

**Relação entre Vegetação, Fator de Visão do Céu e Conforto Térmico: Uma
Revisão Sistemática de Literatura**

Simone Merino Chiquetti

Arquiteta, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, UNESP, Brasil
simone.merino-chiquetti@unesp.br

João Roberto Gomes de Faria

Professor Associado, UNESP, Brasil.
joao.rg.faria@unesp.br

RESUMO

A relação entre morfologia urbana e condições térmicas tem sido tema de diversos estudos científicos e, recentemente o papel da vegetação nesse contexto tem sido investigado, visando compreender suas contribuições para a melhoria do conforto térmico em ambientes externos. Este estudo teve por objetivo principal compreender a relação entre vegetação urbana presente no fator de visão do céu (FVC) e conforto térmico. Uma revisão sistemática de literatura sobre o tema foi realizada aplicando uma adaptação da abordagem metodológica Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses (PRISMA), buscando garantir um trabalho transparente e replicável. Os materiais avaliados foram obtidos através de buscas em bases de dados com o uso dos termos vegetation AND "thermal comfort" AND "sky view factor" e selecionados por critérios definidos pela estratégia "PICOS". Para a análise destes trabalhos foram investigadas informações bibliométricas e parâmetros referentes às principais características das pesquisas e resultados alcançados, através da leitura e tabulação de dados com o auxílio de planilhas eletrônicas. Os resultados obtidos ressaltam o crescente interesse pelo tema em pesquisas científicas, mas demonstram uma lacuna de estudos em países da América Latina. Também se observa que a maior parte dos estudos indica uma relação positiva entre vegetação no FVC e conforto térmico, com a incidência resultados negativos em período noturno, de inverno ou de interferência na velocidade do vento. Tais cenários indicam a necessidade de mais estudos que busquem compreender melhor as particularidades do comportamento da vegetação urbana em diferentes contextos climáticos e morfológicos.

PALAVRAS-CHAVE: Vegetação. Fator de visão do céu. Conforto Térmico.

1 INTRODUÇÃO

Compreender os efeitos dos diversos aspectos que compõem as condições microclimáticas do espaço urbano no conforto térmico possui papel fundamental no desenvolvimento das cidades, pois desta forma podem-se conceber espaços que incentivem o uso público (NIKOLOPOULOU; BAKER; STEEMERS, 2001).

Parâmetros fundamentais como temperatura do ar, pressão de vapor, velocidade do vento e temperatura radiante média são conhecidos por afetar o equilíbrio da energia humana caracterizado como conforto térmico (MATZARAKIS; MAYER; IZIOMON, 1999). Neste contexto, a vegetação, através de processos como a evapotranspiração, pode resfriar a temperatura a seu redor, além de proporcionar impactos na humidade e no fluxo de ar diferentes dos materiais urbanos impermeáveis (BOWLER et al., 2010).

O sombreamento proporcionado por estruturas de vegetação como as árvores é capaz de diminuir a temperatura do ar pelo simples fato de interceptar a radiação solar e evitar o aquecimento da superfícies (BOWLER et al., 2010). Uma forma existente para calcular este sombreamento é o fator de visão do céu (FVC), um parâmetro que permite quantificar a porção de céu visível de uma determinada área, variando entre 1 e zero, sendo 1 espaços com céu totalmente aberto e zero ambientes internos (OKE, 1988). Este índice é comumente utilizado como forma de compreender a relação entre morfologia urbana e conforto térmico, a princípio relacionando-se com o efeito de ilha de calor (CHAPMAN; THORNES; BRADLEY, 2002).

Porém, Bowler et al. (2010) ressaltam que, apesar de evidências do resfriamento gerado por áreas verdes, os impactos mais amplos da adição de vegetação em áreas urbanas e a melhor forma de realizar essa incorporação ainda não foram demonstrados, requerendo mais estudos sobre este assunto. Desta forma, o presente trabalho propõe uma revisão sistemática de literatura para verificar os avanços científicos realizados à cerca da compreensão do impacto

gerado pelo sombreamento da vegetação urbana, caracterizado através do FVC, no conforto térmico de usuários de ambientes urbanos.

2 OBJETIVO

Apresentar evidências científicas da relação entre a vegetação presente no FVC e o conforto térmico de usuários de espaços urbanos.

3 METODOLOGIA

O método empregado foi o da revisão sistemática da bibliografia. A princípio foram formuladas as questões que pretendeu se responder com a pesquisa, norteando a revisão de literatura: 1. quais pesquisas estudaram a vegetação urbana empregando o FVC?; 2. qual é a influência da vegetação no conforto térmico de usuários no meio urbano? Dessa forma, a revisão ficou delimitada a artigos que abordam as duas questões concomitantemente.

