

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS PARA SUSTENTABILIDADE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PLANEJAMENTO E USO DE RECURSOS
RENOVÁVEIS

Maria Inês Corrêa de Paula Santos

**A INTERNET DA NATUREZA NA GESTÃO MUNICIPAL: PANORAMA E
DESENVOLVIMENTO DE UMA APLICAÇÃO.**

Sorocaba

2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS PARA SUSTENTABILIDADE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PLANEJAMENTO E USO DE RECURSOS
RENOVÁVEIS

Maria Inês Corrêa de Paula Santos

**A INTERNET DA NATUREZA NA GESTÃO MUNICIPAL: PANORAMA E
DESENVOLVIMENTO DE UMA APLICAÇÃO.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Uso de Recursos Renováveis para obtenção do título de Mestre em Planejamento e Uso de Recursos Renováveis.

Orientação: Prof. Dr. Cláudio Roberto Thiersch

Financiamento: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Sorocaba

2022

Maria Inês Corrêa, Paula Santos

A internet da natureza na gestão municipal: panorama e desenvolvimento de uma aplicação / Paula Santos Maria Inês Corrêa -- 2022.
91f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba
Orientador (a): Claudio Roberto Thiersch
Banca Examinadora: Demostenes Ferreira da Silva Filho,
Monica Fabiana Bento Moreira Thiersch
Bibliografia

1. florestas urbanas. 2. cidades inteligentes. I. Maria Inês Corrêa, Paula Santos. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática
(SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Maria Aparecida de Lourdes Mariano -
CRB/8 6979



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências e Tecnologias Para a Sustentabilidade
Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Uso de Recursos Renováveis

Folha de Aprovação

Defesa de Dissertação de Mestrado da candidata Maria Inês Corrêa de Paula Santos, realizada em 11/03/2022.

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Claudio Roberto Thiersch (UFSCar)

Prof. Dr. Demostenes Ferreira da Silva Filho (ESALQ/USP)

Profa. Dra. Monica Fabiana Bento Moreira Thiersch (UFSCar)

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Uso de Recursos Renováveis.

A Jandira, um dos pilares da minha formação como ser humano.

AGRADECIMENTO

Há dois anos estava no mesmo impasse: como agradecer com todo louvor que merecem as pessoas que me ajudaram nessa jornada?

Demorei para encontrar essa resposta, mas como em toda essa pesquisa, desistir não fazia parte, então não podendo ser infelizmente com abraços, esse agradecimento será com palavras.

Com o início do mestrado veio uma pandemia, mas isso não me impediu de ter contato com pessoas incríveis, mesmo que nunca tenhamos conversado pessoalmente, e laços que já eram fortes ficaram mais fortes ainda.

Primeiramente gostaria de agradecer as quatro pessoas mais importantes da minha vida: meu pai, Fabio, e as três mães com que fui presenteada: minha mãe Vanete, minha tia Arlete e minha avó Jandira. Sem eles, e todo o apoio 24 horas por dia, não teria chegado até aqui, não teria nem tido a coragem de voltar para Sorocaba e correr atrás do que eu queria. Agradeço também a minha prima Marcia por mesmo de longe me apoiar em todos os passos desde sempre.

Após a família outro suporte fundamental foram os amigos, sejam os de longa data ou os de aulas online (tendo alguns casos de amizades que parecem de séculos).

Gostaria de agradecer aos meus colegas do PPGPUR e da ESALQ/USP, que mesmo nunca tendo uma única aula juntos presencialmente foram essenciais, seja com o apoio nas matérias ou com as conversas descontraídas nos cafés via *Meet*.

Já os amigos de longa data mereciam um lugar à parte, pois me apoiaram quase que todo o tempo: Carla, Juliana, Paulo, Nathalia, Lausane, Gabriel (que além de amigo tirou a ideia do papel comigo), Matheus e Suellen e Maria que, mesmo sendo uma amizade que surgiu no PPGPUR, parece ser de infância.

Por fim gostaria de agradecer a Luciana, secretária do PPGPUR, por me auxiliar em todo o mestrado, a todas as mentoras que auxiliaram esse projeto a tomar forma, a banca por ter aceitado o convite prontamente e principalmente ao Prof. Dr. Cláudio Thiersch e a Prof.^a Dr^a Mônica Thiersch por terem sido essenciais não apenas dando apoio acadêmico, mas em toda a trajetória de crescimento do SIAV.

Há pouco na arquitetura de uma cidade que é mais bonita do que uma árvore.

Jaime Lerner

RESUMO

PAULA-SANTOS, Maria Inês Corrêa de. A internet da natureza na gestão municipal: panorama e desenvolvimento de uma aplicação.2022. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Uso de Recursos Renováveis) – Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2022.

Desde o início da construção das cidades, passando pelos seus processos de crescimento e desenvolvimento, levados a servir os interesses humanos, a arquitetura urbana sempre se concentrou na valorização dos espaços construídos, deixando de lado a vegetação natural. Seguindo o caminho ao contrário das árvores urbanas, a tecnologia cresceu e cresce cada vez mais com o desenvolvimento das cidades, por esse motivo o objetivo dessa dissertação foi desenvolver um estudo sobre o uso e desenvolvimento de tecnologias nas florestas urbanas no estado de São Paulo, um dos polos tecnológicos brasileiros. Iniciando-se com uma revisão sistemática sobre as tecnologias em florestas urbanas no mundo, passando por formulários eletrônicos para avaliar a utilização dessas tecnologias nos municípios paulistas e finalizando com uma demonstração de uma tecnologia atual e muito utilizada no mundo todo, mas não na questão ambiental: o uso de sensores, neste caso o *Near Field Communication (NFC)*, como um aliado na gestão e planejamento dessas áreas, tendo assim cidades verdes inteligentes. Em relação a revisão sistemática 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. Já por meio dos formulários eletrônicos enviados aos municípios paulistas participantes do programa Município VerdeAzul (PMVA) e para especialistas em florestas urbanas, observou-se que as equipes responsáveis pelas florestas urbanas são de até três pessoas (72%), que 81% não utilizam nenhum software de gestão por conta do alto custo (43%) e falta de treinamentos (19%). Em relação às tecnologias mais utilizadas temos o sensoriamento remoto por imagem de satélite seguido do uso de drones, o que também se repetiu na pesquisa com os especialistas. Referente a utilização do NFC, foram instalados dois modelos: etiqueta instalada no interior do tronco (NFC-E) e sensor encapsulado no interior de um prego plástico (NFC-P), observando-se a maior eficiência do NFC-P, em relação ao NFC-E, por conta de menor dano a árvore na instalação e durabilidade. Por fim o desenvolvimento de um protótipo funcional para gestão que possui ligação com a tecnologia

