

TECNOLOGIAS UTILIZADAS NO ESTUDO DA INFLUÊNCIA DAS FLORESTAS URBANAS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA

TECHNOLOGIES USED IN THE STUDY OF THE INFLUENCE OF URBAN FORESTS: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

Maria Inês Corrêa de Paula Santos¹, Gabriel de Assis Furquim², Lucas Kröhling Bernardi³, Atny Miho Saito⁴, Cláudio Roberto Thiersch⁵

RESUMO

As florestas urbanas possuem inúmeros benefícios, tendo tanto funções estéticas quanto biológicas. Porém, o modo como elas serão integradas ao novo estilo das cidades, cada vez mais tecnológicas, ainda não é plenamente conhecido, por isso o propósito desse trabalho foi realizar uma revisão sistemática de literatura para visualizar quais as tecnologias já utilizadas no estudo das árvores nas cidades, bem como observar o papel do Brasil frente ao tema das cidades inteligentes. Para tanto foram utilizadas três bases de dados: *SciELO*, *Scopus* e *Web of Science*, sendo levantados trinta e um artigos após todo o processo da revisão sistemática. Observou-se que as tecnologias atuais utilizadas são, na sua maioria, relacionadas ao sensoriamento remoto, e que a maioria dos autores são chineses e brasileiros, mostrando a importância dos nossos pesquisadores.

Palavras-chave: Árvores Urbanas; SIG; Cidades Inteligentes

ABSTRACT

Urban forests have numerous benefits, ranging from aesthetic to biological functions, However, how they will be integrated into the new style of cities, increasingly technological, is not yet fully known, so the purpose of this work was to carry out a systematic literature review to see which technologies are already used in the study of trees in cities, as well as observing the role of Brazil in relation to the theme of smart cities. Therefore, three databases were used: *SciELO*, *Scopus* and *Web of Science* being thirty-one articles were obtained after the entire systematic review process. It was observed that the current technologies used are mostly related to remote sensing and that the majority of authors are Chinese and Brazilian, showing the importance of our researchers in the area and makes us believe that some efforts made by specialists in the area can instigate new publications about it.

Keywords: Urban Trees; GIS; Smart Cities

Recebido em 26.10.2020 e aceito em 09.08.2021

1 Engenheira Florestal. Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Uso de Recursos Renováveis. Universidade Federal de São Carlos. Sorocaba/SP. Email: mmsantoos@icloud.com

2 Graduando em Engenharia Florestal. Universidade Federal de São Carlos. Sorocaba/SP. Email: gaf.florestal@gmail.com

3 Engenheiro Florestal. Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Uso de Recursos Renováveis. Universidade Federal de São Carlos. Sorocaba/SP. Email: bernardilucas93@gmail.com

4 Engenheira Florestal. Universidade Federal de São Carlos. Sorocaba/SP. Email: atnysaito@gmail.com

5 Engenheiro Florestal. Prof. Dr. da Universidade Federal de São Carlos Sorocaba/SP. Email: crthiersch@ufscar.br

INTRODUÇÃO

Desde o início da construção das primeiras cidades, passando por seus processos de crescimento e desenvolvimento, realizados única e exclusivamente para atender a população, a arquitetura urbana foi sempre voltada para valorizar os espaços construídos, deixando de lado a vegetação natural e o quanto ela pode auxiliar positivamente no meio urbano, tanto no âmbito paisagístico, quanto refletindo na qualidade de vida da população (PAULA-SANTOS, 2019).

Vegetações em áreas urbanas podem cumprir diversas funções quando bem conservadas, sendo elas: social, estética, educativa e psicológica, além de ecológica (BARGOS; MATIAS, 2011) facilmente aplicada para controle climático, de poluentes e conservação do solo, como em trocas de radiação, fluxo de ar e velocidade de ventos, evaporação, temperatura, erosão, escoamento superficial, ventilação de poluentes do ar e ainda diminuição de ruídos (MARTELLI, 2015; OKE et al., 2017; TONG et al., 2017). Apesar de tantos benefícios muitos fragmentos florestais urbanos ainda são tratados de maneira superficial, sem instrumentos legais de proteção efetivos (KUDO; PEREIRA; SILVA, 2016).

A presença de árvores e o planejamento das mesmas nas cidades são fatores importantes para qualificar o espaço urbano, beneficiando ruas e bairros e diminuindo problemas ambientais urbanos (PATRÍCIO, 2017), sendo importante dentro desse processo conhecer o objeto a ser trabalhado. Todavia, conhecer com totalidade o objeto em questão, ou seja, cada árvore de uma área verde, é um desafio muito grande e, num primeiro momento, muito trabalhoso. Por este motivo, a tecnologia da informação se apresenta como um instrumento que permite reduzir tal complexidade, permitindo maior compreensão sobre os objetos e auxiliando em um melhor manejo dessas áreas (JUNIOR, 2015).

Tal redução da complexidade pode ser realizada através de mapas, tabelas e gráficos, juntamente a um banco de dados, que permitem uma rápida visualização dos dados e auxiliam em uma tomada de decisão mais efetiva e, atualmente um termo que se refere a esses métodos é o “*Big Data*”, um conjunto de dados maior e mais complexo que não pode ser processado ou analisado usando os processos ou ferramentas tradicionais (ZIKOPOULOS; EATON; DERROOS, 2012). Nesse sentido, ferramentas como os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) vêm sendo utilizada em trabalhos como o de REZENDE et al. (2020).

Mesmo com tecnologias a favor e os sistemas de gerenciamento e controles informatizados tendo um custo significativamente menor que o custo futuro de modificação dos espaços públicos devido oriundos da falta de planejamento, *softwares* que auxiliam no planejamento das árvores urbanas ainda são poucos (ADAM et al., 2001).