O processo de revisão se baseou em uma adaptação da metodologia Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta Analyses (PRISMA) (MOHER et al., 2015) para o tema estudado, uma vez que este método foi desenvolvido para pesquisas na área da saúde. O *checklist* proposto pelo PRISMA, com 27 itens a serem cumpridos por um estudo de revisão, foi reformulado para este estudo, sendo excluídos aspectos referentes à análise de estudos clínicos e de registro da revisão, resultando em um total de 14 itens.

3.1 Seleção de material

Os termos *vegetation* **AND** *“thermal comfort”* **AND** *“sky view factor”* foram extraídos das questões da pesquisa através da estratégia “PICOS” (*population, intervention, context, outcomes and study type*), onde: P: vegetação; I: FVC; C: ambientes urbanos; O: a influência no conforto térmico dos usuários; e S: estudos de caso. A busca foi realizada em título, resumo e palavras-chave nas bases de dados Scopus (Elsevier) e Web of Science (Clarivate) no dia 10 de setembro de 2021, sem a aplicação de nenhum outro filtro ou limite durante este processo. Após o levantamento de materiais e exclusão dos trabalhos duplicados, a primeira etapa de seleção dos artigos foi realizada, através da análise dos resumos dos trabalhos, sendo mantidos apenas os estudos que se enquadrassem em todos os critérios definidos pelo “PICOS”. Em seguida, os mesmos critérios foram buscados no conteúdo integral dos estudos, e aqueles que foram incluídos passaram para o processo de análise de conteúdo.

3.2 Análise bibliográfica

Planilhas eletrônicas com as informações bibliográficas de todos os estudos obtidos através da busca nas bases de dados foram geradas a partir das ferramentas de exportação de dados da Scopus (Elsevier) e da Web of Science (Clarivate). Os parâmetros analisados foram: ano de publicação, país de origem do estudo, periódico de origem e seu fator de impacto e número de citações.

3.3 Análise de conteúdo

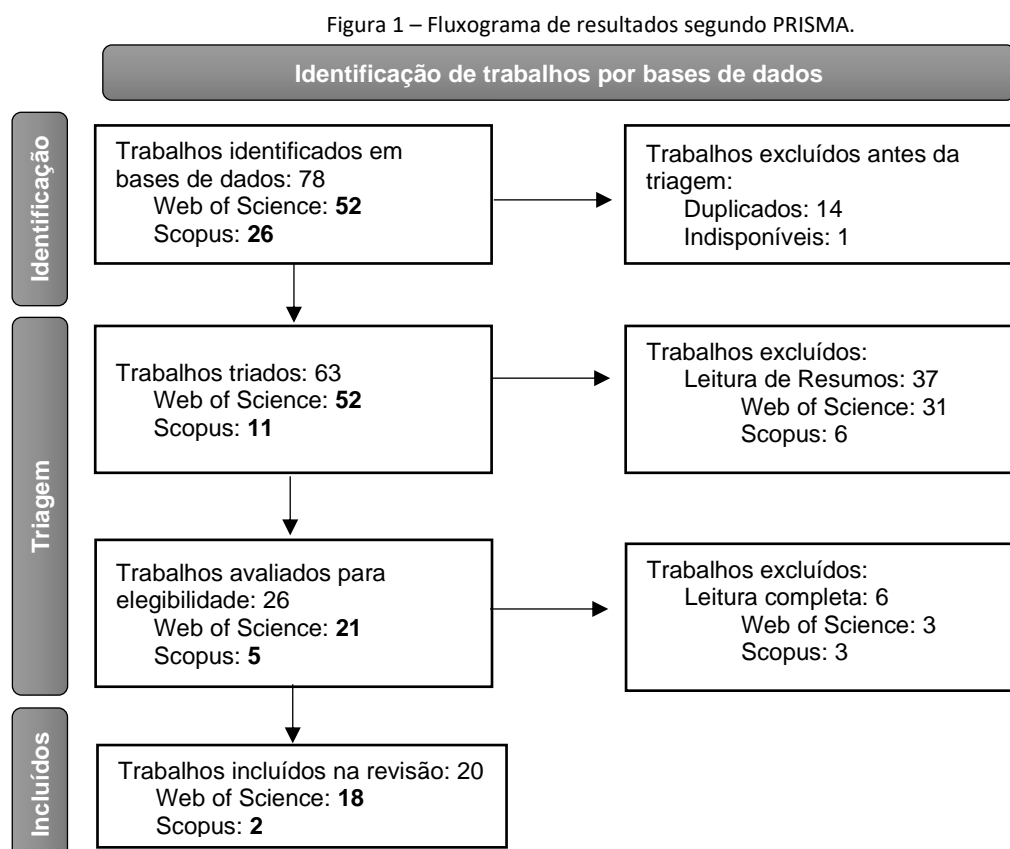
A análise de conteúdo foi realizada através da leitura integral e individual dos trabalhos incluídos, com o auxílio de planilhas eletrônicas para a tabulação e análise estatística das informações extraídas. A princípio foram extraídas informações referentes às características dos estudos, sendo: objetivo principal da pesquisa; particularidades da pesquisa; país, clima e tipo de local de estudo. Por fim levantaram-se os resultados alcançados pelos trabalhos relacionados a: aspectos positivos e negativos da relação entre vegetação, FVC e conforto térmico; relação com as características da vegetação; e outros fatores que afetam a relação entre vegetação. Pretendeu-se, com a análise de tais informações acerca das evidências encontradas, evitar o enviesamento deste estudo quanto ao objeto de pesquisa.

