



**XVIII CONBRAVA - CONGRESSO BRASILEIRO DE REFRIGERAÇÃO, AR-CONDICIONADO, VENTILAÇÃO, AQUECIMENTO E TRATAMENTO DO AR**  
São Paulo Expo – 13 à 15 de setembro de 2023

## **SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR POR RODA DESSECANTE: UMA REVISÃO DO ESTADO DA ARTE NO BRASIL E NO MUNDO**

### **PAPER 21**

#### **RESUMO**

Sistemas de condicionamento de ar por compressão de vapor são responsáveis por um maior consumo de energia elétrica dentro de edifícios, além de utilizarem fluidos nocivos ao meio ambiente. Como alternativa, os sistemas de condicionamento de ar por roda dessecante vêm sendo estudados cada vez mais. O objetivo deste trabalho é realizar uma revisão narrativa da literatura analisando artigos publicados em periódicos de acesso restrito e aberto e que foram publicados nos últimos 15 anos sobre sistemas de condicionamento de ar que utilizam roda dessecante como princípio de funcionamento. Durante o estudo foi verificado que a temperatura de regeneração do material adsorvente variou de 40 °C a 110 °C. Além disso, foram obtidos os valores médios do COP (0,81) e da capacidade frigorífica (30 kW), o que demonstra que o sistema estudado é usado prioritariamente em aplicações de pequeno e médio porte.

**Palavras-chave:** roda dessecante; ar condicionado; AVAC; sistemas de refrigeração alternativos.

#### **ABSTRACT**

Vapor compression air conditioning systems are responsible for a higher consumption of electricity inside buildings, in addition to using fluids that are harmful to the environment. As an alternative, desiccant wheel air conditioning systems are being studied more and more. The objective of this work is to carry out a narrative review of the literature, analyzing articles published in restricted and open access journals that were published in the last 15 years on air conditioning systems that use a desiccant wheel as an operating principle. During the study it was verified that the regeneration temperature of the adsorbent material ranged from 40 °C to 110 °C. In addition, mean COP values (0.81) and refrigerating capacity (30 kW) were obtained, which demonstrates that the studied system is primarily used in small and medium-sized applications.

**Keywords:** desiccant wheel; air conditioning; HVAC; alternative cooling systems.

### **1 INTRODUÇÃO**

Atualmente, uma grande parte da população tem passado a maior parte do seu tempo em edifícios (VIANA, 2017). Por isso, surge a necessidade de se condicionar os ambientes e para isso faz-se necessário a utilização de sistemas de refrigeração, sendo o mais utilizado o sistema por compressão de vapor (CAMARGO, 2003). Tal sistema necessita de uma grande quantidade de energia elétrica para o seu funcionamento (JANI et al., 2016) e, ao longo dos anos, esse tipo de sistema vem sendo utilizado sem moderação (DA SILVA, 2010). Considerando o consumo de energia elétrica dentro dos edifícios, o ar-

condicionado por compressão de vapor é uma das cargas que mais impactam no consumo total, o que causa de forma considerável um estresse na rede de distribuição de eletricidade local (GUO et al., 2017). Ele responde por cerca de 50% de energia consumida dentro dos edifícios e pelo aumento das emissões de gases causadores do efeito estufa (QADAR CHAUDHARY et al., 2018). Sendo assim, faz-se necessário desenvolver tecnologias alternativas que possibilitem aos usuários um melhor conforto térmico (VIANA, 2017).

Iniciado a partir de 1930, o estudo sobre a utilização de sistemas dessecantes vem sendo aperfeiçoado cada vez mais nos dias atuais (ZOUAOUI et al., 2016). Tais sistemas são utilizados para controlar a umidade em ambientes com cargas latentes altas (COMINO et al., 2016) e assim melhorar a qualidade do ar do ambiente climatizado (DE MEDEIROS et al., 2006).

Os sistemas de resfriamento dessecante apresentam a vantagem de reduzir o consumo de energia, além de não causar impacto na camada de ozônio, promovendo a sustentabilidade uma vez que o fluido de trabalho é o próprio ar atmosférico (MACHADO, 2021). Os estudos utilizando sistemas dessecantes são preferencialmente utilizados em ambientes que possuem condições climáticas que apresentem alta umidade e temperatura (condições tropicais úmidas) (RIAZ et al., 2021). Contudo, mesmo sendo considerado uma tecnologia simples, ela é pouco utilizada em regiões brasileiras de clima tropical (CAMARGO, 2003).

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

O sistema de refrigeração dessecante é composto pelos seguintes componentes: a roda dessecante, o trocador de calor sensível, a unidade de resfriamento evaporativo e a unidade de regeneração (LEDESMA, 2017). O sistema de resfriamento dessecante básico e sua carta psicrométrica são apresentados nas Figuras 1 e 2, respectivamente.

