ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA SOBRE APLICAÇÕES DO ÍNDICE DE CONFORTO TÉRMICO EM ESPAÇOS ABERTOS UTCI

Eduardo Krüger
Doutor. Engenheiro Civil, ekruger@utfpr.edu.br, Departamento de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Campus Curitiba - Sede Ecoville, Rua Deputado Heitor Alencar Furtado, 4900 - 81280-340 Curitiba, Tel. +55-41-3279-6821

RESUMO
O índice de conforto em espaços abertos UTCI (*Universal Thermal Climate Index*) completou 10 anos desde sua divulgação inicial. Desde então, ocorreram diversas aplicações do índice na área denominada biometeorologia humana. O artigo apresenta uma análise bibliométrica de artigos revisados por pares sobre o UTCI, com foco especial em suas aplicações. Buscas nas bases de dados Scopus e Web of Science foram conduzidas em março de 2021, resultando em 322 e 307 documentos, respectivamente. Os resultados foram analisados quanto a temática, fonte e país de origem dos documentos. Utilizando a ferramenta VOSviewer, destinada a análises bibliométricas, identificaram-se *clusters* nas duas bases a partir de co-ocorrências de palavras-chave do autor, sendo que tais *clusters* corresponderam às principais áreas de aplicação do índice. A produção da pesquisa mostra uma natureza multidisciplinar intrínseca, mas ainda está concentrada em alguns países. Enquanto as aplicações predominantes se dão em estudos centrados no ser humano e no planejamento urbano climaticamente orientado, áreas potenciais de aplicação do índice, tais como meteorologia e impactos relacionados ao clima no setor de saúde, ainda permanecem com baixa aplicação do UTCI.

Palavras-chave: UTCI, revisão de literatura, VOSviewer, análise bibliométrica.

ABSTRACT
The outdoor comfort index UTCI (Universal Thermal Climate Index) has completed 10 years since its initial disclosure. Since then, there have been several applications of the index in the area called human biometeorology. The article presents a bibliometric analysis of peer-reviewed articles on UTCI, with a special focus on its applications. Searches in the Scopus and Web of Science databases were conducted in March 2021, resulting in 322 and 307 documents, respectively. The results were analyzed according to the subject area, source and country of origin of the documents. Using the VOSviewer tool, intended for bibliometric analyses, clusters were identified in the two databases from co-occurrences of author keywords. Such clusters corresponded to the main areas of application of the UTCI. The research output denotes an intrinsic multidisciplinary nature, but it is still concentrated in a few countries. While main applications are in human-centered studies and climate-responsive urban planning, potential areas of application of the index, such as meteorology and climate-related impacts in the health sector, still remain with a limited usage of the UTCI.

Keywords: UTCI, literature review, VOSviewer, bibliometric analysis.

1. INTRODUÇÃO

Muitas das motivações e prioridades estabelecidas para a área de conforto em espaços abertos, antes da pandemia COVID-19, mudaram com o avanço da crise atual. À primeira vista, a crise global gerada com a pandemia parece ter ofuscado o objetivo maior em se promover a resiliência das populações às mudanças climáticas em centros urbanos. De fato, o ritmo das pesquisas realizadas na temática foi severamente interrompido, até mesmo pela impossibilidade de coletas de dados com transeuntes durante os longos períodos de distanciamento social, com ou sem *lockdown*.

No rescaldo da pandemia, podem surgir novas aplicações dos índices de conforto térmico para espaços abertos, como o *Universal Thermal Climate Index* (UTCI), com vistas a melhorias nas condições de higiene e segurança em espaços urbanos e no projeto adequado desses espaços de forma a conter futuros surtos epidêmicos. Estratégias como a promoção de ventilação natural entre conjuntos de edifícios bem como de maior espaçamento entre construções de forma a se evitar espaços construídos excessivamente adensados podem se tornar fortes recomendações e até mesmo necessidades reais, podendo trazer benefícios para o conforto térmico e qualidade do ar em alguns climas, ao mesmo tempo em que previnem novos surtos de contágio. Implicações maiores seriam no urbanismo, casos mais pontuais no projeto de condomínios horizontais, evitando-se uma proximidade excessiva entre residências.

Tendências atuais como de urbanização crescente e adensamento urbano podem atravessar um processo de reflexão. O caráter urbano da pandemia e a necessidade de se reduzir aglomerações em áreas urbanas, concomitantemente ao uso cada vez mais frequente de atividades profissionais à distância em regime de *home office*, podem acabar trazendo pessoas para as cidades pequenas e médias. Espaços recreativos ao ar livre (praças e parques públicos) podem experimentar um renascimento num futuro próximo.

Tais redescobertas da vida rural e dos espaços externos de lazer e de longa permanência podem trazer significativos impactos no microclima e, portanto, exigirão avaliações de conforto térmico associadas a essas mudanças. O turismo em parques ou unidades de conservação também exigirá avaliações de risco de estresse térmico a fim de orientar a mobilidade e de se identificar áreas de risco no contexto das ondas de calor e do aquecimento global. Conforme bem colocado por Więckowski (2020), de cada crise surge uma oportunidade de reflexão e de mudança e há sinais perceptíveis de que a pandemia já gerou mudanças substanciais no Antropoceno, com exemplos de melhorias do mundo natural ocorrendo de forma tangível e rápida (por exemplo, com a melhoria da qualidade do ar e na água nas cidades e em Parques Nacionais).