4 RESULTADOS

Para melhor compreensão, os resultados foram analisados individualmente para cada uma das etapas de investigação do estudo.

4.1 Seleção de material

Seguindo o processo citado anteriormente, foram identificados 78 trabalhos nas bases de dados consultadas, dos quais 20 foram elegidos para a etapa de análise de conteúdo após a triagem pelos critérios definidos pela estratégia “PICOS”.

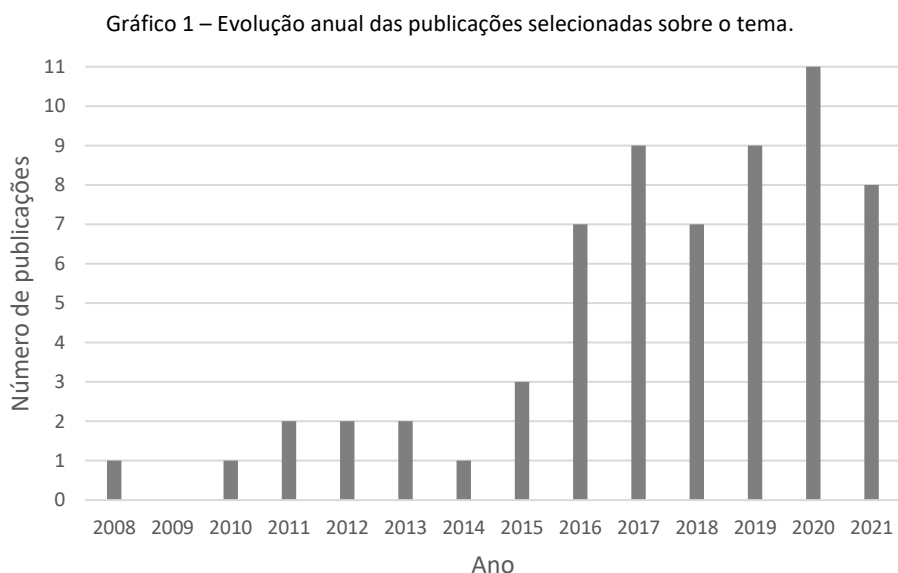


Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

4.2 Análise bibliográfica

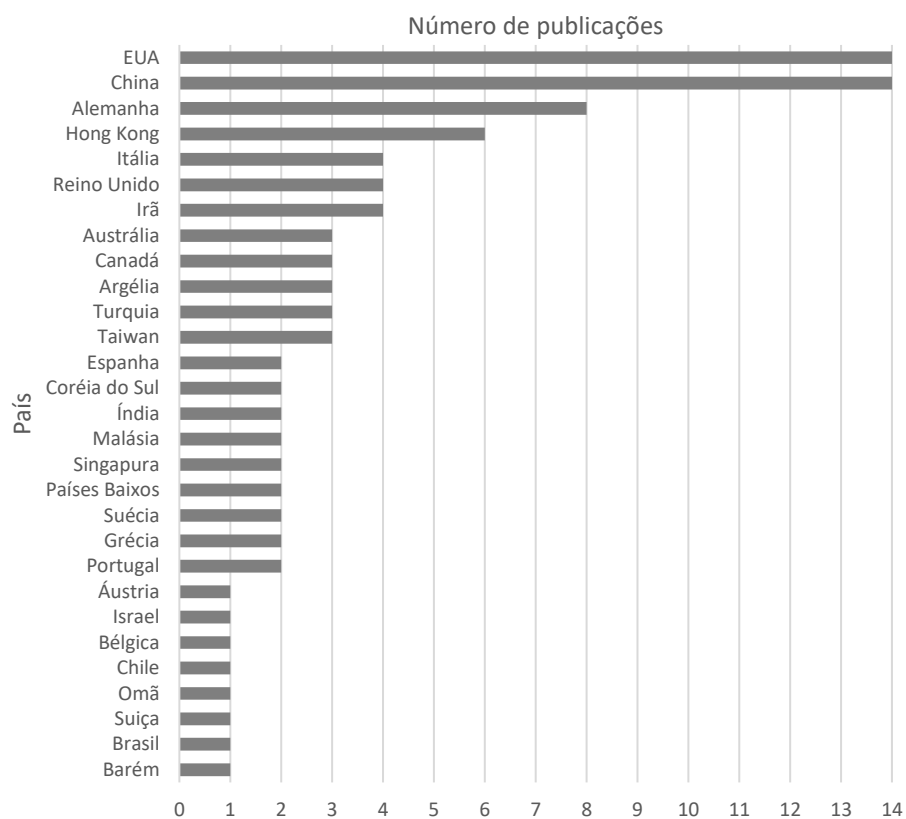
As análises de informações bibliográficas foram realizadas em todos os estudos obtidos através das bases de dados, após a exclusão de trabalhos duplicados, com a intenção de verificar possíveis tendências do cenário de pesquisas que relacionam vegetação, conforto térmico e FVC. O que pode ser observado é que, apesar de a pesquisa não estabelecer qualquer limite temporal para a busca de materiais, os trabalhos identificados se concentram entre os anos de 2010 e 2021 (Gráfico 1), havendo apenas um artigo publicado antes deste período, com expressivo aumento a partir do ano de 2016, demonstrando um crescente interesse pelo tema no meio acadêmico. Dentre estes estudos, grande parte foi realizada com participação de instituições dos Estados Unidos (14) e da China (14), porém é visível a diversidade de países envolvidos nesse tipo de pesquisa (Gráfico 2).