NFC. Por meio deste estudo foi possível perceber que a tecnologia mais utilizada em florestas urbanas é o sensoriamento remoto clássico, sendo que os sensores (ativos e passivos) e softwares ainda são pouco utilizados, mas podem ser efetivos para auxílio na gestão e planejamento dessas áreas.

Palavras-chave: florestas urbanas, sensores passivos, cidades inteligentes.

ABSTRACT

PAULA-SANTOS, Maria Inês Corrêa de. The internet of nature in municipal management: overview and development of an application. 2022. Dissertation (master's in planning and Use of Renewable Resources) – Federal University of São Carlos, Sorocaba, 2022.

Since the beginning of cities construction, through its growth and development processes, driven to serve human interests, urban architecture has always focused on built spaces enhancement, leaving natural landscapes aside. By following urban forests opposite paths, technologies have risen and grows even more as cities has growth, which is why this dissertation is focused on development and applied technologies at Sao Paulo state urban forests, one of Brazil's tech hubs. We started with a systematic review about world's urban forests technologies, followed through electronic forms, to evaluate these technologies uses in Sao Paulo state cities, that ends with a current technology demonstration, widely applied worldwide, except for environmental purposes: sensors taken; in this case, Near Field Communication (NFC), as an ally in areas management and planning, thus having smart green cities. Regarding to the systematic review, three databases were researched: *SciELO*, *Scopus* and *Web of Science*, as thirty-one articles were found after the entire review process. It was observed that current technologies applied are mostly related to remote sensing, and most authors are Chinese and Brazilian, demonstrating our researcher's importance. Through the electronic forms sent to the municipalities of São Paulo participating in the program Município VerdeAzul (PMVA) and to specialists in urban forests, it was observed that the teams responsible for urban forests are composed of up to three people (72%), that 81% do not use any management software because of the high cost (43%) and lack of training (19%). In relation to the most used technologies, we have the remote sensing by satellite imaging followed using drones, which was also repeated in the survey with the experts. Regarding the use of NFC, two models were installed: tag installed inside the trunk (NFC-E) and sensor encapsulated inside a plastic nail (NFC-P). It was observed that the NFC-P is more efficient than the NFC-E, due to less damage to the tree during installation and durability. Finally, the development of a functional prototype for management that is linked to the NFC technology. Through this study it was possible to notice that the most used technology in urban forests is the classic remote sensing, and the sensors (active and passive) and software are still little used but can be effective to help in the management and planning of these areas.

Keywords: urban forests, passive sensors, smart cities

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema do processo de revisão sistemática realizado.	6
Figura 2 - Fluxograma da seleção dos trabalhos revisados.	8
Figura 3 - Gráfico da quantidade de publicações sobre tecnologia nas florestas urbanas pelo tempo.....	15
Figura 4 - Quantidades de autores por localidade.	16
Figura 5 - Estruturas responsáveis pela gestão das florestas urbanas em porcentagem.	28
Figura 6 - Quantidade de pessoas nas equipes responsáveis pelas florestas urbanas nos municípios entrevistados, em porcentagem.....	29
Figura 7 - Porcentagem de realização de diagnósticos arbóreos nos municípios entrevistados.	30
Figura 8 - Porcentagem da frequência realização de diagnósticos arbóreos nos municípios entrevistados.....	30
Figura 9 - Porcentagem dos métodos de diagnósticos arbóreos nos municípios entrevistados.	31
Figura 10 - Porcentagem de utilização de software nos municípios entrevistados.....	32
Figura 11 - Porcentagem da frequência de uso de software nos municípios entrevistados. ...	32
Figura 12 - Nuvem de palavras sobre problemas relatados pelos municípios entrevistados ao utilizar alguma tecnologia em florestas urbanas.	33
Figura 13 - Porcentagem dos meios de comunicação com os munícipes relatados pelos municípios entrevistados.....	34
Figura 14 - Sensores NFC utilizados, sendo a: NFC-E e b: NFC-P.	43
Figura 15 - Área de localização os indivíduos onde foram instalados os sensores.	44