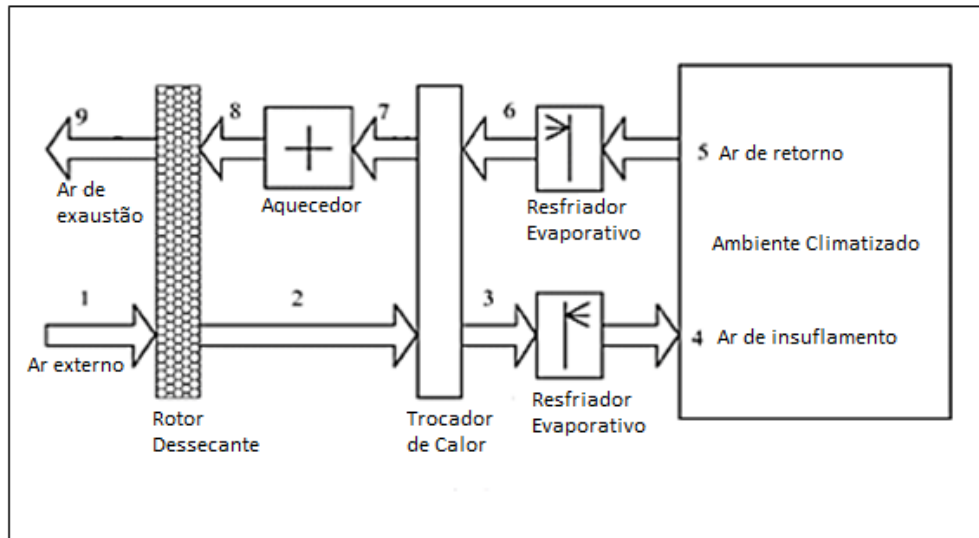
No ciclo básico de funcionamento, ciclo de ventilação, o ar externo ou ar de processo, ao passar pela roda dessecante (1-2) tem sua umidade reduzida e sua temperatura aumentada, pois a condensação da umidade implica na rejeição de calor que é transferida ao ar de processo.

Em seguida, o ar de processo passa por um trocador de calor (2-3) com o objetivo de reduzir a temperatura sem ganho de umidade, para que na próxima etapa ele possa ter sua umidade aumentada no resfriador evaporativo (3-4) fazendo com que o ar de processo seja condicionado na temperatura e umidade apropriada para o conforto humano e seja insuflado no ambiente climatizado.

O ar de retorno do ambiente é denominado de ar de exaustão e, ao sair do ambiente climatizado, passa primeiramente pelo resfriador evaporativo (5-6), onde tem sua temperatura reduzida e sua umidade aumentada. No próximo passo, o ar de exaustão passa pelo trocador de calor (6-7), onde há um aumento de temperatura com umidade constante a partir da troca de calor com o fluxo de ar de processo.

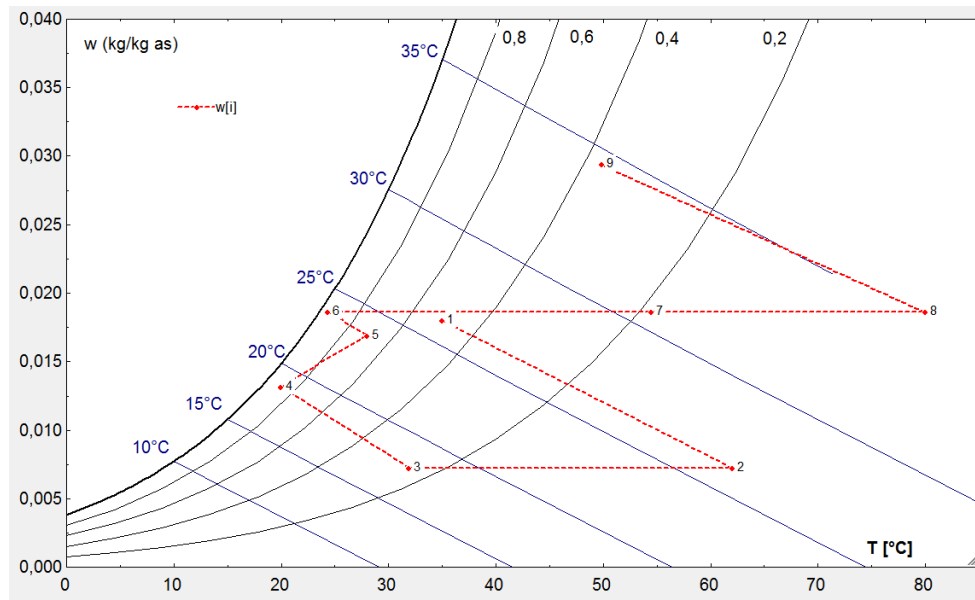
Para que o ar de exaustão tenha capacidade de regenerar o material adsorvente da roda dessecante, sua temperatura é drasticamente elevada por uma fonte de calor externa (7-8). Por fim, o ar de exaustão ao passar pela roda dessecante (8-9), fornece calor suficiente para a regeneração da mesma, reduzindo assim sua temperatura e aumentando sua umidade, em função da evaporação da umidade removida do ar de processo (PANARAS et al., 2011).

Figura 1 – Sistema de refrigeração dessecante



Fonte: Adaptado de DA SILVA et al., 2016.

Figura 2 – Carta psicrométrica



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os principais tipos de ciclo de funcionamento encontrados são: Ciclo Pennington (ciclo de ventilação), ciclo de recirculação, ciclo Dunkle, ciclo SENS e ciclo DINC (JANI, 2016). Desenvolvido no ano de 1955 e conhecido como Ciclo Pennington (LA et al., 2010), o ciclo de ventilação costuma ser o mais utilizado por ser o ciclo básico, além de ser mais simples de ser montado.