O periódico *Build and Environment* (fator de impacto FI = 5.032) destaca-se como veículo de difusão das pesquisas sobre o tema, com 11 publicações (Gráfico 3), enquanto 25 possuem apenas 1 publicação cada (ausentes no gráfico), incluindo-se entre esses os periódicos com maior e menor fator de impacto dentre os levantados, respectivamente, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (FI = 14.280) e *Environmental and Ecological Statistics* (FI = 0.952). Entre os três artigos mais citados, Lin, Matzarakis e Hwang (2010), Wang, Berardi e Akbari (2016) e Tan, Lau e NG (2016), respectivamente com 379, 205 e 181 citações, o primeiro pertence ao periódico com mais publicações, *Building and Environment* e os outros dois à *Energy and Buildings*. Os fatores de impacto dos periódicos foram obtidos a partir do *Journal Citation Reports* (Clarivate) em 04 de outubro de 2021.



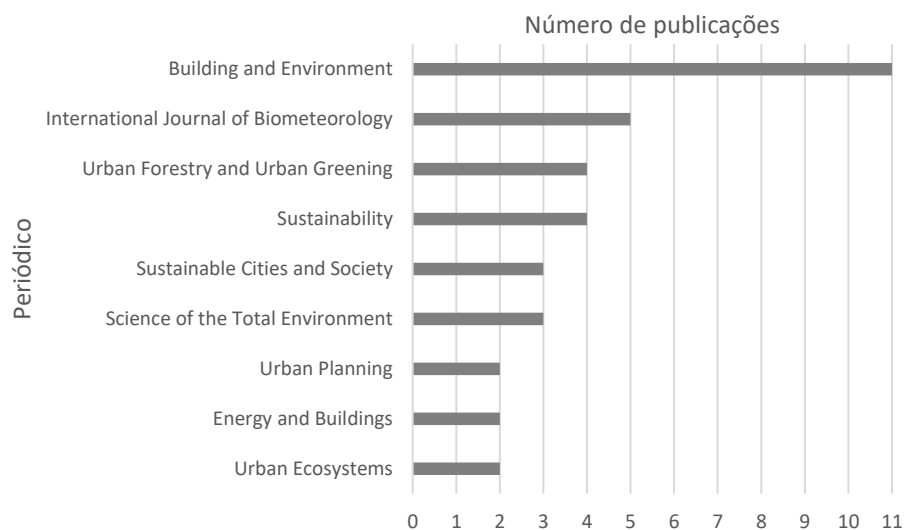
Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Gráfico 2 – Distribuição geográfica das publicações selecionadas.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Gráfico 3 – Distribuição de publicações selecionadas por periódico.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

4.3 Análise de conteúdo

Como mencionado anteriormente, na fase de análise de conteúdo foram levantados aspectos sobre as principais características dos trabalhos e seus resultados; desta forma, as informações, apresentadas nos Quadros 1 e 2, são apresentadas separadamente.

4.3.1 Características gerais dos estudos

Os estudos selecionados para a análise de conteúdo possuem como objetivo essencialmente compreender a influência de aspectos da morfologia urbana no seu ambiente térmico, com variações apenas sobre quais características e circunstâncias são avaliadas. Entre os 20 estudos, 10 realizaram testes de diferentes cenários de configuração urbana para compreender melhor os fatores investigados e 5 compararam o desempenho da vegetação urbana em condições de inverno e de verão, sendo que 4 combinaram as duas estratégias. Ainda como forma de avaliar o comportamento da vegetação, 4 trabalhos empregaram FVC separados para construções e árvores, enquanto outros 4 utilizaram a densidade de área foliar. Apenas Song e Jeong (2016) utilizaram questionários para estimar o conforto térmico dos usuários neste contexto.