Figura 16 - Sensores instalados sendo a – abertura com a broca serra copo e b – abertura tipo janela.....	45
Figura 17 - Aparelho para auxílio da abertura das janelas para a inserção dos sensores no tronco das árvores.	46
Figura 18 - Etiquetas NFC inutilizadas sendo a – sensor com resina; b e c sensor quebrado.	48
Figura 19 - Sensor inativado no espécime de pau-viola.	50
Figura 20 - Cicatrização das instalações ainda em funcionamento, sendo a- Eucalipto 2; b - Eucalipto 6; c - Algodoeiro1.	51
Figura 21 - Resina de <i>Heliocarpus popayanensis</i> L.....	52
Figura 22 - Sensor NFC-P instalado em um espécime de <i>Pera glabrata</i> (Schott) Poepp. ex Baill.....	53
Figura 23 - Esquema do funcionamento do SIAV.	60
Figura 24 - Etapas de desenvolvimento do protótipo funcional.	60
Figura 25 - Visão geral do protótipo funcional.	62
Figura 26. Tela de identificação do espécime.	63
Figura 27 - Tela de cadastramento 1.	63
Figura 28 - Tela de cadastramento 2.	64
Figura 29 - Tela de cadastramento 3.	64
Figura 30 - Tela de cadastramento 4.	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados do número de publicações encontradas nas três fases da pesquisa.	8
Tabela 2 - Artigos encontrados utilizando tecnologias tradicionais de SIG (Sistema de Informação Geográfica) em florestas urbanas.	11
Tabela 3 - Artigos encontrados utilizando novas tecnologias de SIG (Sistema de Informação Geográfica) em florestas urbanas.	12
Tabela 4 - Artigos encontrados utilizando LiDAR (<i>Light Detection And Ranging</i>) em florestas urbanas.	13
Tabela 5 - Artigos encontrados utilizando IoT (<i>Internet of Things</i>) e outras tecnologias em florestas urbanas.	14
Tabela 6 - Nível de Importância das tecnologias apresentadas	35
Tabela 7 - Indivíduos em que os NFC-E foram instalados.	45
Tabela 8 - Espécies em que os sensores NFC-P foram instalados.	47
Tabela 9 - Efetividade do sinal dos NFC-E.	49
Tabela 10 - Efetividade do sinal dos NFC-P.	54
Tabela 11 - Comparação entre NFC, RFID e <i>QR-code</i>	55
Tabela 12 - Campos utilizados no protótipo funcional.	62

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 1: TECNOLOGIAS UTILIZADAS NO ESTUDO DA INFLUÊNCIA DAS FLORESTAS URBANAS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA.	3
1.1. INTRODUÇÃO.....	4
1.2. METODOLOGIA.....	5
1.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	7
1.4. CONCLUSÃO.....	17
1.5. REFERÊNCIAS	18
CAPÍTULO 2: TECNOLOGIA NA GESTÃO E PLANEJAMENTO DA COBERTURA ARBÓREA URBANA PAULISTA.....	23
2.1. INTRODUÇÃO.....	24
2.2. METODOLOGIA.....	25
2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
2.3.1. Entrevista semiestruturada	27
2.3.2. Formulário “Arborização Urbana nos municípios”.....	27
2.3.3. Formulário “Importância do uso de tecnologias para arborização urbana”	
34	
2.4. CONCLUSÃO.....	35
2.5. REFERÊNCIAS	36
CAPÍTULO 3: UTILIZAÇÃO DE NFC (NEAR FIELD COMMUNICATION) EM ESPÉCIES ARBÓREAS.....	40
3.1. INTRODUÇÃO.....	41
3.2. METODOLOGIA.....	42
3.2.1. Localização da área de estudo	43
3.2.2. Instalação.....	44
3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
3.4. CONCLUSÃO.....	55
3.5. REFERÊNCIAS	56

CAPÍTULO 4: DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA INTEGRADO PARA A GESTÃO DE ÁREAS VERDES URBANAS (SIAV).....	57
4.1. INTRODUÇÃO.....	58
4.2. METODOLOGIA.....	59
4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	61
4.3. CONSIDERAÇÕES FINAIS	66
4.4. REFERÊNCIAS	66
CONCLUSÃO.....	68
REFERÊNCIAS.....	69
ANEXOS.....	70

INTRODUÇÃO

A tecnologia está a cada dia difundindo-se no cenário mundial, fazendo parte do cotidiano das pessoas, e impulsionando há muito um “precisar” dessas ferramentas, por meio da globalização crescente (OLIVEIRA et al., 2020).

Estamos na era do “novo urbanismo”, onde o avanço das tecnologias e a interação “homem-máquina” mostram as relações complexas dos aglomerados urbanos, não somente no quesito social, mas também com o meio urbano na totalidade (AMIN e THRIFT, 2008).

Dada a sua sofisticação, as tecnologias ampliaram o reconhecimento de problemas no meio urbano, anteriormente invisíveis, auxiliando e facilitando a tomada de decisão (FARINUIUNK, 2020).

Juntamente com o processo de desenvolvimento de tecnologias urbanas o termo *smart city* (ou cidade inteligente) surgiu, sendo utilizado para definir cidades que utilizam ferramentas digitais para automatizar e otimizar sistemas, serviços e recursos públicos (ALDAIRI e TAWALBEH, 2017; LLACUNA, COLOMER-LLINÀS e MELÉNDEZ-FRIGOLA, 2015; SALGADO, 2016).

Podemos inserir nesse conceito a definição dada por Abella et al. (2015), cujo foco dessa automatização seria em sustentabilidade, sensoriamento e colaboração, trazendo as florestas urbanas como parte das cidades inteligentes.

O Brasil é um dos países que mais possui pesquisas relacionadas a florestas urbanas na América Latina, porém, a maioria desses estudos está relacionada a levantamentos ecológicos e diversidade da vegetação. Além disso, grande parte dessas pesquisas, não pondera questões relacionadas à sociedade e à gestão dessas áreas, quesitos primordiais quando se considera o ambiente cidade em ritmo acelerado e avançado de urbanização (BARONA et al., 2020).

Essa falta de pesquisas fora do âmbito ecológico e de diversidade evidencia-se quando falamos sobre o uso de tecnologias voltadas especificamente para áreas verdes e urbanizadas sendo predominante estudos com foco apenas no uso de sensoriamento remoto clássico e LiDAR (*Light Detection And Ranging*), tecnologia considerada nova e, muitas vezes, pouco acessível financeiramente.

Podemos designar essa deficiência de estudos no planejamento das áreas verdes urbanas ao fato de que a cobertura vegetal é um dos primeiros recursos naturais que sofrem com a construção da cidade, sendo gradativamente mais escassa e deixada em segundo plano na gestão pública (LIMA, 2007; BRITO, 2006; NESPOLO, 2020).