No planejamento urbano, considerações climáticas serão necessárias juntamente com as medidas higiênicas de planejamento pós-COVID. Em um recente artigo de revisão de trabalhos publicados durante a pandemia, a qualidade ambiental das cidades foi considerada um assunto dominante (SHARIFI; KHAVARIAN-GARMSIR, 2020). Nesse artigo, os autores veem um futuro otimista para pesquisas e ações voltadas a um planejamento urbano ambientalmente orientado, à medida que a atual crise COVID trouxe consigo a questão da vulnerabilidade urbana a pandemias. Em relação aos parâmetros climáticos, a revisão mostrou resultados conflitantes para a relação entre a temperatura do ar e os casos confirmados de COVID-19, porém foi observada uma vantagem evidente em se promover maior ventilação em áreas urbanas, especificamente com a redução dos poluentes atmosféricos e consequentemente na diminuição da propagação. O interesse renovado por esses tópicos adiciona, portanto, o que se pode denominar "resiliência pandêmica" ao discurso atual sobre mudanças climáticas com medidas de adaptação nas cidades. Conforme apontado por Allan e Jones (2020, n.p.), é importante "habilitar estratégias de resiliência não apenas no que diz respeito à abordagem das mudanças climáticas, mas também em relação à preparação e mitigação de pandemias, porque estas também provaram ser desastrosas" (.

A área denominada biometeorologia humana também será afetada pelo "novo normal" após a pandemia. De suas origens remotas com Hipócrates na Grécia antiga (HÖPPE, 1997), a ciência denominada formalmente Biometeorologia iniciou como uma área interdisciplinar na década de 1960, sendo mais tarde subdividida em três subáreas especializadas (biometeorologia animal, vegetal e humana) e, em décadas mais recentes, em mais novos ramos (BURTON *et al.*, 2009). A biometeorologia, em sua vertente humana, pode ser definida como sendo a ciência que estuda as influências do ambiente atmosférico sobre o homem (HÖPPE, 1997). Tal área terá que se adaptar a novas aplicações após a pandemia, abrindo caminhos para pesquisas interdisciplinares que lidem com questões de conforto e estresse térmico aliadas a medidas de higiene e segurança.

De acordo com o último Relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), publicado em 2015 (o próximo está previsto para 2022), a influência humana no clima é comprovada, observável e crescente, com impactos estendidos sobre os sistemas humanos e naturais. O relatório de 2015 afirma que é muito provável que o número de dias e noites frios tenha diminuído e que o de dias e noites

quentes tenha aumentado globalmente e há confiança média de que o aquecimento observado aumentou a mortalidade humana relacionada ao calor (IPCC, 2014). Em relação à biometeorologia humana, conforme declarado no relatório do IPCC, os impactos deletérios de tais extremos climáticos incluem a morbidade e mortalidade humana com consequências para a saúde mental e o bem-estar humano, que podem ainda ser acentuados nos níveis mais baixos de desenvolvimento socioeconômico. Atualmente, o discurso das mudanças climáticas justifica amplamente qualquer esforço em se estudar o clima urbano e o conforto em espaços abertos, o qual pode se beneficiar de índices como o UTCI.

2. O ÍNDICE UTCI

O índice UTCI foi desenvolvido no âmbito da *International Society of Biometeorology (ISB)*, que em 2000 estabeleceu a *ISB Commission 6*. Em 2004, foi lançada a proposta conjunta de um projeto europeu em parceria (COST 730) para o desenvolvimento do índice, o qual constou de pesquisadores de 19 países europeus e também de Israel, Canadá, Nova Zelândia e Austrália. Durante a sua elaboração, tanto o grupo de especialistas quanto a ISB definiram um quadro metodológico para o uso do UTCI, que envolveu a definição das variáveis meteorológicas relevantes para entrada no modelo, o procedimento de cálculo e escala de avaliação referente ao estresse térmico e reações fisiológicas do organismo humano em condições climáticas reais.

O índice é definido como a temperatura equivalente do ar em uma condição de referência que causaria uma mesma resposta termofisiológica da condição real. A equivalência entre o ambiente térmico real e o ambiente térmico de referência é baseada na resposta fisiológica dinâmica entre ambos. O UTCI é baseado no modelo avançado multimodal de termorregulação acoplado a um modelo preditivo de isolamento térmico da vestimenta. O modelo de termorregulação simula processos de transferência de trocas calor entre o corpo humano e o ambiente térmico, e foi aperfeiçoado após várias etapas de validação para uma ampla gama de condições de exposição térmica (FIALA *et al.*, 2003).

3. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é apresentar uma análise bibliométrica sobre uma revisão de artigos revisados por pares sobre o UTCI, com foco em suas aplicações.

4. MÉTODO

A amostra foi obtida a partir da busca por título de artigo / resumo / palavras-chave no Scopus e Web of Science "WoS" tendo como *string* de busca *"UTCI" AND "THERMAL" OR "UTCI" AND "CLIMATE"*, de modo a se levar em conta aspectos térmicos e questões relacionadas ao clima. Tal busca resultou em 322 e 307 documentos, respectivamente, para o período de 2000 a meados de março de 2021, com cerca de 85% deles publicados como artigos em periódicos.