Por fim, o coeficiente de desempenho (COP) do sistema de resfriamento por roda dessecante para o modo de ventilação é apresentado (BOURDOUKAN et al., 2009). O principal objetivo sistema é promover resfriamento e, para isso, consome a energia térmica de regeneração:

$$COP = \frac{m_{ar,ent} \cdot (h_5 - h_4)}{m_{ar,sai} \cdot (h_8 - h_7)} \quad (1)$$

Se o modo de recirculação for considerado, a entalpia do estado 5 é substituída pelo estado 1.

### 3 METODOLOGIA

Este trabalho apresenta uma revisão narrativa da literatura sobre sistemas de condicionamento de ar que utilizam a roda dessecante. Para tal, foram analisados artigos publicados em periódicos de acesso restrito e aberto e que foram publicados nos últimos 15 anos.

A primeira etapa do trabalho consistiu na realização de uma busca na plataforma de acesso restrito "ScienceDirect". Foram utilizados os termos "solid desiccant wheel", "desiccant cooling", "desiccant air conditioning", "desiccant air-conditioning". Além disso, de modo a refinar a busca, foram utilizados os operadores booleanos AND e OR em combinação com os termos previamente definidos.

A busca retornou 99 artigos, os quais passaram por um processo de triagem quanto ao tipo de artigo, o ano de publicação (2008 a 2022) e o uso da roda dessecante para o condicionamento do ar. Sendo assim, foram definidos 20 artigos para análise.

Além do ScienceDirect, foi feita uma pesquisa na base de dados de acesso aberto, MDPI, onde encontrou-se 3 trabalhos que contemplavam a utilização dos sistemas de condicionamento do ar por roda dessecante. Desta forma, foram acrescentados esses 3 trabalhos aos 20 encontrados na etapa anterior, totalizando 23 artigos (Tabela 1).

Por fim, foi realizada uma busca no google acadêmico com a finalidade de se encontrar trabalhos no âmbito nacional. A partir dessa busca, não foram encontradas aplicações do sistema de condicionamento dessecante no Brasil.

Tabela 1 – Artigos selecionados para a revisão

ANO	TÍTULO	AUTOR
2008	Energy savings potential of a hybrid desiccant dehumidification air conditioning system in Beirut	(GHALI)
2010	Experimental investigation of a novel desiccant cooling system	(HÜRDOĞAN et al.)
2010	Simulation-optimization of solar-assisted desiccant cooling system for subtropical Hong Kong	(FONG et al.)

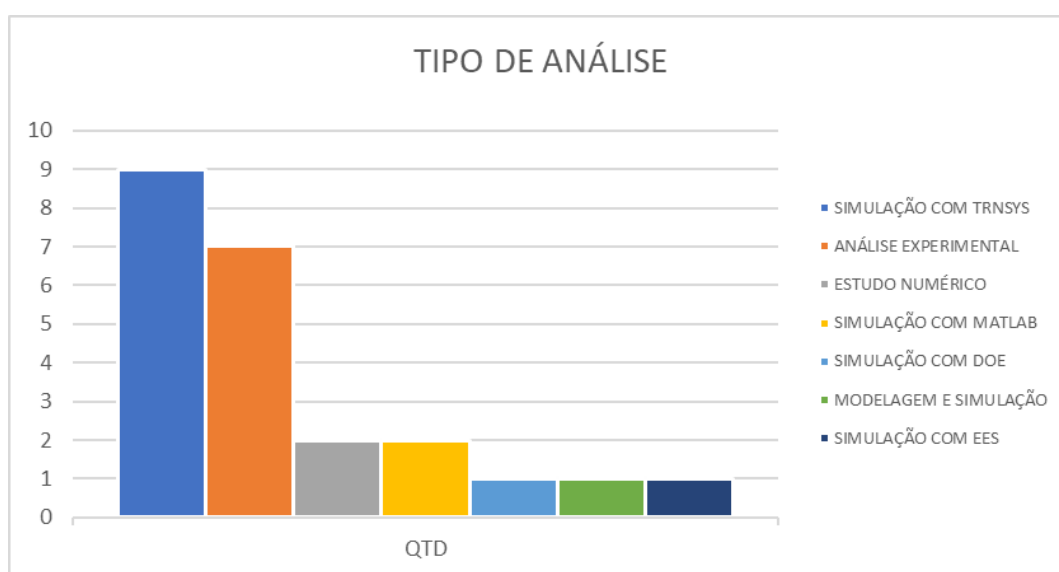
2011	Investigation on solar hybrid desiccant cooling system for commercial premises with high latent cooling load in subtropical Hong Kong	(FONG et al.)
2013	Experimental investigation of a novel configuration of desiccant based evaporative air conditioning system	(UÇKAN et al.)
2015	Numerical study on performance of a desiccant cooling system with indirect evaporative cooler	(GAO et al.)
2015	Performance investigation of solid desiccant evaporative cooling system configurations in different climatic zones	(ALI et al.)
2015	Simulation and energy saving analysis of high temperature heat pump coupling to desiccant wheel air conditioning system	(SHENG et al.)
2018	Experimental evaluation of a solid desiccant system integrated with cross flow Maisotsenko cycle evaporative cooler	(KASHIF SHAHZAD et al.)
2018	Integration of solar assisted solid desiccant cooling system with efficient evaporative cooling technique for separate load handling	(QADAR CHAUDHARY et al.)
2018	Multi-stage desiccant cooling system for moderate climate	(PANDELIDIS et al.)
2019	A novel hybrid desiccant-based ejector cooling system for energy and carbon saving in hot and humid climates	(HEIDARI et al)
2019	Enhanced thermodynamic assessments of the novel desiccant air cooling system for sustainable energy future	(CALISKAN et al. )
2019	Integrative modelling and optimisation of a desiccant cooling system coupled with a photovoltaic thermal-solar air heater	(FAN et al.)
2020	A novel solar cooling cycle – A ground coupled PV/T desiccant cooling (GPVTDC) system with low heat source temperatures	(GUO et al., 2020)
2020	Dynamic simulation of a solar desiccant cooling system combined with a ground source heat exchanger in humid climates	(HEIDARINEJAD et al., 2020)
2020	Experimental analysis of a solar assisted desiccant-based space heating and humidification system for cold and dry climates	(KASHIF et al.)
2021	Design and Energy Analysis of a Solar Desiccant Evaporative Cooling System with Built-In Daily Energy Storage	(RIAZ et al.)
2022	Energy and performance analysis of solar solid desiccant cooling systems for energy efficient buildings in tropical regions	(DEZFOULI et al.)
2022	Performance evaluation of a solar powered solid desiccant evaporative cooling system with different recirculation air ratios	(LAI et al.)
2022	Simulation of a desiccant air-conditioning system integrated with dew-point indirect evaporative cooler for a school building	(GÜZELEL et al.)
2022	A Novel Polygeneration System Based on a Solar-Assisted Desiccant Cooling System for Residential Buildings: An Energy and Environmental Analysis	(GESTEIRA et al.)
2022	A Polygeneration System Based on Desiccant Air Conditioning Coupled with an Electrical Storage	(GESTEIRA et al.)