Também, é importante lembrar que a acelerada urbanização do território brasileiro não se deve apenas às questões demográficas, mas sim, fruto da transformação da sociedade, onde as acentuadas migrações internas foram responsáveis por esse processo, sendo então responsabilidade do setor público incorporar ao seu planejamento ações que unam a sociedade e o meio físico (LIMA, 2007; BRITO, 2006; NESPOLO, 2020).

Pensando no desenvolvimento de cidades inteligentes e em processos que auxiliem na gestão e planejamento das florestas urbanas, o objetivo geral deste estudo, foi desenvolver um estudo sobre o uso e desenvolvimento de tecnologias nas florestas urbanas no estado de São Paulo, sendo objetivos específicos:

- Obter uma visão mundial do uso de tecnologias em florestas urbanas, por meio de uma revisão sistemática, para assim compreender quais tecnologias poderiam estar sendo utilizadas no Brasil e consequentemente no estado de São Paulo;
- Obter Um panorama da utilização tecnológica no estado de São Paulo, focando nos municípios participantes do programa Município VerdeAzul;
- Desenvolvimento de um sistema que utiliza IoT (*Internet of Things* ou Internet das Coisas) para auxiliar na gestão e planejamento das florestas urbanas.

CAPÍTULO 1: TECNOLOGIAS UTILIZADAS NO ESTUDO DA INFLUÊNCIA DAS FLORESTAS URBANAS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA.

Artigo Aceito em 12/08/2021 – Revista da Sociedade Brasileira de Arborização urbana (REVSBAU) v.16, n.2, p. 38-53

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 deste capítulo 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, having both aesthetic and biological functions. However, the way they will be integrated into the new style of cities, increasingly technological, is not yet fully known, so the purpose of this chapter was to conduct a systematic literature review to visualize which technologies are already used in the study of trees in cities, as well as to observe Brazil's role in the issue of smart cities. To this end, three databases were used: SciELO, Scopus, and Web of Science. It was observed that the current technologies used are mostly related to remote sensing and that most of the authors are Chinese and Brazilian, showing the importance of our researchers.

Keywords: urban trees; GIS; smart cities.

1.1. 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 e 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 e 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, nos conduzindo a maior compreensão sobre os objetos e auxiliando em um melhor manejo dessas áreas (JUNIOR, 2015).

Tal redução da complexidade pode ser realizada por meio 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 (ZIKOPOULOS, EATON e DEROOS, 2012).

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 e TAWALBEH, 2017; LLACUNA, COLOMER-LLINÀS e MELÉNDEZ-FRIGOLA, 2015; SALGADO, 2016).

Por esse motivo, o objetivo deste capítulo 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.

1.2. METODOLOGIA

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 e 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.

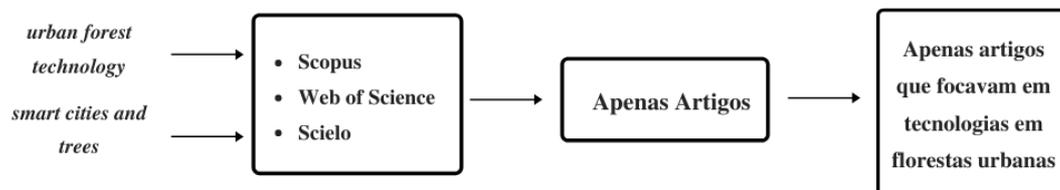
Na busca foram empregados intencionalmente termos mais amplos para se identificar o maior número de produções, evitando assim que algum estudo importante fosse excluído do levantamento. Como o foco foram os projetos de tecnologias aplicadas nas florestas urbanas,

foram eliminados aqueles referentes a IoT (*Internet of Things* - Internet das Coisas) para mobilidade, e tecnologias tanto de cidades inteligentes 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).

Figura 1 - Esquema do processo de revisão sistemática realizado.



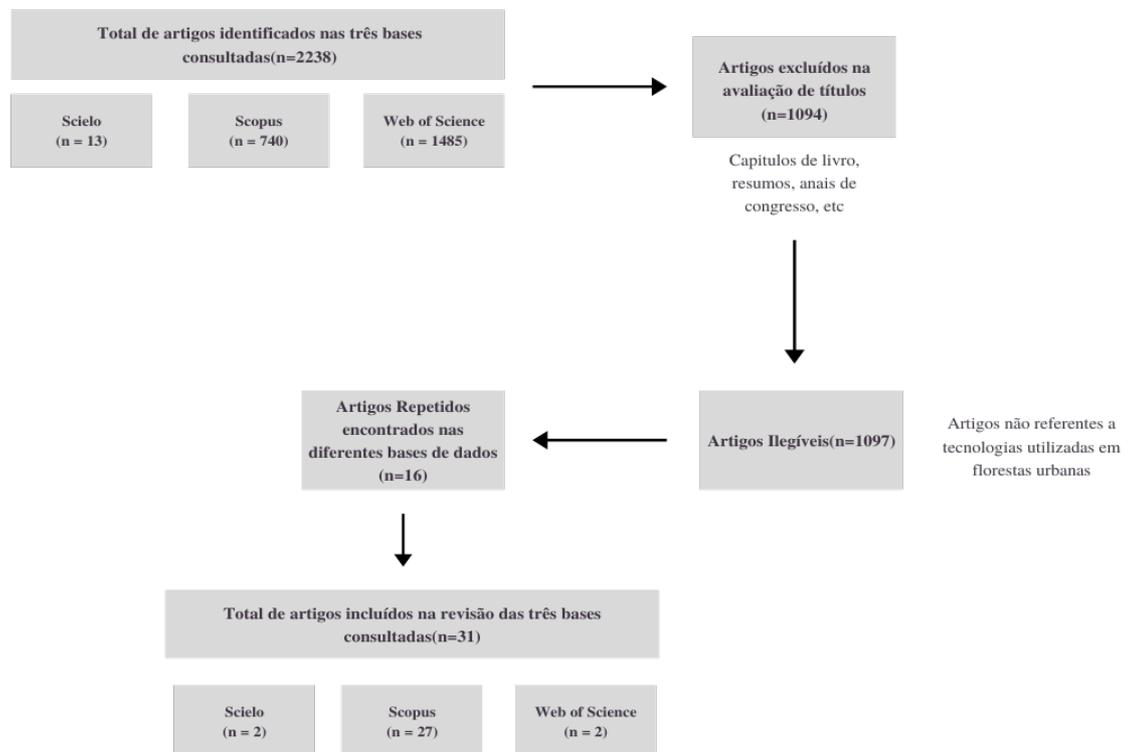
Fonte: Autoria Própria.