Juntamente com o processo de desenvolvimento de tecnologias urbanas o termo *smart city* acabou surgindo, sendo geralmente utilizado para definir cidades que utilizam ferramentas

digitais para automatizar e otimizar sistemas, serviços e recursos públicos, podendo assim ser utilizado também quando temos cidades com tecnologias na área ambiental (ALDAIRI; TAWALBEH, 2017; LLACUNA; COLOMER-LLINÀS; MELÉNDEZ-FRIGOLA, 2015; SALGADO, 2016).

Por esse motivo, o objetivo deste trabalho foi apresentar o resultado de uma revisão sistemática de literatura referente às tecnologias que são ou já foram empregadas na caracterização da cobertura arbórea presente nas cidades, para subsidiar a melhoria da gestão, planejamento e manejo dessas áreas e observar o quanto a ciência avançou nesse quesito nos últimos anos.

MATERIAL E MÉTODOS

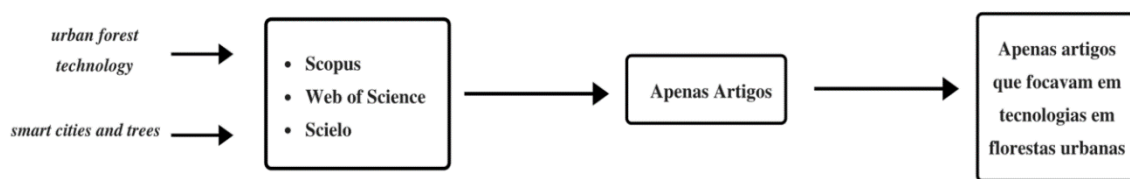
Como trata-se de uma revisão sistemática de literatura, ou seja, consiste na elaboração de uma questão ou de escolha de palavras-chaves para orientar a pesquisa de busca de informações, este trabalho também pauta a variedade de fontes para a localização de estudos, critérios de inclusão e exclusão de artigos e na avaliação metodológica de produções recuperadas (BERWANGER, 2007; NORONHA; FERREIRA, 2000).

Portanto, o levantamento dos trabalhos foi realizado em três bases de dados: *SciELO*, *Web of Science* e *Scopus*, baseando as palavras-chave pesquisadas nas seguintes questões: a) Quais tecnologias são utilizadas nas florestas urbanas? b) São as mesmas que utilizadas em diferentes partes do setor florestal? c) São algo novo ou necessitaram de alguma adaptação? e a partir destes questionamentos foram escolhidas as seguintes palavras-chave: “*urban forest technology*” e “*smart cities and trees*”, e seus correspondentes em português (tecnologias para florestas urbanas e cidades inteligentes e árvores), para abranger todos os artigos relacionados ao uso de tecnologia em florestas urbanas e em um segundo momento avaliar apenas as pesquisas brasileiras.

Na busca foram empregados intencionalmente termos mais amplos para se identificar o maior número de produções, evitando assim que algum estudo importante fosse excluído do levantamento. Como o foco foram os projetos de tecnologias aplicadas nas florestas urbanas, foram eliminados aqueles referentes a IoT (*Internet of Things* - Internet das Coisas) para mobilidade, e tecnologias tanto de *smart cities* quanto voltadas ao setor florestal nunca testados em florestas urbanas. Todo o processo de busca e avaliação dos artigos foi realizado individualmente e então, os artigos foram selecionados a partir dos seus títulos e posteriormente seus resumos. Por fim, obteve-se o texto na íntegra de todos os artigos selecionados para melhor a avaliação e a extração de dados.

A partir dos artigos selecionados para o estudo, realizou-se a tabulação dos dados de forma padronizada e metodológica, sendo os seguintes itens incluídos e agrupados em tabelas: autoria, ano de publicação, localização do pesquisador, objetivo do estudo e tecnologia utilizada.

Mesmo finalizada em outubro 2020, não foram impostas restrições em relação a data de publicação ou ao idioma de divulgação dos trabalhos, porém, como critérios de exclusão, foram desconsiderados capítulos de livros editoriais, entre outros formatos de textos, por não passarem por processo rigoroso de avaliação por pares, como ocorre com os artigos científicos e tecnologias não empregadas nas florestas urbanas (Figura 1).



Fonte: Autoria Própria (2020)