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da leitura dos trabalhos selecionados, foram coletadas informações referentes às características dos sistemas estudados, como: COP, capacidade frigorífica do sistema, temperatura de regeneração, entre outros dados técnicos.

Existe uma predominância, conforme visto na Figura 3, de estudos experimentais e simulações computacionais realizadas através do software TRNSYS. Ambos produzem resultados confiáveis, uma vez que no estudo experimental o sistema desenvolvido é avaliado em suas condições de funcionamento real e no TRNSYS os dados inseridos são obtidos através de medições reais e/ou validados por fabricantes.

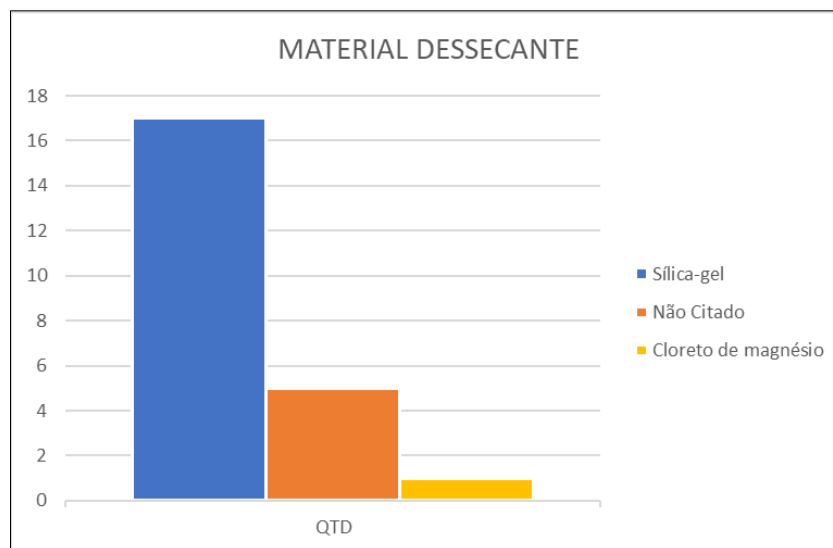
Figura 3 – Tipo de estudo realizado



Fonte: Elaborado pelos autores.

Sendo o material adsorvente o principal elemento da roda dessecante, é possível visualizar no Figura 4 que os autores utilizaram a sílica-gel como material dessecante em aproximadamente 74% dos trabalhos. A sílica-gel possui várias vantagens como material dessecante, tais como: alta capacidade de adsorção; pode ser facilmente regenerada ao ser aquecida a uma temperatura relativamente baixa para liberar a umidade, tornando-a pronta para reutilização; é relativamente barata em comparação com outros materiais dessecantes disponíveis no mercado e é um material não tóxico e seguro de usar, não representa riscos significativos para a saúde humana.

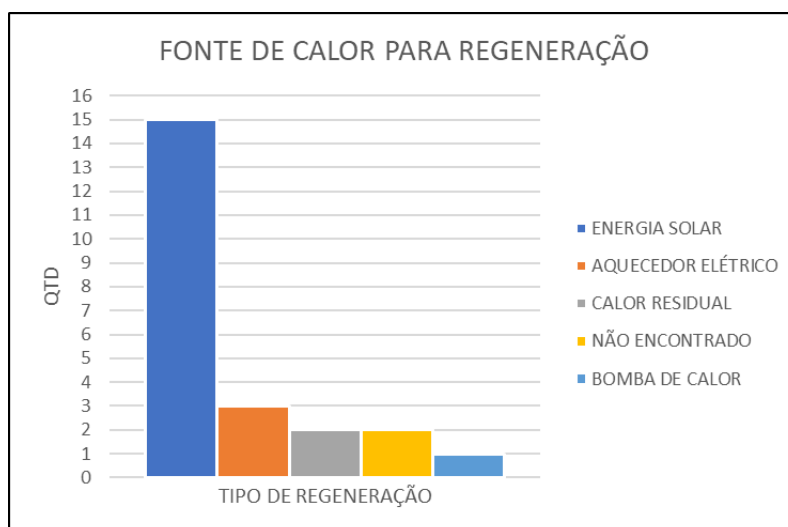
Figura 4 – Material dessecante



Fonte: Elaborado pelos autores.