Para a análise bibliométrica, além de serem exploradas algumas ferramentas de análise de ambos os bancos de dados (Scopus e WoS), utilizou-se a ferramenta VOSviewer versão 1.6.16 (VAN ECK; WALTMAN, 2013), a qual permite ao usuário criar mapas com base em dados de rede e visualizar e explorar esses mapas. Destina-se a análises bibliométricas e, no caso das duas bases de dados consultadas, possibilitou identificar os principais *clusters* de artigos recorrentes de palavras-chave comuns utilizando sua funcionalidade "co-ocorrência de palavras-chave do autor". Para isto, o procedimento utilizado foi o seguinte: a) salvar os resultados da pesquisa como arquivos .csv e .txt, nas amostras do Scopus e do WoS, respectivamente, b) criar mapas com co-ocorrências com base nos dados de palavras-chave do autor no VOSviewer com contagem total e um mínimo número de 5 ocorrências para uma determinada palavra-chave; e, c) filtragem de palavras-chave que são muito gerais ou meros descritores do UTCI, bem como nomes de locais específicos (por exemplo, Varsóvia). Os mapas gerados podem então ser resumidos como palavras-chave coincidentes com alguma força de interação entre elas.

5. RESULTADOS

A Figura 1 apresenta os resultados da pesquisa até o ano de 2020, a fim de contabilizar apenas a produção anual completa. Embora o WoS tenha uma quantidade um pouco menor de artigos no período, a tendência geral de crescimento é semelhante nas duas bases de dados.

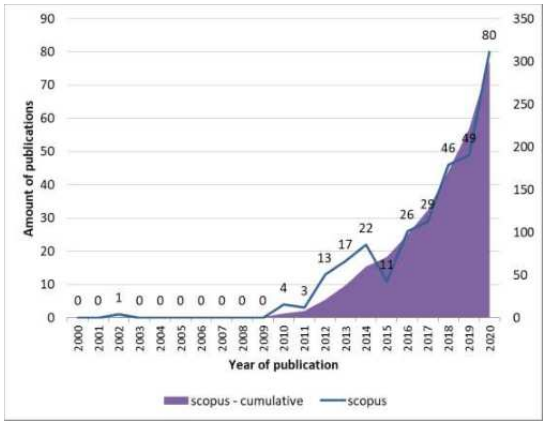


Figura 1a: Quantidade de publicações por ano em número absoluto e cumulativa – Scopus (2000-2020)

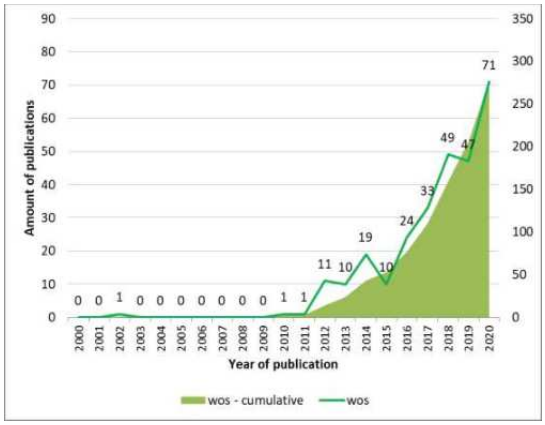
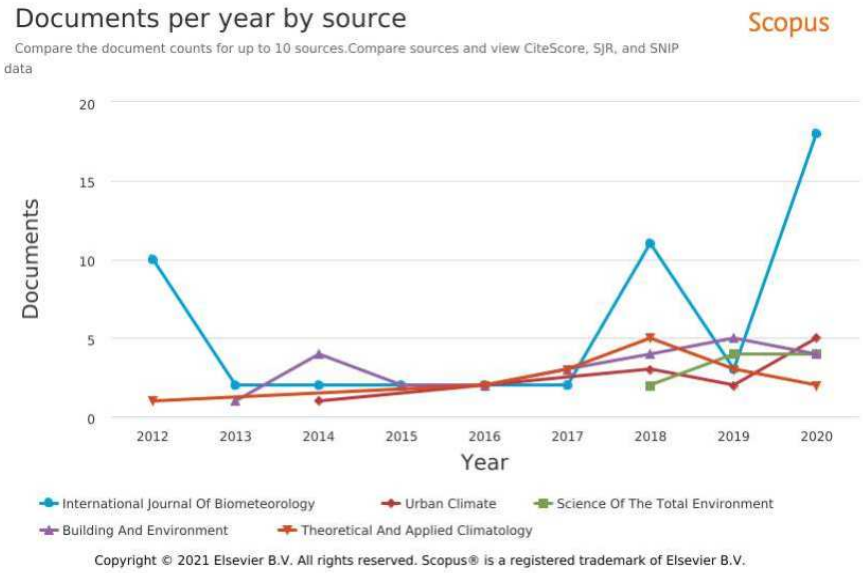
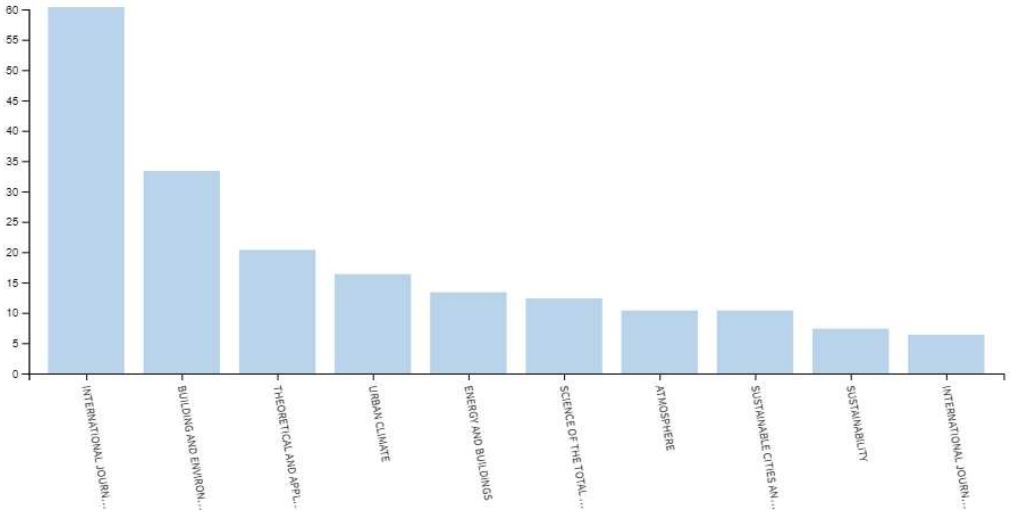