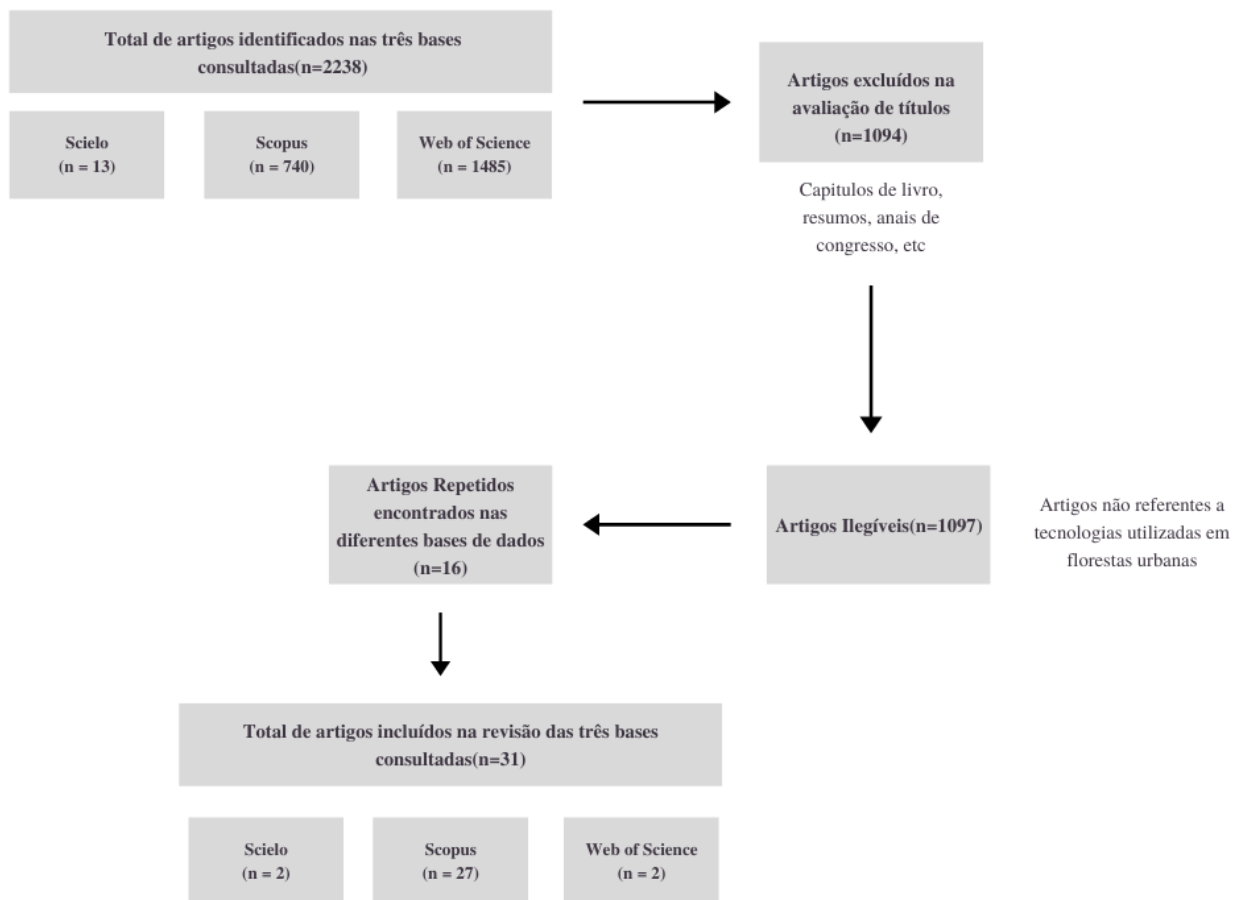
Figura 1. Esquema do processo de revisão sistemática realizado.
Figure 1. Scheme of the systematic review process performed.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O levantamento bibliográfico inicialmente localizou 2238 (dois mil e duzentos e trinta e oito) resultados, sendo o termo *urban forest technology responsável por* 63,81% deles nas três bases de dados. Esse percentual subiu para 73,78% após o primeiro critério de exclusão e, nesse momento a base de dados SciELO deixa de apresentar publicações com o termo *smart cities and trees*. Apesar disso, para o termo *urban forest technology* não foram feitas exclusões quando seguidos os critérios especificados, mantendo a quantia de 12 (doze) publicações e caindo para um total de 2 (duas) publicações após segunda exclusão. Mesmo se igualando à plataforma *Web of Science* em número de publicações selecionadas no fim dos processos de exclusão, *SciELO* foi a plataforma com menor número de resultados retornados em todos os casos.

A plataforma *Scopus* foi aquela que mais retornou resultados de publicações com ambas as palavras-chave. No primeiro momento ela retornou 66,35% de todos os resultados enquanto a plataforma *Web of Science* retornou 33,06% e, após a primeira exclusão a plataforma *Scopus* retornou 58,83% dos resultados e a plataforma *Web of Science* um percentual de 40,13%. Mediante a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão previamente elaborados, foram excluídas 2207 (duas mil e duzentas e sete) publicações. Os 31 (trinta e um) artigos restantes compuseram o *corpus* de análise da revisão. A Figura 2 apresenta o fluxograma com as etapas

de identificação, seleção e inclusão dos textos. A Tabela 1 mostra o número de artigos encontrados em cada base durante todo o processo (informando os artigos repetidos).



Fonte: Autoria Própria (2020)

Figura 2. Fluxograma da seleção dos trabalhos revisados.
Figure 2. Flowchart of the selection of the reviewed papers.

Tabela 1. Resultados do número de publicações encontradas nas três fases da pesquisa.
Table 1. Results of the number of publications found by keywords in the first part of the research.

Base de dados	Resultados encontrados por palavra-chave		Resultados encontrados por palavra-chave após 1ª exclusão		Resultados encontrados por palavra-chave após 2ª exclusão	
	<i>Urban forest technology</i>	<i>Smart cities and trees</i>	<i>Urban forest technology</i>	<i>Smart cities and trees</i>	<i>Urban forest technology</i>	<i>Smart cities and trees</i>
Scopus	899	586	502	171	27	2
SciELO	12	1	12	0	2	0
Web of Science	517	223	330	129	15	1

A maioria dos artigos encontrados se remete às avaliações de uso do solo por sensoriamento remoto (Tabelas 2, 3 e 4), com destaque para o LiDAR (*Light Detection And*

Ranging - Detecção e Alcance de Luz), além de outras tecnologias interessantes que estão sendo utilizadas, como LoRa (*Long Range* - Alcance Amplo) e NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index* – Índice de Vegetação da Diferença Normalizada). Sobre o uso IoT (*Internet of Things* - Internet das Coisas) e de *softwares* específicos para uso nas florestas urbanas, foram encontrados poucos artigos (Tabela 5). Foram encontrados também durante o processo de revisão sistemática, trabalhos voltados à cobertura arbórea e à saúde humana, principalmente sobre a questão psicológica, que foram excluídos por não fazerem parte do foco da pesquisa, mas que mostram uma linha muito interessante a ser explorada, além de muitas publicações sobre o aspecto climático das cidades, mostrando a importância de se estudar as mudanças climáticas para a gestão e planejamento de uma cidade. Outras linhas interessantes a serem exploradas que também estavam presentes nesse processo, são as relacionadas a tratamento de água e sequestro de carbono.