Para que seja realizada a regeneração do material adsorvente, faz-se necessário a utilização de uma fonte de calor externa (Figura 5). Um dos principais pontos abordados pelos autores é o fato da utilização de uma fonte de energia renovável para que o sistema se torne o mais sustentável possível, visto que, a motivação principal dos estudos sobre o sistema dessecante é o seu caráter mais ecológico em relação aos sistemas de condicionamento de ar por compressão de vapor. Dito isso, quando são analisadas as fontes energia utilizadas para a regeneração do adsorvente, tem-se que dos 23 artigos, existe uma preferência por utilização de energia solar, sendo a mesma aplicada em aproximadamente 65% dos sistemas.

Figura 5 – Tipo de regeneração

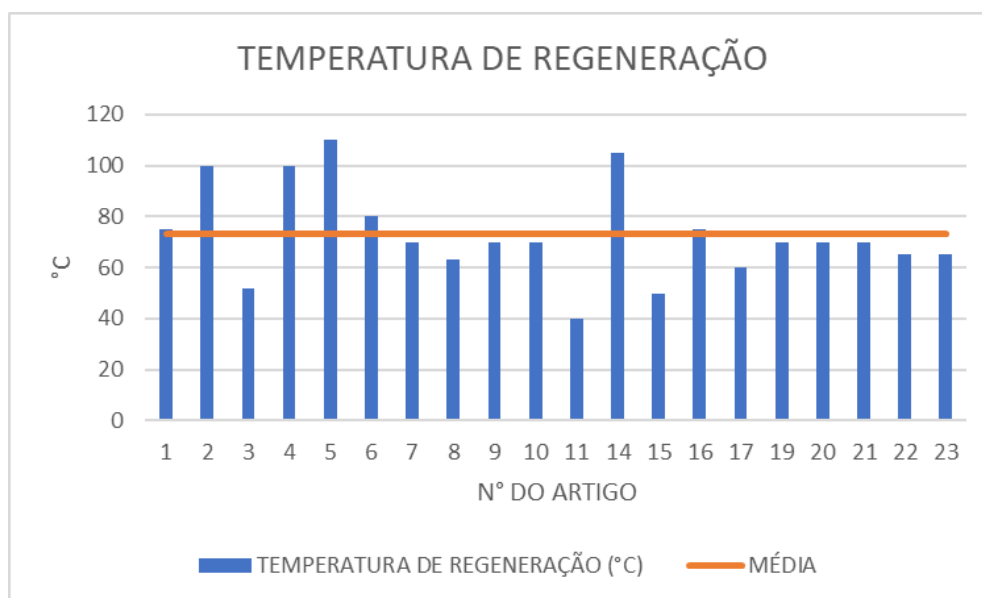


Fonte: Elaborado pelos autores.

Em relação a temperatura de regeneração, podemos obter alguns valores relevantes, como a maior temperatura de regeneração (110 °C) e a menor temperatura de regeneração (40 °C). Além disso, como é possível ver na

Figura 6, temos que a média da temperatura de regeneração é de 73 °C. Portanto, pode-se afirmar que os sistemas de dessecante apresentam uma boa efetividade térmica para uma faixa de temperaturas de regeneração relevantes para o uso principalmente de coletores solares planos (PANARAS et al., 2011).

Figura 6 – Temperatura de regeneração com média



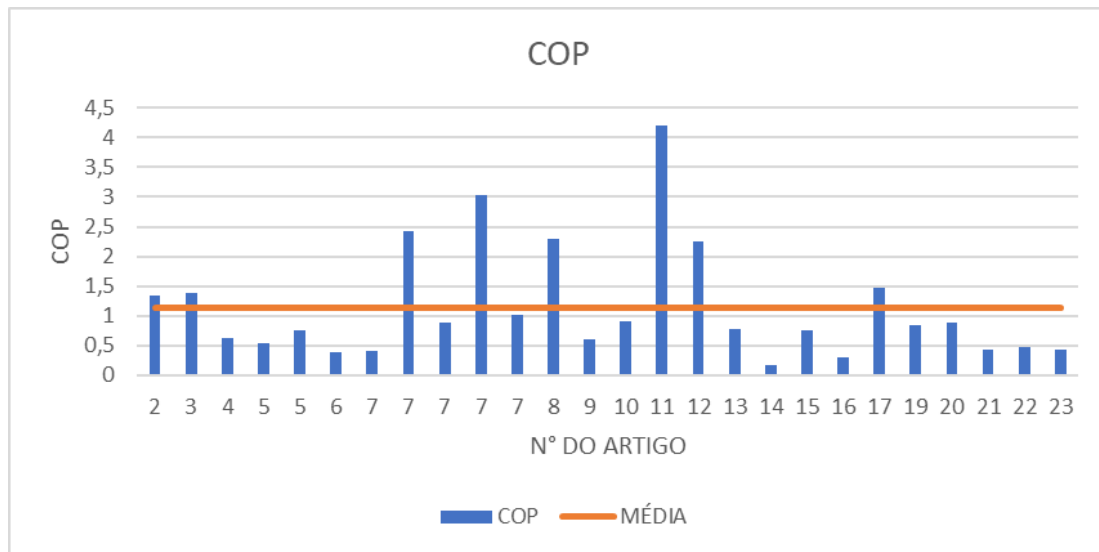
Fonte: Elaborado pelos autores.