Figura 1b: Quantidade de publicações por ano em número absoluto e cumulativa – WoS (2000-2020)

A Figura 2 mostra os principais periódicos internacionais com publicações relevantes sobre o UTCI, em uma progressão anual até 2020 (Figura 2a) e de forma acumulada para o período completo considerado (Figura 2b).



a)

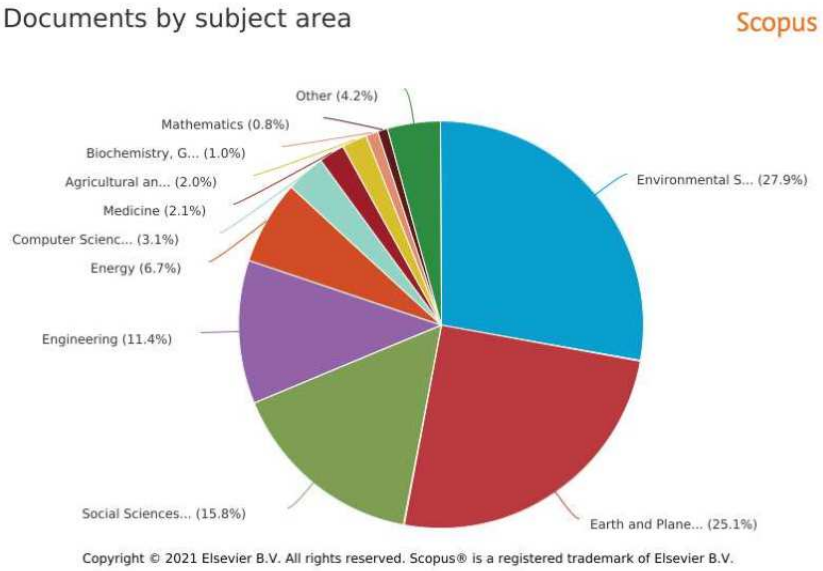


b)

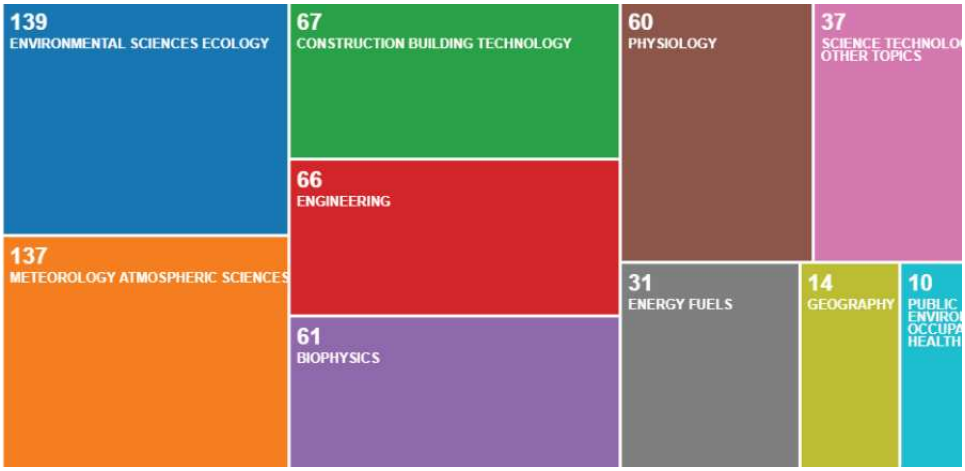
Figura 2: principais periódicos com publicações acerca do UTCI a) Scopus; b) WoS

O principal periódico responsável pela publicação de artigos acerca do UTCI é o International Journal of Biometeorology (IJBM), publicado pela editora Springer. O IJBM é o principal periódico (*flagship publication*) da *International Society of Biometeorology* (ISB), responsável pela *ISB Commission 6*, a qual desenvolveu o UTCI, conforme referido anteriormente, com um total de 54 e 60 artigos no período, encontrados no Scopus e no WoS, respectivamente. No caso da base Scopus, o IJBM é seguido pelo periódico Building and Environment e pelos periódicos Theoretical and Applied Climatology e Urban Climate, os dois últimos mais voltados a questões de climatologia e, mais especificamente, de clima urbano. No caso do WoS, em quarto lugar figura o periódico Science of the Total Environment, com escopo mais abrangente que o Urban Climate.

A interdisciplinaridade do assunto é notada na Figura 3. A área denominada *Environmental Sciences*, no Brasil equivalente à grande área de Ciências Ambientais (código 90500008), desponta com maior percentual de publicações nas duas bases, seguidamente das áreas *Earth and Planetary Sciences* (Scopus) ou *Meteorology, Atmospheric Sciences* (WoS), com equivalente possível na grande área de conhecimento do CNPq denominada Geociências (10700005). Nas duas bases, porém, figuram áreas como construção civil, engenharia, ciências sociais, fisiologia, ciências da computação, dentre outras, mostrando um amplo espectro de aplicações do UTCI.