Na Tabela 2 são apresentados 10 (dez) artigos utilizando tecnologias tradicionais de Sistema de Informação Geográfica (SIG) em florestas urbanas, sendo 80% deles publicados nos últimos dez anos. O país com maior número de publicações foi a China com 40% do total, enquanto o Brasil aparece com apenas uma publicação.

Diferentemente, na Tabela 3 são apresentados os artigos utilizando novas tecnologias de SIG para o mesmo fim. Dos nove artigos eleitos, apenas a tecnologia ALS foi utilizada mais de uma vez (22,2% do total) e em diferentes países de diferentes continentes. Novamente, o Brasil aparece com apenas uma publicação nessa categoria. Todos os artigos foram publicados nos últimos dez anos e, quatro deles (44,4%) foram publicados em 2020, indicando crescente interesse em novas tecnologias de SIG para tal fim.

Na Tabela 4 é destacada uma das novas tecnologias SIG mais utilizadas, o LiDAR. Mais da metade dos artigos eleitos (57,15%) possuem autores estadunidenses trabalhando em parceria com autores de outros países em 50% dessas publicações, em um desses casos em parceria com brasileiros. Todos os artigos foram publicados em menos de dez anos, sendo os mais velhos do ano de 2013 (China, Austrália). Tecnologias semelhantes com diferentes nomenclaturas como o LiDAR, ALS (*Airborne Laser Scanning* – Varredura a Laser por Aerotransporte) e MLS (*Mobile Laser Scanning* – Varredura Móvel a Laser) indicam que o uso de equipamentos a *lasers* no sensoriamento remoto são uma tendência nessa área e que, pode haver necessidade de padronização na nomenclatura de modo a facilitar a procura de bibliografias.

Tabela 2. Artigos encontrados utilizando tecnologias tradicionais de SIG (Sistema de Informação Geográfica) em florestas urbanas.

Table 2. Articles found using GIS (Geographic Information System) in urban forests.

Artigo	Autores	Data	Local dos autores	Objetivo	Tecnologia
Environmental analysis and zoning for an urban park management purpose	ZANIN, E.M. et al.	2005	Brasil	Manejo do Parque Municipal Longines Malinowski	SIG-GIS
Ecological pattern of urban forest landscape of Ji'nan City, China	LU, M. et al.	2019	China	Avaliação do padrão ecológico da cidade de Jihan	SIG-GIS
Urban green space classification and water consumption analysis with remote-sensing technology: a case study in Beijing, China	SUCHUAN G, D. et al.	2018	China	Uso de dados de SIG avaliar o consumo de água das florestas urbanas	SIG-GIS
Urban Tree Canopy (UTC) Dynamics and Changes of Landscape Patterns in the Second Green Belt in Beijing from 2002 to 2013	BAOQUAN, J.; KUANBIAO, Q.	2019	China	Avaliar a dinâmica de dossel por GIS	SIG-GIS
Monitoring the health status of trees in Maksimir Forest Park using remote sensing methods	ZAGORAN SKI, F. et al.	2018	Croácia	Monitoramento de saúde das árvores por SIG	SIG-GIS
Mapping urban tree species using integrated airborne hyperspectral and LiDAR remote sensing data	LIU, L. et al.	2017	China/Canadá	Mapeamento por SIG	SIG-GIS
Geospatial technology in urban forest suitability: Analysis for Ranchi, Jharkhand, India	AHMAD, F.; GOPARAJU, L.	2016	Índia	Mapeamento por SIG	SIG-GIS
Multi-purpose internet-based information system 'urban'. urban tree database and climate impact evaluation	VARRAS, G. et al.	2016	Grécia	Sistema de Informação multiuso baseado na Internet	SIG-GIS
Mapping carbon storage in urban trees with multi-source remote sensing data: Relationships between biomass, land use, and demographics in Boston neighborhoods	RACITI, S.M. et al.	2014	EUA	Mapear armazenamento de carbono com SIG	SIG-GIS
An electronic tree inventory for arboriculture management	TAIT, R.J. et al.	2009	Reino Unido	Inventário	SIG-GIS

Tabela 3. Artigos encontrados utilizando novas tecnologias de SIG (Sistema de Informação Geográfica) em florestas urbanas.

Table 3. Articles found using new GIS (Geographic Information System) technologies in urban forests.