Outro ponto importante abordado nos trabalhos é a informação do COP obtido durante o funcionamento do sistema. A Figura 7 apresenta os valores do COP compilados. O menor e o maior valor encontrado foi de 0,18 e 4,2 respectivamente, e o COP médio foi 1,14. É possível perceber que o menor e maior valor encontrados apresentam uma disparidade em relação à média. O artigo que apresentou o COP de 0,18 foi um estudo via MATLAB aplicado a um edifício genérico e a justificativa para tal valor de COP foi atribuída ao baixo desempenho do sistema de regeneração do adsorvente devido às condições climáticas sazonais, uma vez que se tinha uma variação de radiação solar, temperatura e umidade do ar externo (FAN et al., 2019). Já no estudo que traz um COP de 4,2, tem-se que a principal justificativa do alto valor está relacionada ao uso de um sistema multi-estágio de resfriamento (PANDELIDIS et al., 2018).

Como forma de minimizar o impacto dos valores extremos encontrados no COP, o que pode não refletir a realidade dos sistemas de condicionamento de ar por roda dessecante, foi-se proposto a utilização da mediana como medida de tendência central. O valor da mediana encontrado foi de 0,81, este valor é mais realístico levando em consideração os sistemas de adsorção.



Figura 7 – COP dos artigos com média

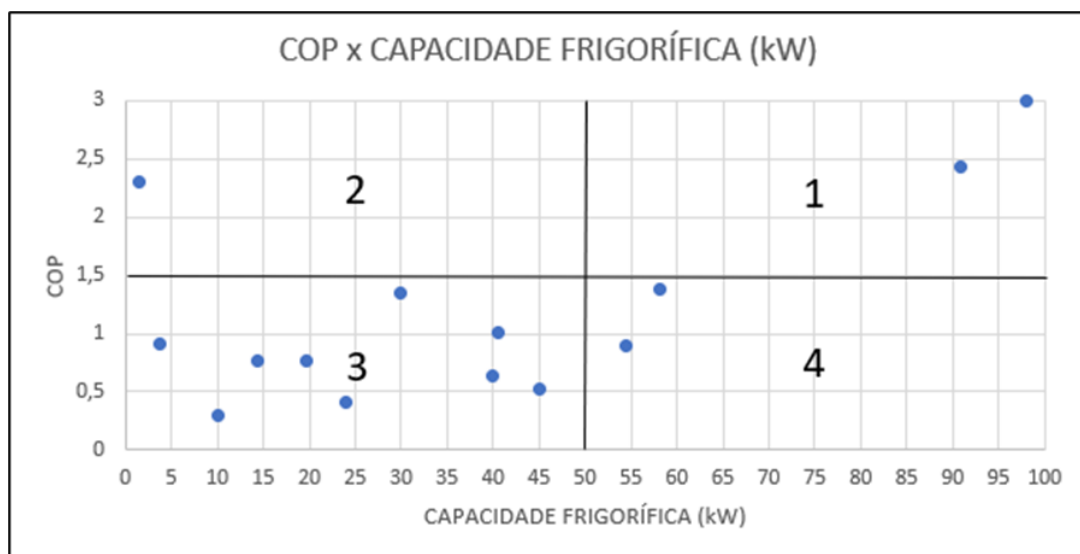


Fonte: Elaborado pelos autores.

Além disso, temos que o menor e o maior valor de capacidade frigorífica dos sistemas analisados foram de 1,41 kW e 98,1 kW, respectivamente. Valores estes que são encontrados em sistemas de refrigeração de pequeno a grande porte.

Na Figura 8, podemos visualizar a distribuição de pontos de COP versus capacidade frigorífica. Nota-se que a maioria dos pontos estão situados no terceiro quadrante, mesmo quadrante onde se encontra a mediana do COP (0,81). Em relação ao COP, é considerado um COP relativamente baixo comparado ao sistema de compressão de vapor. Por outro lado, a capacidade frigorífica está variando de 0-50 kW, o que corresponde a 0-14 TR, sendo esse valor recomendado para aplicações de sistemas de pequeno a médio porte.

Figura 8 – COP x Capacidade frigorífica



Fonte: Elaborado pelos autores.

## 5 CONCLUSÃO

Ao realizar esta revisão narrativa da literatura sobre os sistemas de condicionamento do ar por roda dessecante, é perceptível que tal sistema, comparado com o sistema de compressão de vapor, se torna mais atrativo quando há a possibilidade de se utilizar energia térmica renovável ou calor residual proveniente de outros processos para regenerar o material adsorvente da roda dessecante e promover o efeito frigorífico desejado no ambiente interior. Além disso, este sistema é ecologicamente sustentável, uma vez que tem como fluido de trabalho o ar, não sendo necessário a utilização de fluidos nocivos ao meio ambiente.