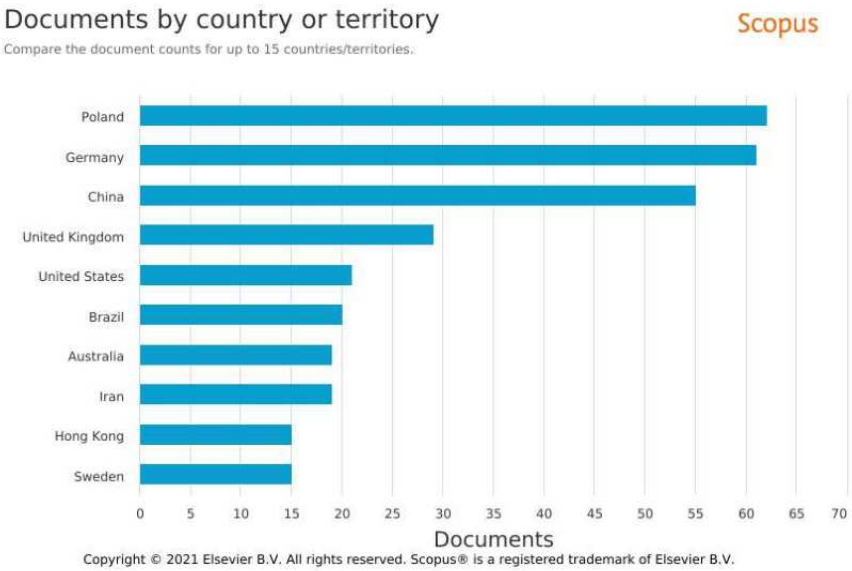
a)



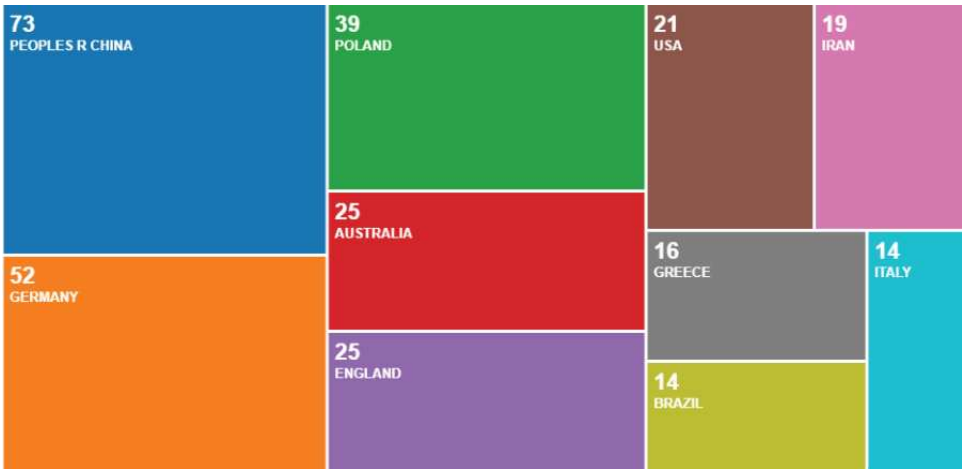
b)

Figura 3: principais áreas de pesquisa envolvidas nas publicações acerca do UTCI a) Scopus; b) WoS

Em termos de local de origem das publicações, há disparidade entre as duas bases de dados quanto ao país líder em publicações tendo como tema central o UTCI (Figura 4).



a)



b)

Figura 4: principais países de origem das publicações acerca do UTCI a) Scopus; b) WoS

Enquanto no Scopus, Polônia e Alemanha despontam, seguidos pela China, no WoS, esse país está na dianteira, devido à inclusão de Hong Kong, o que não ocorre no primeiro caso conforme se nota na Figura 4a. A discrepância se observa também no caso da Polônia, que figura com participação bem inferior no WoS, deixando a primeira posição para assumir o terceiro lugar. Nas duas bases, há produção relevante sobre o UTCI realizada no Brasil, estando esse na sexta posição no Scopus de um total de 54 países/territórios, e no nono lugar no WoS, de um total de 32 países/regiões. Uma explicação para a grande participação da China com publicações acerca do índice UTCI pode estar no financiamento das pesquisas realizadas, sendo predominante o órgão de fomento *National Natural Science Foundation of China*. A participação da Polônia, Alemanha, Reino Unido e Austrália em parte se deve aos ex-integrantes do grupo de pesquisadores responsáveis pelo desenvolvimento do UTCI, a *ISB Commission 6*.

A Figura 5 apresenta a visualização em rede das co-ocorrências de palavras-chave do autor (*author keywords*) base Scopus, obtida a partir do VOSviewer.