Artigo	Autores	Data	Local dos autores	Objetivo	Tecnologia
Application of NDVI for identify potentiality of the urban forest for the design of a green corridors system in intermediary cities of Latin America: Case study, Temuco, Chile	MORENO, R. et al.	2020	Chile	O potencial que as florestas urbanas poderiam ter no desenho de corredores verdes para a América Latina	SIG (NDVI)
RPAS-based photogrammetry to support tree stability assessment: Longing for precision arboriculture	DE PETRIS, S. et al.	2020	Itália	“Arboricultura de Precisão” através de fotogrametria	RPA
Street tree segmentation from mobile scanning data	GUAN, H. et al.	2016	China	Método de segmentação de árvore por MLS	MLS
Field evaluation of low-cost PM sensors (Purple Air PA-II) Under variable urban air quality conditions, in Greece	STAVROULAS, I. et al.	2020	Grécia	Avaliação de campo dos dispositivos Purple Air PA-II	Purple Air PA-II
A study of the LoRa signal propagation in forest, urban, and suburban environments	FERREIRA, A.E. et al.	2020	Brasil	Avaliação do LoRA (Sensoriamento remoto)	SIG (LoRa)
Estimating crown diameters in urban forests with Unmanned Aerial System-based photogrammetric point clouds	YILMAZ, V.; GÜNGÖR, O.	2019	Turquia	Estimação de Diâmetro de árvores urbanas por Unmanned Aerial System	UAS
Urban-tree-attribute update using multisource single-tree inventory	SAARINEN, N. et al.	2014	Finlândia	Inventário de Árvore Única (MS-STI)	TLS e ALS
Vegetation mapping of urban forest using airborne laser scanning in Kyoto City, Japan: Towards woody biomass utilization	IOKI, K. et al.	2013	Japão	Mapeamento por ALS	ALS
Interactive mapping of urban tree benefits using Google Fusion Tables and API technologies	BOWIE, G.D.; MILLWARD, AA; BHAGAT, N.N.	2014	Canadá	Mapeamento dos benefícios da árvore urbana	API/Google Tables

Tabela 4. Artigos encontrados utilizando LiDAR (*Light Detection And Ranging*) em florestas urbanas.
Table 4. Articles found using LiDAR (*Light Detection and Ranging*) in urban forests.

Artigo	Autores	Data	Local dos autores	Objetivo	Tecnologia
Estimating Above-Ground Biomass of <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze Using LiDAR Data	REX, F.E. et al.	2019	Brasil/EUA	O desempenho de dados de dossel obtidos do Airborne Laser Scanner (ALS) na geração de estimativas de biomassa acima do solo (AGB) de indivíduos de <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze.	LiDAR
Mapping functional urban green types using high resolution remote sensing data	DEGERIC KX, J. et al.	2020	Bélgica	LiDar para mapear florestas urbanas	LiDAR
Remote sensing of bark beetle damage in urban forests at individual tree level using a novel hyperspectral camera from UAV and aircraft	ROOPE N., et al.	2018	Finlândia/EUA	Avaliação de fitossanidade por Sensoriamento Remoto	LiDAR
Effects of LiDAR point density and landscape context on estimated of urban forest biomass	SINGH, K. K. et al.	2015	EUA	LiDAR para estimar biomassa	LiDAR
Urban forest corridors in Australia: Policy, management and technology	WANG, M.-Z.; MERRICK, J.R.	2013	Austrália	Levantamento por LiDAR	LiDAR
The status and trend on the urban tree canopy research	BAOQUAN, J. et al.	2013	China	Tecnologias utilizadas	LiDAR
Detecting Long-Term Urban Forest Cover Change and Impacts of Natural Disasters Using High-Resolution Aerial Images and LiDAR Data	BLACKMAN, R.; YUAN, F.	2020	EUA	Mapeamento por LiDAR	LiDAR

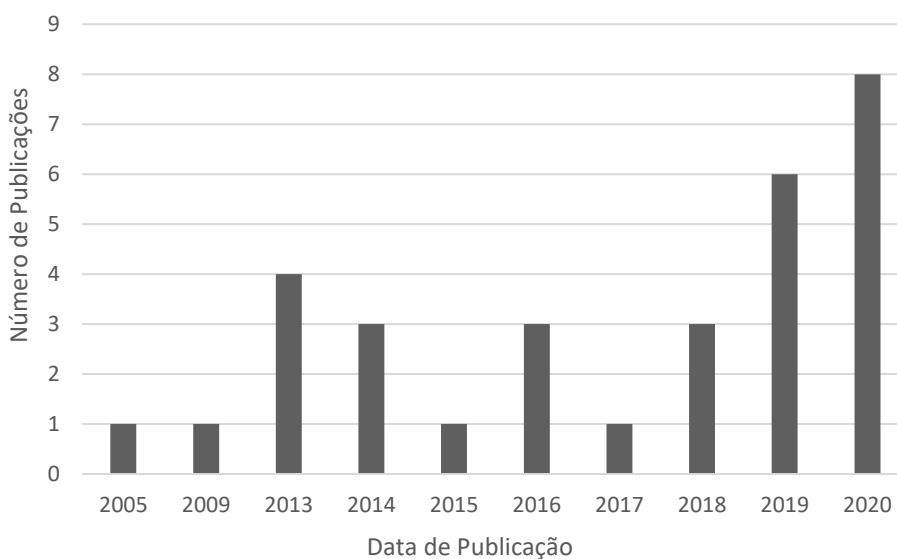
Outras tecnologias como IoT são apresentadas na Tabela 5, onde novamente o Brasil aparece com apenas uma publicação e em parceria com pesquisadores argentinos, sendo este o trabalho mais antigo dessa seleção, publicado em 2013. Os dois trabalhos envolvendo IoT foram publicados em 2020, evidenciando um recente interesse sobre essa tecnologia para este

fim. Rússia e Itália aparecem como países com pesquisadores parceiros em 40% dos artigos eleitos.

Tabela 5. Artigos encontrados utilizando IoT (*Internet of Things*) e outras tecnologias em florestas urbanas.
Table 5. Articles found using IoT (Internet of Things) and other technologies in urban forests.