Outro ponto importante a ser mencionado é a dificuldade de se encontrar artigos que estudem os sistemas de condicionamento do ar por roda dessecante no Brasil. Isso mostra a lacuna que existe neste tema no âmbito nacional, visto que os principais estudos encontrados foram realizados por diversos pesquisadores internacionais.

## REFERÊNCIAS

ALI, M.; VUKOVIC, V.; SHEIKH, N. A.; ALI, H. M. Performance Investigation of Solid Desiccant Evaporative Cooling System Configurations in Different Climatic Zones. *Energy Convers. Manag.* 2015, 97, 323–339, doi:10.1016/j.enconman.2015.03.025.

BOURDOUKAN, P.; WURTZ, E.; JOUBERT, P. Experimental investigation of a solar desiccant cooling installation, *Sol. Energy.* 83 (2009) 2059–2073. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2009.08.005>.

CAMARGO, J. R. Sistemas de resfriamento evaporativo e evaporativo-adsortivo aplicados ao condicionamento de ar. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual Paulista. São Paulo, p.140. 2003.

CALISKAN, H.; LEE, D. Y.; HONG, H. Enhanced Thermodynamic Assessments of the Novel Desiccant Air Cooling System for Sustainable Energy Future. *J. Clean. Prod.* 2019, 211, 213–221, doi:10.1016/j.jclepro.2018.11.174.

COMINO, F.; RUIZ DE ADANA, M. Experimental and numerical analysis of desiccant wheels activated at low temperatures. *Energy Build.* 2016, 133, 529–540, doi:10.1016/j.enbuild.2016.10.021.

DEZFOULI, M. M. S.; SOPIAN, K.; KADIR, K. Energy and Performance Analysis of Solar Solid Desiccant Cooling Systems for Energy Efficient Buildings in Tropical Regions. *Energy Convers. Manag.* X 2022, 14, 100186, doi:10.1016/j.ecmx.2022.100186.

DA SILVA, M. G. Estudo experimental de um sistema de condicionamento de ar com rotores dessecantes. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, p.177. 2010.

DE MEDEIROS, J. M.; MARCONDES, F. Modelagem matemática e simulação numérica dos rotores dessecantes utilizados em sistemas de condicionamento de ar

por adsorção. CONEM, Recife, IV Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, p.10, 22-26 de agosto de 2006.

FONG, K. F.; CHOW, T. T.; LIN, Z.; CHAN, L. S. Simulation–Optimization of Solar-Assisted Desiccant Cooling System for Subtropical Hong Kong. *Appl. Therm. Eng.* 2010, 30, 220–228, doi:10.1016/j.applthermaleng.2009.08.008.

FONG, K. F.; LEE, C. K.; CHOW, T. T.; FONG, A. M. L. Investigation on Solar Hybrid Desiccant Cooling System for Commercial Premises with High Latent Cooling Load in Subtropical Hong Kong. *Appl. Therm. Eng.* 2011, 31, 3393–3401, doi:10.1016/j.applthermaleng.2011.06.024.

FAN, W.; KOKOGIANNAKIS, G.; MA, Z. Integrative Modelling and Optimisation of a Desiccant Cooling System Coupled with a Photovoltaic Thermal-Solar Air Heater. *Sol. Energy* 2019, 193, 929–947, doi:10.1016/j.solener.2019.10.030.

GHALI, K. Energy Savings Potential of a Hybrid Desiccant Dehumidification Air Conditioning System in Beirut. *Energy Convers. Manag.* 2008, 49, 3387–3390, doi:10.1016/j.enconman.2008.04.014.

GAO, W.; WOREK, W.; KONDURU, V.; ADENSIN, K. Numerical study on performance of a desiccant cooling system with indirect evaporative cooler. *Energy Build.* 2015, 86, 16–24, doi:10.1016/j.enbuild.2014.09.049.

GUO, J.; LIN, S.; BILBAO, J. I.; WHITE, S. D.; SPROUL, A. B. A review of photovoltaic thermal (PV/T) heat utilisation with low temperature desiccant cooling and dehumidification. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2017, 67, 1–14, doi:10.1016/j.rser.2016.08.056.

GUO, J.; BILBAO, J. I.; SPROUL, A. B. A Novel Solar Cooling Cycle – A Ground Coupled PV/T Desiccant Cooling (GPVTDC) System with Low Heat Source Temperatures. *Renew. Energy* 2020, 162, 1273–1284, doi:10.1016/j.renene.2020.08.050.

GÜZELEL, Y. E.; OLMUŞ, U.; BÜYÜKALACA, O. Simulation of a Desiccant Air-Conditioning System Integrated with Dew-Point Indirect Evaporative Cooler for a School Building. *Appl. Therm. Eng.* 2022, 217, 119233, doi:10.1016/j.applthermaleng.2022.119233.

GESTEIRA, L. G.; UCHE, J. A Novel Polygeneration System Based on a Solar-Assisted Desiccant Cooling System for Residential Buildings: An Energy and Environmental Analysis. *Sustainability* 2022, 14, 3449, doi:10.3390/su14063449.

GESTEIRA, L. G.; UCHE, J.; DEJO-ORICAIN, N. A Polygeneration System Based on Desiccant Air Conditioning Coupled with an Electrical Storage. *Sustainability* 2022, 14, 15784, doi:10.3390/su142315784.

