de dois aparelhos de ar-condicionado, com uma potência de 9.000 BTU/h cada, funcionando 8h.dia^{-1}. Ademais, foram utilizados três valores de variação de umidade do ar, 60%, 70% e 80%, além de uma variação no tempo de uso de 6, 9 e 12 meses.ano^{-1}.

2.2 Consumo de água da residência

O consumo de água da residência foi estabelecido a partir da quantidade de moradores, sendo que pra cada morador foi considerado um consumo médio de água de 150 L.dia^{-1}. Dessa forma, o consumo de água para quatro moradores foi estimado em 18 m³.mês^{-1}.

2.3 Tarifas de água

Para que fosse calculada a economia provocada pelo reaproveitamento da vazão gerada pelos condicionadores de ar foi necessário conhecer o valor da tarifa que incide sobre o valor excedente à taxa de consumo mínimo de água para um consumo de 18 m^3·mês^{-1} (Tabela 1).

Tabela 1 – Vavor do m³ de água, excedente ao consumo mínimo, para um consumo de 18 m³.mês⁻¹, por Estado (2023).

Entidade	Estado	Tarifa residencial normal (R$/m³)
Saerb	Acre	2,58
Casal	Alagoas	13,42
Caesa	Amapá	3,28
Águas de Manaus	Amazonas	10,06
Embasa	Bahia	8,96
Cagece	Ceará	7,00
Caesb	Distrito Federal	8,14
Cesan	Espirito Santo	7,35
Saneago	Goiás	6,69
Caema	Maranhão	5,16
Iguá	Mato Grosso	5,29
Sanesul	M. Grosso do Sul	6,99
Copasa	Minas Gerais	9,51
Cosanpa	Pará	6,05
Cagepa	Paraíba	5,97
Sanepar	Paraná	8,48
Compesa	Pernambuco	6,44
Agespisa	Piauí	8,68
Cedae	Rio de Janeiro	11,55
Caern	R. Grande do Norte	6,53
Corsan	Rio Grande do Sul	7,76
Águas de ariquemes	Rondônia	6,30
Caer	Roraima	3,79
Casan	Santa Catarina	11,53
Sabesp	São Paulo	5,31
Deso	Sergipe	9,82
Saneatins	Tocantins	10,12

Fonte: Silva (2023).

Devido à variação nos valores praticados, foram adotados para os cálculos os valores mínimo, médio e máximo das tarifas levantadas dos 26 Estados brasileiros e o Distrito Federal. Desse modo, a tarifa mínima identificada foi a do Acre (R$ 2,58), enquanto que a tarifa máxima foi a de Alagoas (R$ 13,42). A tarifa média foi calculada em R$ 7,51.

2.4 Economia gerada pela reutilização da água condensada

Para cada período de uso por ano, umidade do ar e os valores de tarifa mínima, média e máxima, foram calculadas as economias geradas, em reais. Para isso, multiplicou-se as tarifas pelas vazões dos aparelhos, obtidas em m³.ano⁻¹, nos períodos de uso e umidades adotadas.

2.5 Análise do benefício e do custo

A análise do benefício e custo foi feita levando-se em conta o método do Valor Presente Líquido, de acordo com a Equação 2, em que se aplicava uma determinada taxa de desconto sobre o valor da economia gerada pelos aparelhos à medida que os anos de projeto avançavam ocorria a desvalorização do capital investido. As taxas de juros consideradas foram de 2%, 8% e 14% ao ano, obtidas por meio de levantamento da série histórica da taxa SELIC dos últimos 10 anos. Assim, foram criados mais três grupos de cenários a serem analisados, que correspondem a cada uma das taxas adotadas.

$$VPL = \sum_{j=0}^{n} R_j (1+i)^{-j} - \sum_{j=0}^{n} C_j (1+i)^{-j} \qquad (2)$$

Sendo:
Rj = valor presente das receitas;
Cj = valor presente dos custos;
i = taxa de juros;
j = período em que as receitas ou custos ocorrem;
n = tempo de duração do projeto.

Os custos de projeto foram resumidos nos custos de material e mão de obra, com período de 20 anos de projeto. O reservatório de armazenamento foi escolhido levando-se em consideração a maior vazão diária dos aparelhos, estimando-se que toda a água produzida em um dia será utilizada no mesmo dia, em decorrência da pequena quantidade gerada. O valor da mão de obra foi determinado por meio de pesquisa no mercado atual.