1.3. 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 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).

Figura 2 - Fluxograma da seleção dos trabalhos revisados.



Fonte: Autoria Própria.

Tabela 1 - Resultados do número de publicações encontradas nas três fases da pesquisa.

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 (*Airborne Laser Scanning* – Varredura a Laser por Aerotransporte) 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 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.

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

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
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
Urban green space classification and water consumption analysis with remote-sensing technology: a case study in Beijing, China	SUCHUANG, D. et al.	2018	China	Uso de dados de SIG avaliar o consumo de água das florestas urbanas	SIG
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
Monitoring the health status of trees in Maksimir Forest Park using remote sensing methods	ZAGORANSKI, F. et al.	2018	Croácia	Monitoramento de saúde das árvores por SIG	SIG
Mapping urban tree species using integrated airborne hyper spectral and LiDAR remote sensing data	LIU, L. et al.	2017	China/Canadá	Mapeamento por SIG	SIG
Geospatial technology in urban forest suitability: Analysis for Ranchi, Jharkhand, India	AHMAD, F.; GOPARAJU, L.	2016	Índia	Mapeamento por SIG	SIG
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
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
An electronic tree inventory for arboriculture management	TAIT, R.J. et al.	2009	Reino Unido	Inventário	SIG

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

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 través 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	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.

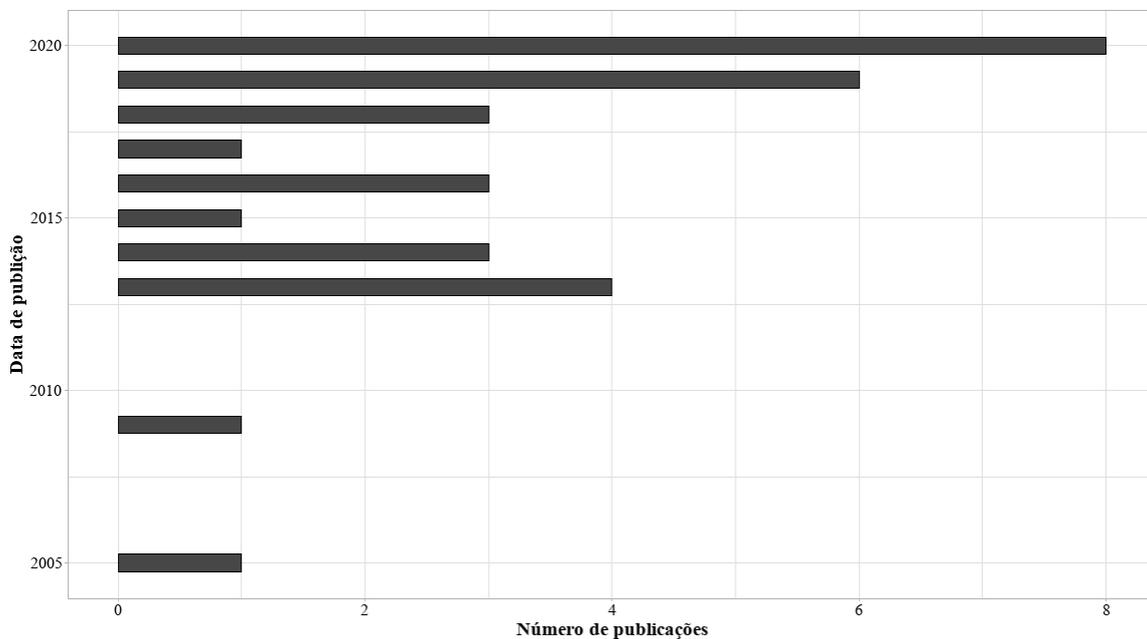
Artigo	Autores	Data	Local dos autores	Objetivo	Tecnologia
Estimating Above-Ground Biomass of <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze Using LiDAR Data	REX, F.E. et al.	2019	Brasil/EUA	O desempenho de dados de dossel obtidos do Airborne Laser Scanner (ALS) na geração de estimativas de biomassa acima do solo (AGB) de indivíduos de <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze.	LiDAR
Mapping functional urban green types using high resolution remote sensing data	DEGERICKX, 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 hyper spectral 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

Tabela 5 - Artigos encontrados utilizando IoT (*Internet of Things*) e outras tecnologias em florestas urbanas.

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

Analisando 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 por meio do sensoriamento remoto.