Artigo	Autores	Data	Local dos autores	Objetivo	Tecnologia
IoT monitoring of urban tree ecosystem services: Possibilities and challenges	MATASOV, V. et al.	2020	Rússia/Itália	Testes de IOT para monitoramento em tempo real dos serviços ambientais	IoT
The Internet of Nature: How taking nature online can shape urban ecosystems	GALLE, N.J. et al.	2019	Irlanda/Canadá	Avaliação de tecnologias	Várias Tecnologias
New tree monitoring systems: From industry 4.0 to nature 4.0	VALENTINI, R. et al.	2019	Itália/Rússia	Mostrar os recursos do Tree Talker	TreeTalker
Green technologies for the use of urban wastewater: Economic analysis	GIL, H.A. et al.	2013	Argentina/Brasil	Custo-Benefício Tecnológico	CT e GT
IoT-based green city architecture using secured and sustainable android services	ULLAH, F. et al.	2020	China/Turquia	Aplicativos e Seguranças	IoT

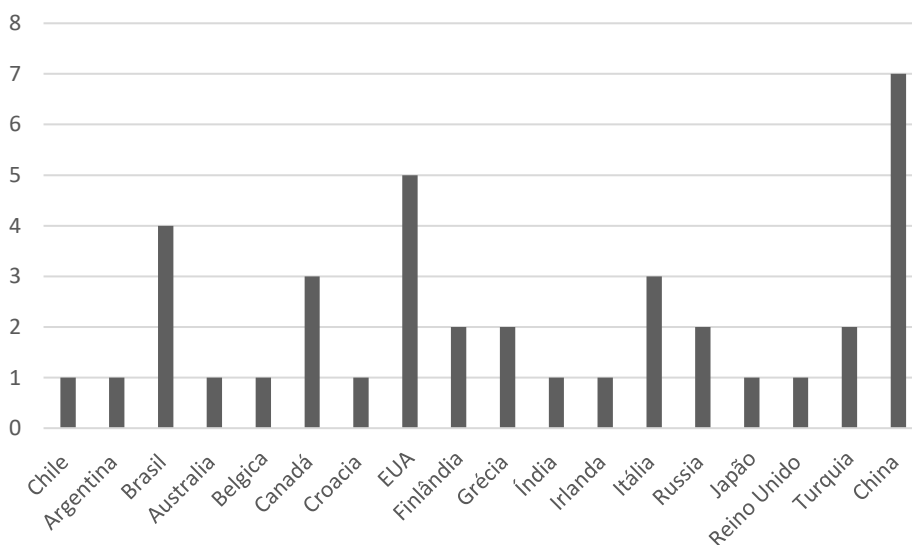
Ao se analisar os artigos escolhidos consegue-se observar o aumento das publicações sobre tecnologias a partir de 2019 (Figura 3), ocasionado pela popularização e utilização de sensores mais tecnológicos, da disseminação do conceito da IoT (*internet* das coisas) e das cidades inteligentes. Dos artigos selecionados 93,55% foram publicados nos últimos 10 anos sendo 67,74% do total publicado nos últimos cinco anos. Foi possível perceber que apesar do termo “*smart city*” ter sido desenvolvido no início do século 20, apenas em 2005 começamos a ver seu uso juntamente com a florestas urbanas através do sensoriamento remoto.



Fonte: Autoria Própria (2020)

Figura 3. Gráfico da quantidade de publicações sobre tecnologia nas florestas urbanas pelo tempo.
Figure 3. Graph of the number of publications on technology in urban forests by time.

Em relação a localidade dos autores (Figura 4) se observa que a maioria dos artigos selecionados tem autores chineses (17,95%), porém mesmo a China sendo um dos principais pontos de surgimento de novas tecnologias, os artigos referentes foram de sensoriamento remoto, sendo o mais interessante de Baoquan et al. (2013) que já mostrava o *status* e as tendências em pesquisas de dossel em áreas urbanas. Um dos dois artigos referentes a IoT também possui autores chineses, porém a sua maioria são europeus.



Fonte: Autoria Própria (2020)

Figura 4. Quantidades de autores por localidade.
Figure 4. Quantities of authors by location.

Em relação ao Brasil, corrobora-se a proposição de Barona et al. (2020) de que o país é o que mais publica na América Latina e Caribe sobre o tema florestas urbanas, pois aparece em segundo lugar entre os países com maior quantidade de autores (10,26%), ficando à frente de países como Canadá e Itália (7,69% cada), Rússia e Grécia (5,13% cada). Foi possível observar também que os pesquisadores brasileiros estão cada vez mais interessados em estudar novas tecnologias, dado que os quatro artigos encontrados são sobre tecnologias distintas e diferenciadas como o LoRa e o LiDAR. No entanto, acredita-se que esse número poderia ser ainda maior pois foram utilizadas exclusivamente essas três bases de dados como meio de pesquisa e, mesmo elas sendo as mais usuais pode ocorrer que muitas pesquisas brasileiras não estejam catalogadas uma vez que não são todas as revistas brasileiras que estão cadastradas. Além disso, nota-se a existência de revisões sobre árvores urbanas como a de Bargas e Matias (2011) mas com uma proposta mais conceitual do assunto, reforçando a lacuna existente quanto as tecnologias acerca do tema.

Vale destacar ainda que esforços como o da *International Society of Arboriculture – ISA* para unificar e fomentar produções científicas da área com um cunho mais tecnológico em uma edição especial do periódico *Arboriculture & Urban Forestry* (NITOSLAWSKI & van den BOSCH, 2021, *in prep.*) podem ter forte impacto nos próximos anos ajudando a alavancar o tema. Nesse sentido pode-se esperar um aumento de tais publicações por autores de todo o mundo a partir do ano vigente.