2.6 Análise do Valor Presente Líquido (VPL)

A análise do VPL foi realizada a partir da Equação 2, levando em consideração o custo inicial total,

referente ao investimento realizado, além da soma dos benefícios gerados ao fim do horizonte de projeto, considerado como sendo de 20 anos. Em seguida, foi realizada a subtração dos custos totais e dos benefícios acumulados em cada período de uso, umidades e tarifas correspondentes. Valores positivos da análise benefício-custo indicam a viabilidade do aproveitamento da água de condensação.

2.7 Análise da razão Benefício/Custo (B/C)

Nessa análise foi realizada a divisão do benefício acumulado em cada período de uso/ano, umidades e tarifa correspondente, pelo custo total. O valor encontrado nesta divisão é adimensional. Essa análise indica se haverá viabilidade ou não em cada um dos cenários apresentados. Para que haja viabilidade, a razão deve apresentar valores maiores ou iguais a 1.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Geração de água condensada e benefícios associados

Aplicando a Equação 1 e considerando o teor de umidade de 60%, 70% e 80%, a produção de água condensada oriunda dos aparelhos de ar-condicionado com potência de 9000 BTU/h foi estimada em 1,81 $L.h^{-1}$, 2,06 $L.h^{-1}$ e 2,31 $L.h^{-1}$, respectivamente.

Assim, para um período de uso de seis meses e umidades de 60%, 70% e 80%, a vazão da água condensada foi calculada em 2,60 $m^3.ano^{-1}$, 2,96 $m^3.ano^{-1}$ e 3,32 $m^3.ano^{-1}$, respectivamente, enquanto que para um período de utilização de nove meses foram estimadas vazões de 3,90 $m^3.ano^{-1}$, 4,44 $m^3.ano^{-1}$ e 4,98 m^3ano^{-1}, para teores de umidade de 60%, 70% e 80%, respectivamente. Já para o cenário de uso de 12 meses, considerando as mesmas umidades, obteve-se vazões de 5,20 $m^3.ano^{-1}$, 5,92 $m^3.ano^{-1}$ e 6,64 $m^3.ano^{-1}$.

Considerando o consumo de água da residência como sendo de 18 $m^3.mês^{-1}$, ou 216 $m^3.ano^{-1}$, tem-se que a reutilização da água condensada é capaz de suprir em até 3% a demanda de água total, referente ao cenário de utilização dos aparelhos de ar-condicionado por 12 meses e teor de umidade de 80%, enquanto que para um período de uso de 6 meses e teor de umidade de 60%, a reutilização da água condensada supre 1,2% da demanda hídrica da residência.

Da mesma forma, levando em consideração um consumo de água de 18 $m^3.mês^{-1}$ e considerando ainda as tarifas de consumo mínima, máxima e média como sendo de R$ 2,58, R$ 13,42 e R$ 7,51, respectivamente, tem-se que a economia causada pelo reaproveitamento das águas dos aparelhos é diretamente proporcional ao teor de umidade e tarifa, de modo que quanto mais elevadas forem essas variáveis, maior será a economia produzida.

Assim, de acordo com a Tabela 2, o cenário que produz mais economia é aquele que considera a utilização dos aparelhos de ar-condicionado por 12 meses, durante 8 horas por dia, com um teor de umidade de 80%, de modo que para a tarifa mínima de água essa economia seria de R$ 17,14, enquanto que para tarifa média a economia gerada pela reutilização da água condensada seria de R$ 49,92, e R$ 89,20 para a tarifa máxima.

Tabela 2 – Economia anual gerada a partir da reutilização da água de condensação.

Período de utilização do aparelho de ar condicionado (meses/ano)	Umidade do ar (%)	Economia para tarifa mínima (R$/ano)	Economia para tarifa média (R$/ano)	Economia para tarifa máxima (R$/ano)
6	60	6,71	19,55	34,94
	70	7,64	22,26	39,77
	80	8,57	24,96	44,60
9	60	10,07	29,33	52,41
	70	11,46	33,38	59,66
	80	12,86	37,44	66,90
12	60	13,43	39,10	69,88
	70	15,29	44,51	79,54
	80	17,14	49,92	89,20

3.2 Valor presente líquido (VPL) e razão Benefício/Custo (B/C)

Os custos para a execução do projeto dizem respeito principalmente à infraestrutura e mão de obra, de modo que a tubulação e conexões correspondem a um valor de aproximadamente R$ 60,00, enquanto o reservatório escolhido, uma bombona de 50 litros, custa em média R$ 41,70. A mão de obra se resumiu apenas ao encanador, correspondendo a uma diária de R$ 140,00. Assim, o custo total, que corresponde ao investimento inicial, é de R$ 171,70.