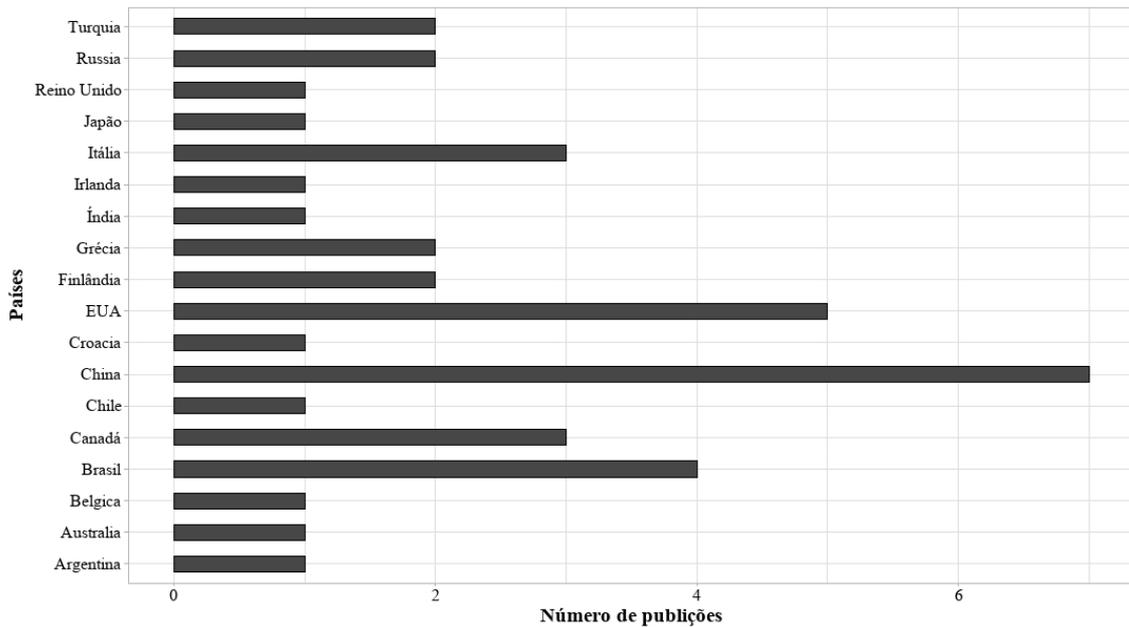
Figura 3 - Gráfico da quantidade de publicações sobre tecnologia nas florestas urbanas pelo tempo.



Fonte: Autoria Própria.

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.

Figura 4 - Quantidades de autores por localidade.



Fonte: Autoria Própria.

Nota: Cada artigo pode conter mais de um autor de nacionalidades distintas.

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 Bargos 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 e 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.

1.4. CONCLUSÃO

Por meio 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.

1.5. 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.
- AHMAD, F.; GOPARAJU, L. Geospatial technology in urban forest suitability: Analysis for Ranchi, Jharkhand, India. **Ecological Questions**, v. 24, p. 45-57, 2017.
- 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.
- 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.
- 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 e 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.
- 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.; NITOSLAWSKI, S. A. PILLA, F. The Internet of Nature: How taking nature online can shape urban ecosystems. **The Anthropocene Review**, EUA, 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.
- 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.
- 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.
- LLACUNA, M. M., COLOMER-LLINÀS, J., e 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.

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

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

CAPÍTULO 2: TECNOLOGIA NA GESTÃO E PLANEJAMENTO DA COBERTURA ARBÓREA URBANA PAULISTA.

RESUMO

A urbanização das cidades brasileiras foi organizada e gerida em classes sociais, de acordo com objetivos determinados por quem está no poder, isto levou a inúmeros impactos socioambientais, como por exemplo, na gestão das florestas urbanas. O objetivo deste capítulo foi obter um panorama geral do uso de tecnologias na gestão das florestas urbanas nos municípios do estado de São Paulo, por ser um grande polo tecnológico. Esta pesquisa foi realizada por meio de dois formulários eletrônicos, sendo um para os municípios paulistas participantes do programa Município VerdeAzul (PMVA) e outro para especialistas em florestas urbanas. Os resultados da pesquisa com os municípios, apontam que as equipes responsáveis pelas florestas urbanas são de até três pessoas (72%), que 81% não utilizam nenhum software de gestão por conta do alto custo (43%) e 19% apontam para falta de treinamentos. Em relação às tecnologias mais utilizadas estão o sensoriamento remoto por imagem de satélite seguido do uso de drones, o que também se repetiu na pesquisa com os especialistas. Com esse trabalho percebeu-se o uso incipiente das tecnologias nas florestas urbanas.

Palavras-chave: gestão pública, florestas urbanas, programa município VerdeAzul.

ABSTRACT

Brazilian cities urbanization was organized and managed in social classes, according to goals determined by politicians, which has led to numerous socio-environmental impacts, such as in urban forest management. This chapter aimed to obtain an overview concerning technologies applied in urban forest management in São Paulo state cities, since it is a great tech hub. This survey was carried out through two electronic forms, one to São Paulo cities included in Município Verde-Azul program (PVMA) and another to urban forests specialists. The cities research results showed that urban forests responsible teams are composed for up to three people (72%), 81% do not apply any management software due to high costs (43%), and 19% exhibited lack of training. Related to most technologies applied are remote sensing, drone usage, which was also repeated in specialists survey. With this research it was possible to view a subtle growth of urban forests technologies application.

Keywords: public management, urban forests, Município VerdeAzul program.

2.1. INTRODUÇÃO

As cidades, consideradas uma das conquistas do homem moderno, são responsáveis pela gestão e organização do mundo, pois concentram os grandes centros de decisões políticas, econômicas, científicas e tecnológicas (VIEIRA et al, 2015). Surgindo no final da pré-história com a sedentarização do homem, os centros de troca se transformaram nos locais que se tem hoje, principalmente por conta da revolução industrial, o processo de urbanização e o planejamento urbano.

Temos como urbanização um processo caracterizado pelo aumento da população urbana por conta da migração de pessoas que saem do campo em direção a cidade (LUCCI et al, 2005), porém mesmo que o aumento populacional seja importante vale ressaltar que a urbanização decorre de mudanças econômicas, que são impulsionadas por avanços tecnológicos, científicos, administrativos e sociais (LUCCI et al., 2005).

O processo de urbanização iniciou-se com a revolução industrial, porém foi impulsionado pós segunda guerra mundial, marcando o século XX com o acelerado crescimento das cidades e desenvolvimento das metrópoles modernas (OLIVIA e GIANANTE, 1995)

No Brasil, a urbanização não se deu de forma homogênea, característica de países subdesenvolvidos, pois enquanto uma parte da população se beneficiou das melhores condições urbanas, grande parte dela não possuía condições financeiras para isso e acabou se instalando em lotes irregulares ambientalmente frágeis, gerando assim inúmeros problemas urbanos como a erosão do solo, enchentes, desabamentos, desmatamento e poluição (NESPOLO, 2020; MARTINS, 2011; GROSTEIN, 2001).