Assim como locais de origem das instituições responsáveis pelas pesquisas, os países onde estas foram aplicadas também são bem diversos, com destaque para o Irã, com 3 estudos. Contudo, os climas Subtropical, Semiárido e Desértico, classificados de acordo com Köppen-Geiger, se destacam neste momento, denotando a preocupação pelo ambiente térmico urbano em tais condições. De forma mais específica, os locais avaliados pelas pesquisas foram ruas (5), campus universitários (4), distritos urbanos (5), parques (4) e cidades como um todo (2).

Quadro 1- Principais resultados dos trabalhos selecionados (2011 a 2018).

Ano	Autores	País	Clima	Local	Resultados			
					Aspectos positivos	Aspectos negativos	Fatores da vegetação	Demais fatores
2011	LINDBERG; GRIMMOND	Inglaterra	Temperado oceânico	Cidade	Redução da Trm	Redução da velocidade do ar	-	-
2013	CHARALAMPOPOULOS et al.	Grécia	Semiárido	Campus	Baixo FVC e vegetação reduzem a PET	Relação negativa entre FVC e PET à noite	-	-
2015	WANG; BERARDI; AKBARI	Canadá	Temperado	Distritos	Baixo FVC e vegetação reduzem a PET e a Trm	Efeito negativo no inverno	-	-
2016	SONG; JEONG	Coréia	Subtropical úmido	Ruas	Maior conforto em ruas arborizadas	-	-	-
2017	SUN et al.	China	Continental	Parques	Redução da PET	Redução da velocidade do ar	Altura das árvores aumenta conforto térmico	-
	LIN; TSAI	Taiwan	Subtropical úmido	Parques	Baixo FVC e vegetação reduzem a PET	-	Copas maiores reduzem a temperatura	-
	CHARALAMPOPOULOS et al.	Grécia	Semiárido	Campus	Baixo FVC e vegetação reduzem a PET	Relação negativa entre vegetação e PET à noite	Vegetação deve ser planejada	-
2018	YAHIA et al.	Tanzania	Tropical	Distritos	Vegetação contribui para conforto térmico	Redução da velocidade do ar	A densidade da copa reduz PET	-
	SANTOS NOURI et al.	Portugal	Mediterrâneo	Distritos	Redução da PET	Efeito negativo no inverno	<i>Tipuana tipu</i> teve baixo desempenho no inverno	-

Legenda: Trm: temperatura radiante média; PET: temperatura fisiológica equivalente (*physiological equivalent temperature*).

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Quadro 2- Principais resultados dos trabalhos selecionados (2019 a 2021).

Ano	Autores	País	Clima	Local	Resultados			
					Aspectos positivos	Aspectos negativos	Fatores da vegetação	Demais fatores
2019	AHMADI VENHARI; TENPIERIK; TALEGHANI	Irã	Árido	Ruas	Baixo FVC e vegetação reduzem a PET	-	Tamanho da copa reduz a PET	Orientação do plantio afeta o conforto térmico
	FARHADI; FAIZI; SANAIEIAN	Irã	Semiárido	Distritos	Sombras de árvores aumentam o conforto	Redução da velocidade do ar	-	-
	ZHANG et al.	Austrália	Subtropical úmido	Parques	Baixo PFVC reduz a Trm	Redução da velocidade do ar	-	-
	MIDDEL; KRAYENHOFF	EUA	Desértico	Campus	Redução da Trm	Relação negativa entre vegetação e Trm à noite	-	Maior conforto térmico em gramados e árvores
	VANOS et al.	Japão	Subtropical úmido	Ruas	Baixo FVC e vegetação reduzem calor radiante	Redução da velocidade do ar	-	Sombra e superfícies frias reduzem a temperatura
2020	KARIMI et al.	Irã	Semiárido	Parques	Árvores melhoram o conforto térmico diurno	Relação negativa entre FVC e PET à noite	Altura das árvores reduz a PET	Baixo albedo e árvores melhoram o conforto
	WAI et al.	Hong Kong	Subtropical úmido	Distritos	Redução da PET	-	Relação entre índice de área foliar e PET	-
	DU et al.	China	Desértico	Campus	Redução da Trm	Relação negativa entre vegetação e Trm à noite	-	-
2021	SABRIN et al.	EUA	Subtropical úmido	Ruas	Vegetação contribui para conforto térmico	Presença indiferente em locais com FVC já baixo	-	-
	YILMAZ; SEZEN; SARI	Turquia	Continental úmido	Ruas	Vegetação contribui para conforto térmico	-	A espécie <i>Betula spp.</i> teve um bom desempenho	Orientação do plantio afeta o conforto térmico
	BACK et al.	Áustria	Hemiboreal	Cidade	-	-	-	A temperatura depende do FVC e da superfície

Legenda: Trm: temperatura radiante média; PET: temperatura fisiológica equivalente (*physiological equivalent temperature*).