Desse modo, para a taxa de juros de 2% a.a., o benefício acumulado foi estimado entre R$ 111,99 e R$ 1487,77, correspondendo aos dois extremos do cenário analisado, ou seja, uso de 6 meses. ano^{-1}, umidade de 60% e tarifa de água, e uso de 12 meses/ano, umidade de 80% e tarifa de água máxima, respectivamente. No cenário em que a taxa de desconto considerada foi de 8% ao ano, tem-se um benefício acumulado de R$ 71,20 a R$ 945,88, para os mesmos cenários relatados anteriormente, respectivamente. Já para o cenário que considera um desconto de 14% ao ano, o benefício acumulado variou de R$ 50,70 a R$ 673,52, para os dois cenários extremos descritos anteriormente, respectivamente.

A Tabela 3 apresenta o VPL para taxas de desconto de 2%, 8% e 14% ao ano, considerando que valores negativos indicam a não viabilidade do projeto, e valores positivos atestam sua viabilidade.

A análise do VPL demonstra que para uma taxa de desconto de 2% ao ano, o tempo de uso de 6 meses.ano^{-1} se mostra viável apenas para locais com tarifa máxima e média, enquanto que para o cenário de uso de 9 meses.ano^{-1} a reutilização da água condensada é viável para todas as tarifas, porém, para a tarifa mínima a viabilidade é atestada apenas para umidades de 70% e 80%. Já para o uso de 12 meses.ano^{-1}, é viável para todos os valores de tarifa e umidade. Do mesmo modo, para a análise Benefício/Custo os cenários de viabilidade foram os mesmos obtidos na análise do VPL.

Tabela 3 – Valor Presente Líquido do aproveitamento de águas de condensação.

Taxa de desconto de 2% ao ano				
Período de utilização do aparelho de ar condicionado (meses/ano)	**Umidade do ar (%)**	**VPL para tarifa mínima (R$)**	**VPL para tarifa média (R$)**	**VPL para tarifa máxima (R$)**
6	60	-59,71	154,29	411,03
	70	-44,23	199,48	491,61
	80	-28,74	244,57	572,19
9	60	-3,72	317,44	702,40
	70	19,51	385,07	823,96
	80	42,74	452,70	944,23
12	60	52,27	480,48	993,77
	70	83,24	570,66	1154,92
	80	113,21	660,84	1316,07
Taxa de desconto de 8% ao ano				
Período de utilização do aparelho de ar condicionado (meses/ano)	**Umidade do ar (%)**	**VPL para tarifa mínima (R$)**	**VPL para tarifa média (R$)**	**VPL para tarifa máxima (R$)**
6	60	-100,50	35,62	198,78
	70	-90,66	64,28	250,01
	80	-80,81	92,95	301,24
9	60	-64,90	139,28	384,02
	70	-50,14	182,28	460,86
	80	-35,37	225,28	537,71
12	60	-29,30	242,93	569,26
	70	-9,62	300,27	671,72
	80	10,07	357,60	774,18
Taxa de desconto de 14% ao ano				
Período de utilização do aparelho de ar condicionado (meses/ano)	**Umidade do ar (%)**	**VPL para tarifa mínima (R$)**	**VPL para tarifa média (R$)**	**VPL para tarifa máxima (R$)**
6	60	-121,00	-24,08	92,10
	70	-113,99	-3,67	128,58
	80	-106,98	16,75	165,06
9	60	-95,65	49,73	224,01
	70	-85,14	80,35	278,72
	80	-74,62	110,97	33344
12	60	-70,31	123,54	355,91
	70	-56,29	164,37	428,86
	80	-42,27	205,19	501,82

Analisando o VPL a partir de uma taxa de desconto de 8% ao ano, tem-se que para os cenários de uso de 6 meses.ano^{-1} e 9 meses.ano^{-1}, a reutilização da água condensada é viável apenas para locais com tarifa máxima e média, enquanto que para o cenário de uso de 12 meses.ano^{-1} a viabilidade é atestada para as tarifas médias e máximas, e na mínima para locais com teor de umidade na faixa de 80%. Para a análise da razão Benefício/Custo os cenários de viabilidade foram os mesmos obtidos na análise Benefício.

Considerando uma taxa de desconto de 14% ao ano a análise do VPL demonstra que para um período de uso de seis meses-ano^{-1} a reutilização da água condensada seria viável apenas em locais com tarifa máxima, além de localidades com 80% de teor de umidade e tarifa média. Para o cenário de uso de 9 meses.ano^{-1} e 12 meses.ano^{-1} a alternativa é viável apenas para a tarifa máxima e média.