Com essa "urbanização de classe", que ocorreu em um ritmo acelerado e sem planejamento, temos as cidades organizadas e geridas segundo os gestos e objetivos determinados por quem está no poder. Isso deixa a gestão urbana e as políticas socioambientais carentes de soluções além de acarretar questões socioespaciais.

Para tentar diminuir os impactos dessa urbanização acelerada se tem o estatuto da cidade (Lei nº. 10.257/2001) que tem como objetivo formular diretrizes gerais de administração do ambiente urbano indo de encontro com artigo 225 da Constituição Federal de 1988:

Art. 225 - Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

Juntamente com o estatuto de cidade outras políticas vêm como auxílio para a gestão do meio ambiente urbano, como a política nacional de arborização urbana (PNAU), protocolada como projeto de lei nº 4309/2021 e o programa Município VerdeAzul (PMVA) do estado de São Paulo.

Sendo as florestas urbanas parte desse ambiente, elas são de responsabilidade de meio público, sendo o seu planejamento de extrema importância escolhendo a árvore certa para o lugar certo com foco nos objetivos planejados e no papel que aquele indivíduo irá desempenhar no meio urbano (TRICHEZ, 2008; PAGLIARI e DORIGON, 2013).

Além do auxílio de aspectos legais, a tecnologia também pode ser uma aliada na gestão e planejamento do espaço urbano, como nas cidades inteligentes, onde a maioria dos problemas relacionados a uma cidade podem ser resolvidos com tecnologia.

Focando nas florestas urbanas, pois a presença de árvores e seu planejamento são primordiais para qualificar o espaço urbano (PATRICIO, 2017), e nas cidades inteligentes, pois a tecnologia auxilia na redução da complexidade da gestão, o objetivo desse capítulo foi obter um panorama geral do uso de tecnologias na gestão das florestas urbanas nos municípios do estado de São Paulo.

2.2. METODOLOGIA

Para essa pesquisa foi definido como caso de estudo principal os municípios do estado de São Paulo, porém obtiveram-se respostas de cidades de outros estados durante período de pré-teste dos formulários, o que contribuiu para melhor entendimento sobre o tema.

Foram levados em consideração nesse estudo os dois atores primordiais quando falamos de florestas urbanas: os gestores públicos e os especialistas da academia, tendo assim a visão tanto técnica quanto acadêmica sobre o assunto.

Esta pesquisa possui caráter exploratório e tem como finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos, ideias e proporcionar uma visão geral sobre um determinado fato, especialmente quando é pouco explorado (GIL, 2008). Iniciou-se por uma pesquisa bibliográfica seguindo de um levantamento de dados por meio de três questionários, uma entrevista semiestruturada e dois formulários eletrônicos.

A entrevista semiestruturada (BARDIN, 2016; BONI e QUARESMA, 2005) foi escolhida para o primeiro contato com o público sendo explorada e analisada por técnicas de análise de conteúdo, onde buscou-se extrair ao máximo as informações para os desenvolvimentos de questões que dessem embasamento para o desenvolvimento dos dois formulários eletrônicos: o voltado para os municípios paulistas e o desenvolvido para os especialistas em florestas urbanas.

As entrevistas semiestruturadas ocorreram em 2020 (Anexo 1) e os municípios escolhidos para esta entrevista foram duas cidades do interior do estado de São Paulo, pela proximidade e facilidade de contato.

O formulário eletrônico denominado “Arborização Urbana nos municípios” (Anexo 2) foi realizado por meio de pesquisa do tipo *survey* (MINEIRO, 2020; LAKATOS e MARCONI, 2003), sendo habilitado em maio de 2021 e direcionados para os interlocutores dos municípios participantes do programa Município VerdeAzul.

Os interlocutores são funcionários públicos que respondem pelo município nas capacitações e eventos oferecidos pelo PMVA e são responsáveis pela implantação e desenvolvimento dos planos municipais (SIMA, 2018).

Já o segundo questionário com nome de “Importância do uso de tecnologias para arborização urbana” (Anexo 3), foi habilitado em novembro de 2021 e direcionado para especialistas em florestas urbanas, sendo professores, mestre, doutores e estudantes de pós-graduação.

Para questionário voltado para os especialistas foi utilizada a escala *Likert* de cinco pontos para a classificação do grau de importância das tecnologias, sendo 1 igual ao menor grau de importância e 5 o maior. Também havia perguntas abertas não obrigatórias desenvolvidas para um melhor entendimento das notas dadas para cada tecnologia.

Para o questionário “Importância do uso de tecnologias para arborização urbana” foram usadas as definições das tecnologias apresentadas por Zanin et al. (2005); Lu et al. (2019); Suchuang et al. (2018); Degerickx et al. (2020); Blackman e Yuan F. (2020); Ferreira et al. (2020); Matasov et al. (2020); Ullah et al. (2020); Souza (2018); Rezende (2020).

2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram computadas duas entrevistas semiestruturadas, 124 respostas do formulário eletrônico voltado aos municípios e seis respostas do formulário eletrônico voltado aos especialistas em florestas urbanas.

2.3.1. Entrevista semiestruturada

Analisando as entrevistas das cidades foram levantadas as seguintes questões:

- Os municípios paulistas utilizam algum tipo de tecnologia na gestão das áreas verdes urbanas?
- Se utilizam, quais são as tecnologias mais utilizadas?
- Qual o nível de importância de cada tecnologia utilizada atualmente?