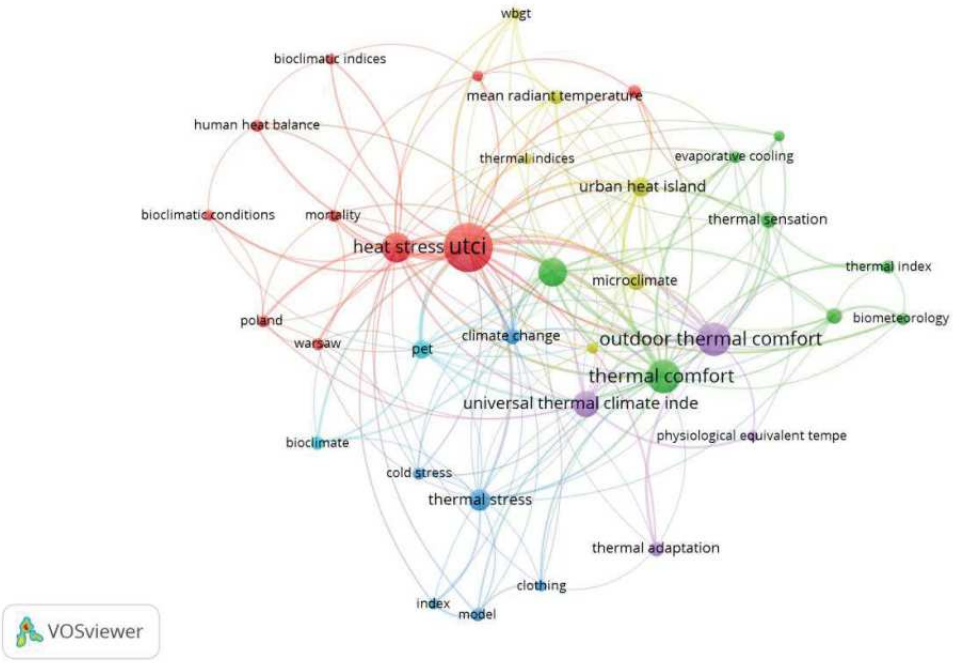


Figura 5: Mapa de co-ocorrências de palavras-chave do autor (*author keywords*) pelo VOSviewer – visualização em rede – base Scopus

Para o conjunto de 322 documentos encontrados na base Scopus, foram localizados 36 itens com pelo menos 5 palavras-chave coincidentes definidas pelo autor. A partir desses 36 itens, representados na visualização em rede, foram gerados 6 *clusters* pelo VOSviewer, com 179 interações entre eles. O grau de interação total da rede (*total link strength*) é de 424. Esse valor representa, no caso de interações por co-ocorrência, o número de publicações em que dois termos ocorrem simultaneamente. Na rede gerada, o termo "UTCI" figura com maior representatividade, com 101 ocorrências nas palavras-chave dos diversos documentos, 30 interações com outras palavras-chave relevantes e grau de interação total de 153.

A Figura 6 apresenta os resultados do VOSviewer pelo mesmo procedimento, para a base WoS.

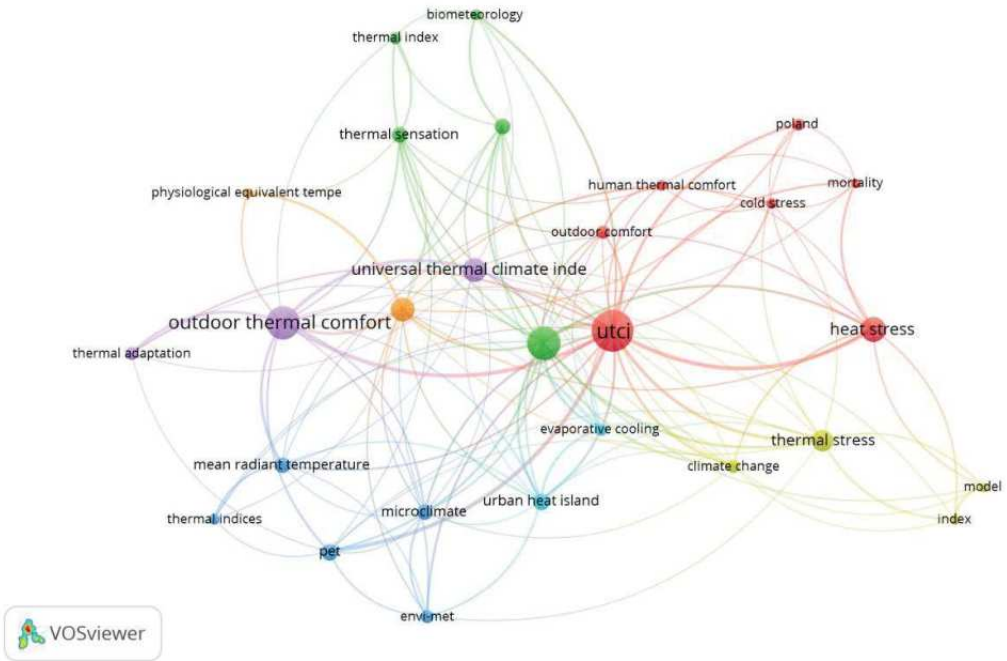


Figura 6: Mapa de co-ocorrências de palavras-chave do autor (*author keywords*) pelo VOSviewer – visualização em rede – base WoS

Dos 307 documentos da base WoS, o VOSviewer encontrou 28 palavras-chave recorrentes, para um mínimo de 5 co-ocorrências, gerando 7 *clusters*. O grau de interação da rede é menor que o encontrado para a base Scopus, de 329, assim como o número de interações total, que caiu para 131. Para a palavra-chave "UTCI", aparecem 78 ocorrências, 22 interações com outras palavras-chave e o grau de interação cai para 112.

De modo a se identificar as principais áreas de aplicação do UTCI, inicialmente excluíram-se de cada *cluster* as palavras-chave que eram meros sinônimos da palavra-chave base "UTCI" (exemplo "Universal Thermal Climate Index", "index UTCI") e nomes de países, regiões ou territórios ("Poland", "Warsaw"). Optou-se, em seguida, por apresentar apenas as palavras-chave com o maior número de interações em cada *cluster* definido pelo VOSviewer (Tabela 1).