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

4.3.2 Resultados

A maioria dos estudos analisados não investiga apenas o papel da vegetação urbana presente no índice FVC no conforto térmico, porém os resultados levantados pela presente pesquisa se detêm apenas nos referentes a esta relação.

4.3.2.1 Aspectos positivos influência da vegetação no conforto térmico

Em sua revisão sobre vegetação urbana, Bowler et al. (2010) apontaram para a capacidade das sombras das árvores de reduzir a temperatura local, com resultados positivos sobre o impacto do sombreamento por vegetação no conforto térmico. Apenas Back et al. (2021) não apontam resultados claros sobre esta questão.

Exemplificando os estudos que corroboram com os aspectos positivos da presença de vegetação no FVC, Karimi et al. (2020) e Farhadi, Faizi e Sanaieian (2019), com estudos em clima semiárido, apontam para a significativa diminuição da PET em cenários onde FVC foi reduzido com a adição de árvores. No clima continental úmido os benefícios também são vistos, não apenas em períodos quentes, mas também no inverno, segundo Yilmaz et al. (2021), que reportam o aumento da temperatura máxima nesta estação em espaços com a presença de vegetação. Zhang et al. (2019) demonstram que a Trm é reduzida quando o fator de visão do céu de parques (PFVC), composto por copas de árvores, diminui.

Além do sombreamento, a propriedade que a vegetação possui de proporcionar um ambiente térmico mais agradável pode estar ligada aos seus processos de evaporação e absorção de radiação para fotossíntese (BOWLER et al., 2010; ZHANG et al., 2019).

4.3.2.2 Aspectos negativos influência da vegetação no conforto térmico

Ainda que grande parte dos resultados observados durante a revisão demonstrem questões positivas sobre a vegetação urbana, alguns eventos de influência negativa no conforto térmico foram levantados. O principal deles se relaciona com a velocidade do vento, uma importante variável que influencia o conforto térmico, segundo Hsieh, Jan e Zhang, (2016). Os autores expõem o fato de que áreas densamente arborizadas sem planejamento, podem reduzir a velocidade do ar e, conseqüentemente, aumentar sua temperatura na altura dos pedestres (HSIEH; JAN; ZHANG, 2016). Yahia et al (2018), Zhang et al. (2019) e Lindgerg e Grimmond (2011), em trabalhos realizados em climas tropical, subtropical úmido e temperado oceânico, respectivamente, evidenciaram a importância desta variável em suas condições climáticas.

Áreas densamente vegetadas também podem dificultar a dissipação por irradiação do calor acumulado ao longo do dia durante o período noturno, gerando um aumento da temperatura nestes locais, (GILLNET et al., 2015). Os estudos de Charalampopoulos et al. (2013) e Charalampopoulos et al. (2017), ambos em local semiárido, de Middel e Krayenhoff (2019), em clima desértico, e de Karimi et al. (2020), em região semiárida, constataram a redução da frequência de conforto térmico noturno em áreas com baixo FVC devido à vegetação.

Entre os trabalhos que buscaram compreender as diferenças de comportamento da vegetação no inverno e no verão, Santos Nouri et al. (2018) e Wang, Berardi e Akbari (2015),

realizados em clima mediterrâneo e temperado, respectivamente, constataram que esta mantém os índices de conforto com valores baixos durante as duas estações, o que não é um cenário favorável em períodos de inverno. Contudo, Yilmaz et al. (2021), como já dito anteriormente, obteve resultados positivos para a relação entre vegetação e conforto térmico no inverno em clima do tipo continental úmido. Estas informações demonstram a necessidade de compreender melhor o desempenho da vegetação em épocas de baixa temperatura.

4.3.2.3 Relação das características da vegetação na influência no conforto térmico

Características das plantas relacionadas a sua espécie como, altura, tamanho das folhas e densidade da copa, bem como sua disposição, podem afetar sua habilidade de influência na temperatura local (BOWLER et al., 2010). Nove dos 20 artigos avaliados apresentaram dados claros e especificamente relacionados com a variação dos efeitos da vegetação no conforto térmico dependendo de suas características ou da espécie a qual pertence (AHMADI VENHARI, TENPIERIK e TALEGHANI, 2019; KARIMI et al., 2020; LIN e TSAI, 2017; YILMAZ et al., 2021; YAHIA et al., 2018; WAI et al., 2020; SUN et al., 2017; CHARALAMPOPOULOS et al., 2017; SANTOS NOURI et al., 2018). Entre os resultados alcançados por estes estudos, Lin e Tsai (2017), com experimentos realizados em clima subtropical úmido, relatam que quanto maior a copa de uma árvore e, conseqüentemente, menor o índice de fator de visão do céu, menores são os valores da PET. Karimi et al. (2020) e Sun et al. (2017) expõem resultados indicando a influência da altura das copas das árvores no fluxo de ar, portanto, no conforto térmico em condições de clima semiárido e continental, respectivamente. Outra característica capaz de afetar o ambiente térmico em espaços com vegetação é a densidade das folhas, segundo os levantamentos de Wai et. al (2020), em local subtropical úmido, e Yahia et al. (2018), em clima tropical.