A Tabela 4 apresenta os valores da razão Benefício/Custo, com valores iguais ou superiores a 1 indicando a viabilidade do reaproveitamento da água de condensação. Nesse sentido, a análise Benefício/Custo atestou a viabilidade dos mesmos cenários identificados como viáveis pela análise do VPL.

Tabela 4 – Razão Benefício/Custo do aproveitamento de águas de condensação.

Taxa de desconto de 2% ao ano				
Período de utilização do aparelho de ar condicionado (meses/ano)	**Umidade do ar (%)**	**B/C para tarifa mínima**	**B/C para tarifa média**	**B/C para tarifa máxima**
6	60	0,65	1,90	3,39
	70	0,74	2,16	3,86
	80	0,83	2,42	4,33
9	60	0,98	2,85	5,09
	70	1,11	3,24	5,79
	80	1,25	3,64	6,50
12	60	1,30	3,80	6,79
	70	1,48	4,32	7,73
	80	1,67	4,85	8,66
Taxa de desconto de 8% ao ano				
Período de utilização do aparelho de ar condicionado (meses/ano)	**Umidade do ar (%)**	**B/C para tarifa mínima**	**B/C para tarifa média**	**B/C para tarifa máxima**
6	60	0,41	1,21	2,16
	70	0,47	1,37	2,46
	80	0,53	1,54	2,75
9	60	0,62	1,81	3,24
	70	0,71	2,06	3,68
	80	0,79	2,31	4,13
12	60	0,83	2,41	4,32
	70	0,94	2,75	4,91
	80	1,06	3,08	5,51

continua...

Tabela 4 – Continuação...

Taxa de desconto de 14% ao ano				
Período de utilização do aparelho de ar condicionado (meses/ano)	**Umidade do ar (%)**	**B/C para tarifa mínima**	**B/C para tarifa média**	**B/C para tarifa máxima**
6	60	0,30	0,86	1,54
	70	0,34	0,98	1,75
	80	0,38	1,10	1,96
9	60	0,44	1,29	2,30
	70	0,50	1,47	2,62
	80	0,57	1,65	2,94
12	60	0,59	1,72	3,07
	70	0,67	1,96	3,50
	80	0,75	2,20	3,92

3.3 Limitações dos resultados e sugestões para estudos futuros

Os resultados encontrados neste estudo estão limitados aos cenários considerados, a saber: residência com consumo de água de 18 m^3.$mês^{-1}$, valor do m^3 de água excedente ao consumo mínimo variando de R$ 2,58 a R$ 13,42 por m^3 de água consumida (para um consumo de 18 m^3.$mês^{-1}$ no ano de referência 2023), umidade relativa do ar entre 60% e 80%, taxas de juros entre 2% e 14% e utilização do aparelho condicionador de ar de 9000 BTU/h por 8 horas por dia entre 6 e 12 meses do ano.

Como sugestões para estudos futuros, indica-se ampliar os cenários de consumo de água na residência, bem como a quantidade e potência dos aparelhos condicionadores de ar.

4 CONCLUSÕES

O aproveitamento da água de condensação oriunda de aparelhos de ar-condicionado em uma residência se configurou como opção de baixo custo, devido ao seu pequeno investimento inicial necessário. Para os cenários aqui analisados, essa fonte alternativa de água para residências pode ser economicamente viável, a depender de valores favoráveis de umidade relativa do ar, tarifa de água, intensidade de uso do aparelho e taxa de juros praticados no mercado. Neste estudo de caso, a viabilidade econômica ocorreu com mais frequência para os cenários com taxa de juros de 2% e 8%, umidades de 70% e 80%, tarifas máximas e médias e utilização do equipamento de 9 meses.ano^{-1} e 12 meses.ano^{-1}.

5 CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Conceitualização: Athayde Júnior GB e Silva ALP; **Metodologia**: Silva ALP e Athayde Júnior GB; **Investigação**: Silva ALP e Quaresma IN; **Redação – Primeira versão**: Silva ALP, Quaresma IN e Athayde Júnior GB; **Redação – Revisão & Edição**: Athayde Júnior GB, Silva ALP e Quaresma IN; **Supervisão**: Athayde Júnio, GB.

6 REFERÊNCIAS

AHMED, S. *et al.* Emerging an Approach to Recuperate Condensate Water From Air Conditioners In Karachi, Pakistan. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENERGY, ENVIRONMENT AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 6., Mehran, 2022. **Proceedings** [...]. [*S. l.: s. n.*], 2022.