Tabela 1: Clusters encontrados para co-ocorrência de palavras-chave do autor para as bases Scopus e WoS, ordenados por palavra-chave de maior grau de interação por *cluster*

	Scopus	***Grau de interação***	***WoS***	***Grau de interação***
Cluster 1	thermal comfort	74	thermal comfort	63
Cluster 2	outdoor thermal comfort	65	outdoor thermal comfort	62
Cluster 3	heat stress	60	heat stress	35
Cluster 4	urban heat island	32	PET	28
Cluster 5	PET	31	thermal stress	27
Cluster 6	climate change	27	urban heat island	26

Uma distribuição semelhante de *clusters* foi encontrada em ambas as bases de dados, com algumas variações, pois as duas amostras não são exatamente iguais. Basicamente, os *clusters* identificados no VOSviewer apresentam uma distinção entre estudos centrados no ser humano, incluindo conforto e estresse térmico (*clusters* 1 a 3 na base Scopus e também o *cluster* 4 na base WoS), estudos focados em questões de clima urbano (*clusters* 4 e 6, no Scopus e no WoS, respectivamente), comparações e/ou análise concomitantes com o índice PET (*clusters* 5 e 4, no Scopus e no WoS, respectivamente) e estudos voltados às mudanças climáticas (*cluster* 6 no Scopus, não observado nas palavras-chave com maior grau de interação, no caso da base do WoS).

A aplicação do UTCI em estudos de conforto em espaços abertos é verificada em diversos estudos que utilizam métodos baseados em *surveys* com transeuntes, em climas diversos, indo de condições áridas (ABDEL-GHANY *et al.*, 2014, HADIANPOUR *et al.*, 2018), mediterrâneas (PANTAVOU *et al.*, 2013), até o quente-úmido subtropical de monções (MANAVVI ; RAJASEKAR, 2020, DAS; DAS, 2020). Estudos centrados no usuário também abordam questões de estresse térmico em situações extremas, como ondas de calor, e em atividades laborais e esportivas que ocorrem ao ar livre (GALAN; GUEDES, 2019; SZER *et al.*, 2019; MESSERI *et al.*, 2019).

A aplicação do índice como complemento a estudos de bioclima, ilhas de calor, vinculados ou não ao planejamento urbano é explorada em diversos contextos, como na elaboração de mapas para análises temporo-espaciais de microclima (KUCHCIK *et al.*, 2021; GŁOGOWSKI *et al.*, 2020; DONG *et al.*, 2020), no estudo por meio de simulação computacional de medidas de mitigação de estresse térmico (MACKEY *et al.*, 2015; MANICKATHAN *et al.*, 2018; GELETIČ *et al.*, 2021), dentre outros.

No caso das comparações verificadas com relação ao índice PET (*Physiological Equivalent Temperature*, HÖPPE, 1993), alguns trabalhos procuram comparar ambos os índices, dado que ambos foram desenvolvidos para espaços abertos (NASTOS; MATZARAKIS, 2012; BŁAŻEJCZYK *et al.*, 2012). Até recentemente, o índice PET era o principal índice indicado pela Associação Alemã de Engenharia (*Verein Deutscher Ingenieure* - VDI) para o planejamento urbano e regional adequado ao clima. A este respeito, a diretriz VDI 3787, voltada para métodos de avaliação de biometeorologia humana leva em consideração o clima e a qualidade do ar no planejamento físico geral e inclui o código-fonte para cálculos do PET. No momento, o UTCI está sendo considerado como um índice viável na nova revisão da VDI 3787, de modo a ser incluído como o principal índice (com menções a outros índices como o PET).

4. CONCLUSÕES

Os artigos encontrados sobre o UTCI se relacionam com áreas e aplicações diversas, porém há um predomínio de estudos centrados no usuário do espaço aberto, vinculados tanto à questão do conforto como com a temática do estresse térmico. Em segundo lugar, aparecem estudos com enfoque na compreensão do microclima e voltados ao planejamento urbano. Aplicações do índice na meteorologia, em estudos focados em mudanças climáticas e nas repercussões de conforto e estresse térmicos no setor turismo ainda são tímidas, embora sejam áreas que possam ganhar maior importância nos próximos anos.

As atuais crises relacionadas às mudanças climáticas e ao controle de pandemias certamente demandarão estudos com abordagem na biometeorologia humana em escala global. Uma iniciativa digna de ser citada, de maior alcance na aplicação do UTCI, é dada pelo banco de dados ERA5-HEAT (DI NAPOLI *et al.*, 2020), o qual apresenta dados estimados do UTCI para grandes regiões. Tal mapeamento do UTCI permite, por exemplo, que se realizem avaliações temporo-espaciais de estresse térmico na Europa (ANTONESCU *et al.*, 2021).

Por fim, ressalte-se que a análise bibliométrica não deve substituir, porém apenas complementar uma revisão cuidadosa dos resultados da busca. *Grosso modo*, pode-se supor que as áreas predominantes de aplicação do UTCI estejam relacionadas a pesquisas centradas no usuário do espaço aberto, quanto a questões de conforto e estresse térmico, e também em estudos relacionados ao clima urbano, vinculados ou não ao planejamento urbano. A revisão e posterior classificação dos documentos poderão confirmar e refinar essas conclusões iniciais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDEL-GHANY, A.M.; AL-HELAL. I.;, SHADY. M.R. Evaluation of human thermal comfort and heat stress in an outdoor urban setting in summer under arid climatic conditions. Environment Protection Engineering. v.40(3), 2014. https://doi.org/10.5277/epe140311

Allan, Z.; JONES, D. S. Pandemic stricken cities on lockdown. Where are our planning and design professionals [now, then and into the future]?. Land use policy, 97. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104805

BŁAŻEJCZYK, K., EPSTEIN, Y., JENDRITZKY, G., STAIGER, H., TINZ, B. Comparison of UTCI to selected thermal indices. International Journal of Biometeorology. v.56(3), 515-535, 2012. https://doi.org/10.1007/s00484-011-0453-2

BURTON, I.; EBI, K. L.; MCGREGOR, G. Biometeorology for adaptation to climate variability and change. In Biometeorology for Adaptation to Climate Variability and Change (pp. 1-5). Springer, Dordrecht, 2009.