CONCLUSÕES

Através desta pesquisa com as palavras-chave mais genéricas encontradas para o tema foi possível observar a escassez de artigos relacionados e que a maioria dos encontrados tratam de pesquisas voltadas ao sensoriamento remoto, principalmente LiDAR, nos últimos anos, enquanto pesquisas sobre novos tipos de sensores, IoT (Internet das coisas) e *softwares* para auxiliar nos processos do desenvolvimento e gestão das florestas urbanas são quase inexistentes. Com isso, se observa a existência de um vazio na área, uma grande importância nesse tipo de pesquisa tão essencial para uma gestão efetiva das florestas urbanas e, que as tecnologias que estão surgindo devem ser testadas para auxiliar cada vez mais na geração de cidades sustentáveis e tecnológicas, as verdadeiras “cidades inteligentes”, sendo, portanto, inteligentes não somente pelo uso da tecnologia, mas também pela inteligência trazida pela atenção e pelo cuidado com a natureza.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

ADAM, E.; GUEDES JÚNIOR, A.; HOCHHEIM, N. Geoprocessamento para o inventário das espécies arbóreas na região de Florianópolis. In: GISBRASIL 2001, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Fator GIS, 2001.

ALDAIRI, A.; TAWALBEH, L. Cyber Security Attacks on Smart Cities and Associated Mobile Technologies. **Procedia Computer Science**, EUA, v.109, p.1086-1091, 2017.

BAOQUAN, J.; CHENG, W; ERFA, Q. GUANGFA, Q. The status and trend on the urban tree canopy research. **Acta Ecologica Sinica**, China, v.33, p.23-32, 2013.

BARGOS, D. C.; MATIAS, L. F. Áreas verdes urbanas: um estudo de revisão e proposta conceitual. **REVSBAU**, Piracicaba, v.6, n.3, p.172-188, 2011.

BARONA, C.O. et al. Trends in Urban Forestry Research in Latin America & The Caribbean: A Systematic Literature Review and Synthesis. **Urban Forestry & Urban Greening**, EUA, v.47, 2020.

BERWANGER, O. Como avaliar criticamente revisões sistemáticas e metanálises? **Rev. Bras. Ter. Intensiva**, São Paulo, v.19, n.4, p.475-480, 2007.

JUNIOR, R.V. ArbVias – método de avaliação da arborização no sistema viário urbano. **Paisagem e Ambiente: ensaios**, São Paulo, n. 35, p. 89-117, 2015.

KUDO, S. A.; PEREIRA, H. S.; SILVA, S. C. P. A proteção jurídica dos fragmentos florestais urbanos: um estudo da paisagem e da legislação ambiental e urbanística da cidade de Manaus. **DEMA Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Manaus, v.38, p.521 - 540, 2016.

LLACUNA, M. M., COLOMER-LLINÀS, J., & MELÉNDEZ-FRIGOLA, J. Lessons in urban monitoring taken from sustainable and livable cities to better address the Smart Cities initiative. **Technological Forecasting & Social Change**, EUA, v.90, p.611-622. 2015.

MARTELLI, A.; JR, A. R. S. Arborização Urbana do município de Itapira – SP: perspectivas para educação ambiental e sua influência no conforto térmico. **REGET/UFSM**, Itapira, v.19, n.2, p.1018-1031, 2015.

NITOSLAWSKI, S. A.; van den BOSCH, C. K. et al. Special Issue: Smart Urban Forestry – Digital technologies and data for planning, design, and management. **Arboriculture & Urban Forestry (in prep.)**. Atlanta, GA. 2021.

NORONHA, D.P.; FERREIRA, S.M.S.P. Revisões de Literatura. In: Campello BV, Kremer JM, organizadores. Fontes de informação para pesquisadores e profissionais. **Editores UFMG**, Belo Horizonte, p. 191-198, 2000.

OKE, T. R.; MILLS, G.; CHRISTEN, A.; VOOGT, J. A. **Urban Climates**. Cambridge University Press, 1ª Edição, Reino Unido, 2017.

PATRÍCIO P.P.M. **Florística e Diagnóstico da Arborização da Universidade Federal de Mato Grosso, campus Cuiabá**. Dissertação em Ciências Florestais e Ambientais-UFMT, Cuiabá, 2017.

PAULA-SANTOS, M.I.C. **Desenvolvimento de um modelo computacional para auxílio na gestão da arborização urbana**. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação)-Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba, 35 f., 2019.

REZENDE, J. H.; ARONI, L. R.; RODRIGUES, V. L. Avaliação e classificação de praças com o uso de veículos aéreos não tripulados (VANT). **REVSBAU**, Curitiba, v.15, n.2, p.75-89, 2020.

SALGADO, M. M. A inteligência na sociedade positiva: dos humanos às cidades. In **L. Santaella., Cidades inteligentes: por que, para quem?** São Paulo, SP: Estação das Letras e Cores, p.38-49, 2016.

TONG, S.; WONG, N. H.; TAN, C. L.; JUSUF, S. K.; IGNATIUS, M.; TAN, E. Impact of urban morphology on microclimate and thermal comfort in northern China. **Solar Energy**, Singapura, v.155, p.212-223, 2017.

ZIKOPOULOS, P.; EATON, C.; DEROOS, D. Understanding big data: Analytics for Enterprise Class Hadoop and Streaming Data. **McGrawHill**, EUA, 2012.

APÊNDICE

Referências encontradas na revisão sistemática de literatura (tabelas 2, 3, 4 e 5).