HEIDARINEJAD, G.; RAYEGAN, S.; PASDARSHAHRI, H. Dynamic Simulation of a Solar Desiccant Cooling System Combined with a Ground Source Heat Exchanger in Humid Climates. *J. Build. Eng.* 2020, 28, 101048, doi:10.1016/j.jobbe.2019.101048.

HEIDARI, A.; ROSTAMZADEH, H.; AVAMI, A. A Novel Hybrid Desiccant-Based Ejector Cooling System for Energy and Carbon Saving in Hot and Humid Climates. *Int. J. Refrig.* 2019, 101, 196–210, doi:10.1016/j.ijrefrig.2019.03.028.

HÜRDOĞAN, E.; BÜYÜKALACA, O.; YILMAZ, T.; HEPBAŞLI, A. Experimental Investigation of a Novel Desiccant Cooling System. *Energy Build.* 2010, 42, 2049–2060, doi:10.1016/j.enbuild.2010.06.014.

JANI, D. B.; MISHRA, M.; SAHOO, P.K. Solid desiccant air conditioning – A state of the art review. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2016, 60, 1451–1469, doi:10.1016/j.rser.2016.03.031.

KASHIF SHAHZAD, M.; QADAR CHAUDHARY, G.; ALI, M.; AHMED SHEIKH, N.; SHAHID KHALIL, M.; RASHID, T. U. Experimental Evaluation of a Solid Desiccant System Integrated with Cross Flow Maisotsenko Cycle Evaporative Cooler. *Appl. Therm. Eng.* 2018, 128, 1476–1487, doi:10.1016/j.applthermaleng.2017.09.105.

KASHIF, A.; ALI, M.; SHEIKH, N. A.; VUKOVIC, V.; SHEHRYAR, M. Experimental Analysis of a Solar Assisted Desiccant-Based Space Heating and Humidification System for Cold and Dry Climates. *Appl. Therm. Eng.* 2020, 175, 115371, doi:10.1016/j.applthermaleng.2020.115371.

LAI, L.; WANG, X.; KEFAYATI, G.; HU, E. Performance Evaluation of a Solar Powered Solid Desiccant Evaporative Cooling System with Different Recirculation Air Ratios. *Energy Build.* 2022, 270, 112273, doi:10.1016/j.enbuild.2022.112273.

LA, D.; DAI, Y. J.; LI, Y.; WANG, R. Z.; GE, T. S. Technical development of rotary desiccant dehumidification and air conditioning: A review. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2010, 14, 130–147, doi:10.1016/j.rser.2009.07.016.

LEDESMA, L.V. Simulación de Sistemas de Enfriamiento con Desecante para Diferentes Zonas Climatológicas. Tese (Mestrado em Energia) - Universidade Politécnica da Catalunha, p. 99. 2017.

MACHADO, J. V. P. Análise do desempenho de sistemas de compressão assistidos por resfriamento dessecante. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso para grau de Engenheiro Mecânico) - Universidade Federal Fluminense. Rio de Janeiro, p. 68. 2021.

PANARAS, G.; MATHIOULAKIS, E.; BELESSIOTIS, V. Solid Desiccant Air-Conditioning Systems – Design Parameters. *Energy* 2011, 36, 2399–2406, doi:10.1016/j.energy.2011.01.022.

PANDELIDIS, D.; PACAK, A.; CICHÓN, A.; ANISIMOV, S.; DRAG, P.; VAGER, B.; VASILIJEV, V. Multi-Stage Desiccant Cooling System for Moderate Climate. *Energy Convers. Manag.* 2018, 177, 77–90, doi:10.1016/j.enconman.2018.09.061.

QADAR CHAUDHARY, G.; ALI, M.; SHEIKH, N. A.; GILANI, S. I. H.; KHUSHNOOD, S. Integration of solar assisted solid desiccant cooling system with efficient evaporative cooling technique for separate load handling. *Appl. Therm. Eng.* 2018, 140, 696–706, doi:10.1016/j.applthermaleng.2018.05.081.

RIAZ, F.; QYYUM, M. A.; BOKHARI, A.; KLEMEŠ, J. J.; USMAN, M.; ASIM, M.; AWAN, M. R.; IMRAN, M.; LEE, M. Design and Energy Analysis of a Solar Desiccant Evaporative Cooling System with Built-In Daily Energy Storage. *Energies* 2021, 14, 2429, doi:10.3390/en14092429.

SHENG, Y.; ZHANG, Y.; ZHANG, G. Simulation and Energy Saving Analysis of High Temperature Heat Pump Coupling to Desiccant Wheel Air Conditioning System. *Energy* 2015, 83, 583–596, doi:10.1016/j.energy.2015.02.068.

UÇKAN, İ.; YILMAZ, T.; HÜRDOĞAN, E.; BÜYÜKALACA, O. Experimental Investigation of a Novel Configuration of Desiccant Based Evaporative Air Conditioning System. *Energy Convers. Manag.* 2013, 65, 606–615, doi:10.1016/j.enconman.2012.09.014.

VIANA, F. C. de A. Modelagem, simulação e análise de sistemas de condicionamento de ar puramente dessecante, por compressão de vapor e híbrido. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, p.256. 2017.

ZOUAOUI, A.; ZILI-GHEDIRA, L.; BEN NASRALLAH, S. Open solid desiccant cooling air systems: A review and comparative study. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2016, 54, 889–917, doi:10.1016/j.rser.2015.10.055.