DAS, M.; DAS, A. Exploring the pattern of outdoor thermal comfort (OTC) in a tropical planning region of eastern India during summer. Urban Climate, 34, 2020. https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100708

DI NAPOLI, C.; BARNARD, C.; PRUDHOMME, C.; CLOKE, H. L.; PAPPENBERGER, F. ERA5-HEAT: A global gridded historical dataset of human thermal comfort indices from climate reanalysis. Geoscience Data Journal, 2020. https://doi.org/10.24381/cds.553b7518

DONG, J.; PENG, J.; HE, X.; CORCORAN, J.; QIU, S.; WANG, X. Heatwave-induced human health risk assessment in megacities based on heat stress-social vulnerability-human exposure framework. Landscape and Urban Planning, 203, 2020. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103907

GALAN, J. C. A.; GUEDES, J. C. Applicability of Heat Stress Index in the Context of Military Work: Pilot Study. In: Arezes P. *et al.* (eds) Occupational and Environmental Safety and Health. Studies in Systems, Decision and Control, v. 202, 2019. https://doi.org/10.1007/978-3-030-14730-3_34

GELETIČ, J.; LEHNERT, M.; KRČ, P.; RESLER, J.; KRAYENHOFF, E. S. High-Resolution Modelling of Thermal Exposure during a Hot Spell: A Case Study Using PALM-4U in Prague, Czech Republic. Atmosphere, 12(2), 175, 2021. https://doi.org/10.3390/atmos12020175

GŁOGOWSKI, A.; BRYŚ, K.; PERONA, P. Bioclimatic conditions of the Lower Silesia region (South-West Poland) from 1966 to 2017. International Journal of Biometeorology, 1-13, 2020. https://doi.org/10.1007/s00484-020-01970-5

HADIANPOUR, M.; MAHDAVINEJAD, M.; BEMANIAN, M.; HAGHSHENAS, M.; KORDJAMSHIDI, M. Effects of windward and leeward wind directions on outdoor thermal and wind sensation in Tehran. Building and Environment, 150, 164-180, 2019. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.12.053

HÖPPE, P. La température physiologiquement équivalente - PET: heat balance modelling. Experientia 49:741-746, 1993.

HÖPPE, P. Aspects of human biometerology in past, present and future. International journal of biometeorology, 40(1), 19-23, 1997.

IPCC. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri, L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Genebra, Suíça, 151 pp., 2014.

KUCHCIK, M.; BŁAŻEJCZYK, K.; HALAŚ, A. Long-term changes in hazardous heat and cold stress in humans: multi-city study in Poland. International Journal of Biometeorology, 1-12, 2021. https://doi.org/10.1007/s00484-020-02069-7

MACKEY, C.; ROUDSARI, M. S.; SAMARAS, P. ComfortCover: a novel method for the design of outdoor shades. In: SpringSim (SimAUD) (pp. 111-118), 2015.

MANAVVI, S.; RAJASEKAR, E. Semantics of outdoor thermal comfort in religious squares of composite climate: New Delhi, India. International Journal of Biometeorology, 64(2), 253-264, 2020. https://doi.org/10.1007/s00484-019-01708-y

MANICKATHAN, L.; DEFRAEYE, T.; ALLEGRINI, J.; DEROME, D.; CARMELIET, J. Parametric study of the influence of environmental factors and tree properties on the transpirative cooling effect of trees. Agricultural and forest meteorology, 248, 259-274, 2018. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2017.10.014

MESSERI, A.; MORABITO, M.; BONAFEDE, M.; BUGANI, M.; LEVI, M.; BALDASSERONI, A.; ... & MARINACCIO, A. Heat stress perception among native and migrant workers in Italian industries—case studies from the construction and agricultural sectors. International journal of environmental research and public health, 16(7), 1090, 2019. https://doi.org/10.3390/ijerph16071090

NASTOS, P. T.; MATZARAKIS, A. The effect of air temperature and human thermal indices on mortality in Athens, Greece. Theoretical and Applied Climatology, 108(3), 591-599, 2012. https://doi.org/10.1007/s00704-011-0555-0

PANTAVOU, K.; THEOHARATOS, G.; SANTAMOURIS, M.; ASIMAKOPOULOS, D. Outdoor thermal sensation of pedestrians in a Mediterranean climate and a comparison with UTCI. Building and Environment, 66, 82-95, 2013. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.02.014

SHARIFI, A.; KHAVARIAN-GARMSIR, A. R. The COVID-19 pandemic: Impacts on cities and major lessons for urban planning, design, and management. Science of the Total Environment, 2020. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142391

SZER, I.; SZER, J.; HOŁA, B. Evaluation of climatic conditions affecting workers on scaffoldings. Advances and Trends in Engineering Sciences and Technologies III- Proceedings of the 3rd International Conference on Engineering Sciences and Technologies, ESaT 2018, pp. 603-609, 2019.

VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. VOSviewer manual. Leiden: Univeristeit Leiden, 1(1), 1-53, 2019.

VDI: VDI 3787. Environmental meteorology. Methods for the human biometeorological evaluation of climate and air quality for urban and regional planning at regional level. Part I: Climate, Blatt 2/ Part 2, 2008.

WIĘCKOWSKI, M. Can a pandemic stop or slow the Anthropocene? Geographia Polonica, 93(4), 473-492, 2020. https://doi.org/10.7163/GPol.0183