- AHMAD, F.; GOPARAJU, L. Geospatial technology in urban forest suitability: Analysis for Ranchi, Jharkhand, India. **Ecological Questions**, v. 24, p. 45-57, 2017.
- BAOQUAN, J.; CHENG, W; ERFA, Q. GUANGFA, Q. The status and trend on the urban tree canopy research. **Acta Ecologica Sinica**, China, v.33, p23-32, 2013.
- BAOQUAN, J.; KUANBIAO, Q. Urban Tree Canopy (UTC) Dynamics and Changes of Landscape Patterns in the Second Green Belt in Beijing from 2002 to 2013. **Scientia Silvae Sinicae**, China, v.55, n.2, p.13-21, 2019.
- BLACKMAN, R; YUAN, F. Detecting Long-Term Urban Forest Cover Change and Impacts of Natural Disasters Using High-Resolution Aerial Images and LiDAR Data. **Remote Sensing**, Basel, v.12, n.11, 2020.
- BOWIE, GD; MILLWARD, AA; BHAGAT, N.N. Interactive mapping of urban tree benefits using Google Fusion Tables and API Technologies. **Urban Forestry & Urban Greening**, USA, v.13, n.4, p.742-755, 2014.
- DE PETRIS, S. et al. RPAS-based photogrammetry to support tree stability assessment: Longing for precision arboriculture. **Urban Forestry & Urban Greening**, USA, v. 55, 2020.
- DEGERICKX, J. et al. Mapping functional urban green types using high resolution remote sensing data. **Sustainability**, Basel, v.12, n.5, 2020.
- FERREIRA, A.E. et al. A study of the LoRa signal propagation in forest, urban, and suburban environments. **Annals of Telecommunications**, Springer, v.75, p.333-351, 2020.
- GALLE, N.J. et al. The Internet of Nature: How taking nature online can shape urban ecosystems. **The Anthropocene Review**, v.6, n.3, p.279-287, 2019.
- GIL, H.A. et al. Green technologies for the use of urban wastewater: Economic analysis. **Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v.8, n.3, p.118-128, 2013.
- GUAN, H. et al. Street tree segmentation from mobile scanning data. **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. XLI-B3, p.221-225, 2016.
- IOKI, K. et al. Vegetation mapping of urban forest using airborne laser scanning in Kyoto City, Japan: Towards woody biomass utilization. **Waste Biomass**, v.4, p.213-220, 2013.
- LIU, L. et al. Mapping urban tree species using integrated airborne hyperspectral and LiDAR remote sensing data. **Remote Sensing of Environment**, v.200, p.170-182, 2017.
- LU, M. et al. Ecological pattern of urban forest landscape of Ji'nan City, China. **Ying Yong Sheng Tai Xue Bao**, China, v.30, n.12, p.4117-4126, 2019.
- MATASOV, V. et al. IoT monitoring of urban tree ecosystem services: Possibilities and challenges. **Forests**, v.11, n.7, 2020.
- MORENO, R. et al. Application of NDVI for identify potentiality of the urban forest for the design of a green corridors system in intermediary cities of Latin America: Case study, Temuco, Chile. **Urban Forestry & Urban Greening**, v.55, 2020.

- RACITI, S.M. ET. AL. Mapping carbon storage in urban trees with multi-source remote sensing data: Relationships between biomass, land use, and demographics in Boston neighborhoods. **Science of the Total Environment**, v.500-5501, p.72-83, 2014.
- REX, F.E. et al. Estimating Above-Ground Biomass of *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze Using LiDAR Data. **Floresta e Ambiente**, v.26, n.4, 2019.
- ROOPE, N., et al. Remote sensing of bark beetle damage in urban forests at individual tree level using a novel hyperspectral camera from UAV and aircraft. **Urban Forestry & Urban Greening**, v.30, p.72-83, 2018.
- SAARINEN, N. et al. Urban-tree-attribute update using multisource single-tree inventory. **Forests**, v.5, n.5, p.1032-1052, 2014.
- SINGH, K. K. et al. Effects of LiDAR point density and landscape context on estimado of urban forest biomass. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v.101, p.310-322, 2015.
- STAVROULAS, I. et al. Field evaluation of low-cost PM sensors (Purple Air PA-II) Under variable urban air quality conditions, in Greece. **Atmosphere**, v.11, n.9, 2020.
- SUCHUANG, D. et al. Urban green space classification and water consumption analysis with remote-sensing technology: a case study in Beijing, China. **International Journal of Remote Sensing**, v.40, p.5-6, 2018.
- TAIT, R.J. et al. An electronic tree inventory for arboriculture management. **Knowledge-Based Systems**, v.22, n.7, p.552-556, 2009.
- ULLAH, F. et al. IoT-based green city architecture using secured and sustainable android services. **Environmental Technology & Innovation**, v.20, 2020.
- VALENTINI, R. et al. New tree monitoring systems: From industry 4.0 to nature 4.0. **Annals of Silvicultural Research**, v.43, n.2, p.84-88, 2019.
- VARRAS, G. ET AL. Multi-purpose internet-based information system 'urban'. urban tree database and climate impact evaluation. **Journal of environmental protection and ecology**, v.17, n.1, p.380-386, 2016.
- WANG, M.-Z.; MERRICK, J.R. Urban forest corridors in Australia: Policy, management and technology. **Natural Resources Forum**, v.37, p.189-199, 2013.
- YILMAZ, V.; GÜNGÖR, O. Estimating crown diameters in urban forests with Unmanned Aerial System-based photogrammetric point clouds. **International Journal of Remote Sensing**, v.40, n.2, p.468-505, 2019.
- ZAGORANSKI, F. et al. Monitoring the health status of trees in Maksimir Forest Park using remote sensing methods. **South-east European forestry: SEEFOR**, v.9, n.1, p.81-87, 2018.
- ZANIN, E.M. et al. Environmental analysis and zoning for an urban park management purpose. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba-PR, v.48, n.4, p.647-655, 2005.