4.3.2.4 Demais fatores que influenciam na relação da vegetação do índice de fator do céu no conforto térmico

Através das evidências levantadas pelos artigos desta revisão percebe-se que a quantidade de vegetação presente no FVC não é o único fator que interfere no conforto térmico, mas também depende do contexto morfológico em que está inserida. Um exemplo desta afirmação é o diferente efeito observado na PET dependendo do albedo dos pavimentos abaixo da vegetação, presente nos trabalhos de Karimi et al. (2020), Middel e Krayenhoff (2019), Vanos et al. (2019) e Back et al. (2021), e de acordo com o conhecimento que se tem da capacidade do albedo das superfícies em influenciar a temperatura local, como apontado por Erell et al. (2014).

Como visto anteriormente, a velocidade dos ventos é outro aspecto capaz de interferir no conforto térmico (HSIEH; JAN; ZHANG, 2016); desta forma, os estudos de Ahmadi Venhari, Tenpierik e Taleghani (2019) e de Yilmaz et al. (2021) relatam a importância de levar em consideração a orientação em que será localizada uma massa de vegetação, para garantir que esta variável não seja prejudicada. Outro aspecto, apesar de não ser apontado individualmente por nenhum dos estudos, mas possível de observar ao compará-los, é que a capacidade da

quantidade de vegetação presente no FVC contribuir para o conforto térmico urbano depende também do contexto climático em que está inserida.

5 CONCLUSÃO

A presente pesquisa avaliou, através de uma revisão sistemática de literatura, trabalhos que relacionassem vegetação urbana, FVC e conforto térmico, buscando compreender os avanços científicos sobre este tema. Os resultados bibliográficos indicam que houve uma intensificação a partir de 2015 de estudos nesta área, com participação principal de instituições dos Estados Unidos e da China e em diversas fontes de publicação. Os experimentos das pesquisas foram realizados em diversos países e climas, contudo, nenhum estudo foi identificado em países da América Latina, indicando possível campo para pesquisas acadêmicas.

Avaliando os resultados dos experimentos realizados pelos trabalhos que compuseram esta revisão, no geral o impacto observado pela presença de vegetação no FVC foi positivo em todos os índices de conforto empregados, por contribuírem para a diminuição da temperatura, corroborando outros estudos sobre o tema. Contudo, foram relatadas condições em que a presença de árvores provocou aumento do nível de desconforto, sendo por diminuição da velocidade do vento ou por impedir a dispersão no período noturno da radiação absorvida ao longo do dia.

O cenário observado aponta para o fato de ainda existirem aspectos sobre o comportamento da vegetação urbana que precisam ser melhor compreendidos, como por exemplo quais espécies e arranjo mais adequados para contextos climáticos e morfológicos específicos, haja vista que para evitar efeitos negativos no conforto térmico, é preciso haver planejamento no plantio de áreas verdes. A existência de softwares de simulação pode contribuir para esse processo, ajudando a testar diferentes possibilidades e diversificando os conhecimentos a cerca deste tema.

Esta revisão contém limitações referentes ao número de estudos presentes nas bases de dados, porém os resultados obtidos foram satisfatórios para compreender melhor a forma como o meio acadêmico tem tratado a questão da vegetação urbana.

6 REFERÊNCIAS

AHMADI VENHARI, A.; TENPIERIK, M.; TALEGHANI, M. The role of sky view factor and urban street greenery in human thermal comfort and heat stress in a desert climate. **Journal of Arid Environments**, v. 166, p. 68–76, jul. 2019.

BACK, Y. et al. A rapid fine-scale approach to modelling urban bioclimatic conditions. **Science of The Total Environment**, v. 756, p. 143732, fev. 2021.

BOWLER, D. E. et al. Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. **Landscape and Urban Planning**, v. 97, n. 3, p. 147–155, set. 2010.

CHAPMAN, L.; THORNES, J. E.; BRADLEY, A. V. Sky-view factor approximation using GPS receivers. **International Journal of Climatology**, v. 22, n. 5, p. 615–621, abr. 2002.

CHARALAMPOPOULOS, I. et al. Analysis of thermal bioclimate in various urban configurations in Athens, Greece. **Urban Ecosystems**, v. 16, n. 2, p. 217–233, 1 jun. 2013.