ARDITA, I. N.; SUBAGIA, W. A. The application of condensate water as an additional cooling media intermittently in condenser of a split air conditioning. **Journal of Physics**:

Conference Series, Bristol, v. 953, e012059, 2018. doi: https://doi.org/10.1088/1742-6596/953/1/012059

ARDEN, S. *et al.* Onsite Non-potable Reuse for Large Buildings: Environmental and Economic Suitability as a Function of Building Characteristics and Location. **Water Research**, Amsterdam, v. 191, 2021. doi: https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116635

BRASIL. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento**. 2023. Disponível em: http://antigo.snis.gov.br/. Acesso em: 13 out. 2023.

DENG, X. *et al.* Feasibility of condensate water recycle of split air handling unit in Chinese University buildings. **Energy and Built Environment**, Amsterdam, v. 5, p; 309-315, 2024. doi: https://doi.org/10.1016/j.enbenv.2022.10.006

DHAMODHARAN, P. *et al.* Energy saving potential in radiant cooling system by utilizing air-conditioning condensate: A strategy for green building rating. **Applied Thermal Engineering**, Amsterdam, v. 236, 2024. doi: https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2023.121492

DHAMODHARAN, P. *et al.*. Current state of research in air-conditioning condensate utilization and challenges: A review approach. **Applied Thermal Engineering**, Amsterdam, v. 233, 2023. doi: https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2023.121171

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIAS – EMBRAPA. **Clima.** 2018 Disponível em: https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm. Acesso em: 15 out. 2023.

HOSSEINKHANI, O.; KAGARI, A. Production of high-quality drinking water from chillers and air conditioning units' condensates using UV/GAC/MF/NF hybrid system. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 368, 2022. doi: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133177

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Normas Climatológicas 1981-2010**. Brasília, DF: Inmet, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo demográfico do Brasil em 2022.** Brasília, DF: IBGE, 2022. Disponível em: https://censo2022.ibge.gov.br/. Acesso em: 5 jul. 2023.

KHAN, S. A.; ALI ABRI, A. H.; BADR, A. Recycling chilled water condensate from a/c units to reduce water scarcity in Oman. *In*: BADR, A. *et al.* (eds.). T**owards a Sustainable Water Future**: Proceedings. London: ICE Publishing, 2021. p. 221-225.

MARINHO, D. S.; ATHAYDE JÚNIOR, G. B.; QUARESMA, I.N. Estimativa da vazão de água condensada proveniente de aparelhos condicionadores de ar. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 10, n. 13, e104101321100, 2021. doi: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i13.21100

NASCIMENTO, I. S.; VIEIRA, Z. C. Avaliação Financeira do Reuso da Água de Condicionadores de Ar em Condomínio. *In*: CONGRESSO TÉCNICO-CIENTÍFICO DE ENGENHARIA E AGRONOMIA, 2021. **Anais** [...]. [*S. l.: S. n.*], 2021.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. **Água**. ONU, 2023. Disponível em: https://unric.org/pt/agua. Acesso em: 5 jul. 2023.

RODRIGUES, J. O. N.; SILVA, T. C.; ATHAYDE JÚNIOR, G. B. Análise quali-quantitativa da água condensada gerada por aparelhos de ar-condicionado. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, Salvador, v. 7, n. 2, p. 160-174, 2019.

SABNIS, A. *et al.* Quality Testing of Air Conditioner Condensate and Its Potential in Water Conservation. **Journal of Water Resource and Protection**, Glendale, v. 12, n. 2, p. 93-101, 2020. doi: https://doi.org/10.4236/jwarp.2020.122006

SIAM, L. *et al.* Developing a Strategy to Recover Condensate Water from Air Conditioners in Palestine. **Water**, [*s. l.*], v. 11, n. 8, 2019. doi: https://doi.org/10.3390/w11081696

SILVA, A, L, P. **Viabilidade econômica do uso de água de condensação proveniente de aparelhos condicionadores de ar como fonte alternativa de água em edificações residenciais**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2023.

SILVA, L. C. C. *et al.* N. Water sustainability potential in a university building – Case study. **Sustainable Cities and Society**, Amsterdam, v. 47, 2019. doi: https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101489

STEPHAN, A.; STEPHAN, L. Life cycle water, energy and cost analysis of multiple water harvesting and management measures for apartment buildings in a Mediterranean climate. **Sustainable Cities and Society**, Amsterdam, v. 32, p. 584-603, 2017. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.scs.2017.05.004