- CHARALAMPOPOULOS, I. et al. A methodology for the evaluation of the human-bioclimate performance of open spaces. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 128, n. 3–4, p. 811–820, maio 2017.
- DU, J. et al. Field Assessment of Neighboring Building and Tree Shading Effects on the 3D Radiant Environment and Human Thermal Comfort in Summer within Urban Settlements in Northeast China. **Advances in Meteorology**, v. 2020, p. 1–19, 23 set. 2020.
- ERELL, E. et al. Effect of high-albedo materials on pedestrian heat stress in urban street canyons. **Urban Climate**, v. 10, p. 367–386, dez. 2014.
- FARHADI, H.; FAIZI, M.; SANAEIAN, H. Mitigating the urban heat island in a residential area in Tehran: Investigating the role of vegetation, materials, and orientation of buildings. **Sustainable Cities and Society**, v. 46, p. 101448, abr. 2019.
- GILLNER, S. et al. Role of street trees in mitigating effects of heat and drought at highly sealed urban sites. **Landscape and Urban Planning**, v. 143, p. 33–42, nov. 2015.
- HSIEH, C.-M.; JAN, F.-C.; ZHANG, L. A simplified assessment of how tree allocation, wind environment, and shading affect human comfort. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 18, p. 126–137, ago. 2016.
- KARIMI, A. et al. Evaluation of the thermal indices and thermal comfort improvement by different vegetation species and materials in a medium-sized urban park. **Energy Reports**, v. 6, p. 1670–1684, nov. 2020.
- LIN, Y.-H.; TSAI, K.-T. Screening of Tree Species for Improving Outdoor Human Thermal Comfort in a Taiwanese City. **Sustainability**, v. 9, n. 3, p. 340, 24 fev. 2017.
- LINDBERG, F.; GRIMMOND, C. S. B. Nature of vegetation and building morphology characteristics across a city: Influence on shadow patterns and mean radiant temperatures in London. **Urban Ecosystems**, v. 14, n. 4, p. 617–634, nov. 2011.
- MATZARAKIS, A.; MAYER, H.; IZIOMON, M. G. Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature. p. 10, 1999.
- MIDDEL, A.; KRAYENHOFF, E. S. Micrometeorological determinants of pedestrian thermal exposure during record-breaking heat in Tempe, Arizona: Introducing the MaRTy observational platform. **Science of The Total Environment**, v. 687, p. 137–151, out. 2019.
- MOHER, D.; SHAMSEER, L.; CLARKE, M.; GHERSI, D.; LIBERATI, A.; PETTICREW, M.; SHEKELLE, P.; STEWART, L. A.; PRISMA-P GROUP. Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. **Systematic Reviews**, v. 4, n. 1, p. 1, 1 jan. 2015.
- NIKOLOPOULOU, M.; BAKER, N.; STEEMERS, K. Thermal comfort in outdoor urban spaces: understanding the human parameter. **Solar Energy**, v. 70, n. 3, p. 227–235, 2001.
- OKE, T. R. Street design and urban canopy layer climate. **Energy and Buildings**, v. 11, p. 103–113, 1988.
- SABRIN, S. et al. Effects of Different Urban-Vegetation Morphology on the Canopy-level Thermal Comfort and the Cooling Benefits of Shade Trees: Case-study in Philadelphia. **Sustainable Cities and Society**, v. 66, p. 102684, mar. 2021.
- SANTOS NOURI, A. et al. The Impact of Tipuana tipu Species on Local Human Thermal Comfort Thresholds in Different Urban Canyon Cases in Mediterranean Climates: Lisbon, Portugal. **Atmosphere**, v. 9, n. 1, p. 12, 7 jan. 2018.
- SONG, G.-S.; JEONG, M.-A. Morphology of pedestrian roads and thermal responses during summer, in the urban area of Bucheon city, Korea. **International Journal of Biometeorology**, v. 60, n. 7, p. 999–1014, jul. 2016.
- SUN, S. et al. Evaluating the impact of urban green space and landscape design parameters on thermal comfort in hot summer by numerical simulation. **Building and Environment**, v. 123, p. 277–288, out. 2017.

VANOS, J. K. et al. Planning for spectator thermal comfort and health in the face of extreme heat: The Tokyo 2020 Olympic marathons. **Science of The Total Environment**, v. 657, p. 904–917, mar. 2019.

WAI, K.-M. et al. Reduced effectiveness of tree planting on micro-climate cooling due to ozone pollution—A modeling study. **Sustainable Cities and Society**, v. 52, p. 101803, jan. 2020.

WANG, Y.; BERARDI, U.; AKBARI, H. Comparing the effects of urban heat island mitigation strategies for Toronto, Canada. **Energy and Buildings**, SI: Countermeasures to Urban Heat Island. v. 114, p. 2–19, 15 fev. 2015.

YAHIA, M. W. et al. Effect of urban design on microclimate and thermal comfort outdoors in warm-humid Dar es Salaam, Tanzania. **International Journal of Biometeorology**, v. 62, n. 3, p. 373–385, mar. 2018.

YILMAZ, S. et al. Street design scenarios using vegetation for sustainable thermal comfort in Erzurum, Turkey. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 28, n. 3, p. 3672–3693, jan. 2021.

ZHANG, J. et al. The impact of sky view factor on thermal environments in urban parks in a subtropical coastal city of Australia. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 44, p. 126422, ago. 2019.