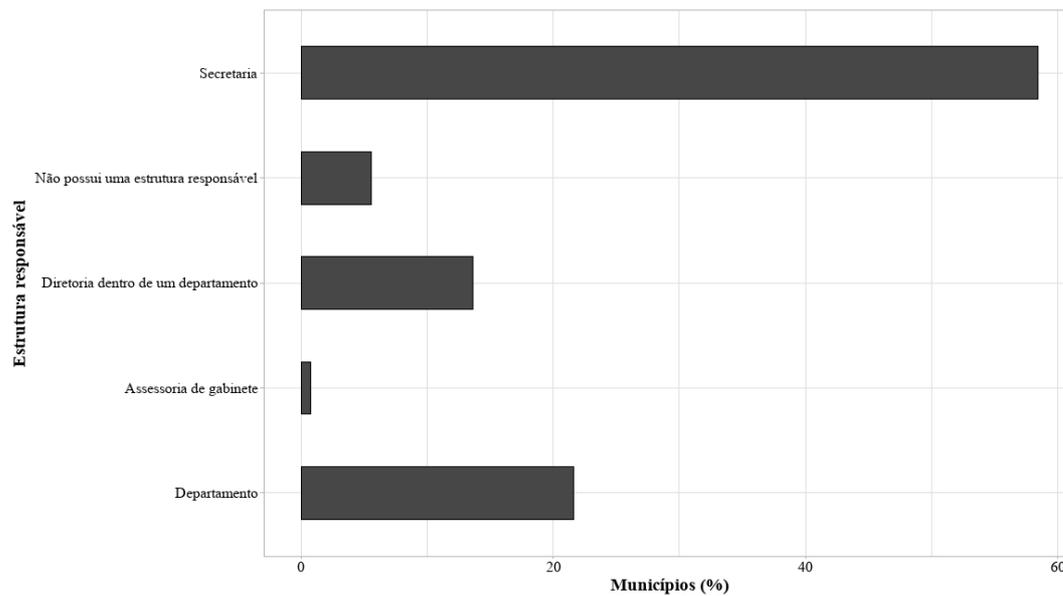
Essas questões serviram de base para o desenvolvimento do formulário eletrônico “Arborização Urbana nos municípios”

Durante as entrevistas observou-se a necessidade de qualificar a importância das tecnologias utilizadas atualmente, o que levou ao desenvolvimento do formulário eletrônico “Importância do uso de tecnologias para arborização urbana”

2.3.2. Formulário “Arborização Urbana nos municípios”.

As 124 respostas correspondem a 19,22% dos municípios participantes do PMVA, sendo que em 58% a estrutura responsável pelas florestas urbanas são secretarias, seguidas de departamentos com 21,6% (Figura 5).

Figura 5 - Estruturas responsáveis pela gestão das florestas urbanas em porcentagem.

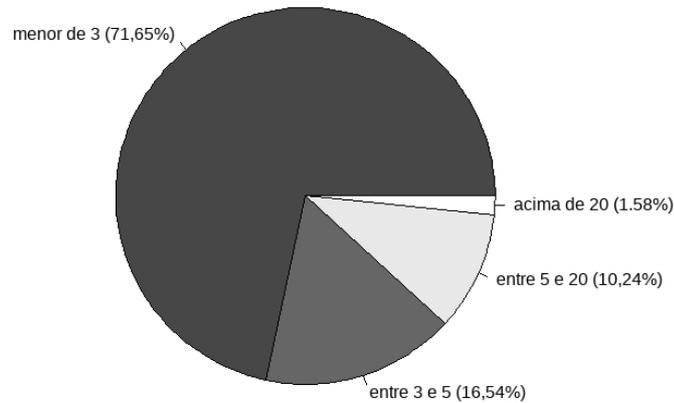


Fonte: Autoria Própria.

O programa município VerdeAzul foi criado em 2007 e é composto por um conjunto de exigências distribuídas por 10 diretivas, entre elas a de arborização urbana, que se cumpridas o município entra no ranking e torna-se apto a obter o selo de município VerdeAzul (PMVA, 2020). A inserção dos municípios no PMVA é um dos motivos dos quais todas as cidades que responderam o formulário possuem uma estrutura responsável pela gestão das florestas urbanas, como observado por Costa em 2015.

Já o tamanho da equipe responsável, em sua maioria (71,65%), foi de menores que três pessoas, seguidas das equipes de três a cinco (16,54%) e cinco a vinte (10,24%). Equipes maiores de 20 pessoas totalizaram menos de 2% (Figura 6).

Figura 6 - Quantidade de pessoas nas equipes responsáveis pelas florestas urbanas nos municípios entrevistados, em porcentagem.



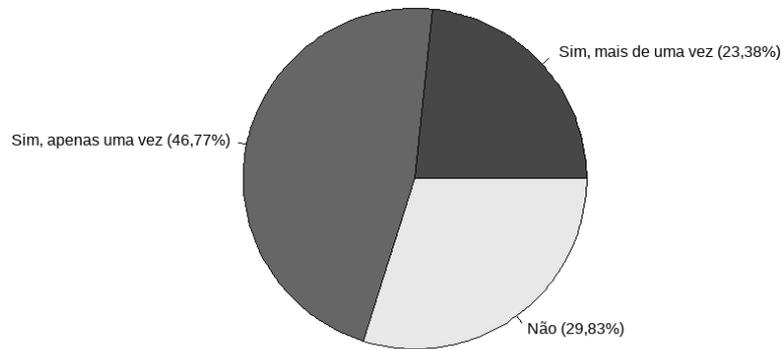
Fonte: Autoria Própria.

Foi observado que dentro dessa maioria muitas vezes a equipe era composta por apenas uma pessoa ou não havia responsáveis apenas para florestas urbanas, o que pode trazer a possibilidade de que as análises podem ficar comprometidas por conta da falta de uma equipe especializada e focada nas florestas urbanas.

Os tamanhos de equipe não refletem a posição do município no PMVA, pois as melhores colocadas possuem equipes de três a vinte pessoas. As cidades que possuem equipes maiores de 20 pessoas são umas das maiores em extensão do estado.

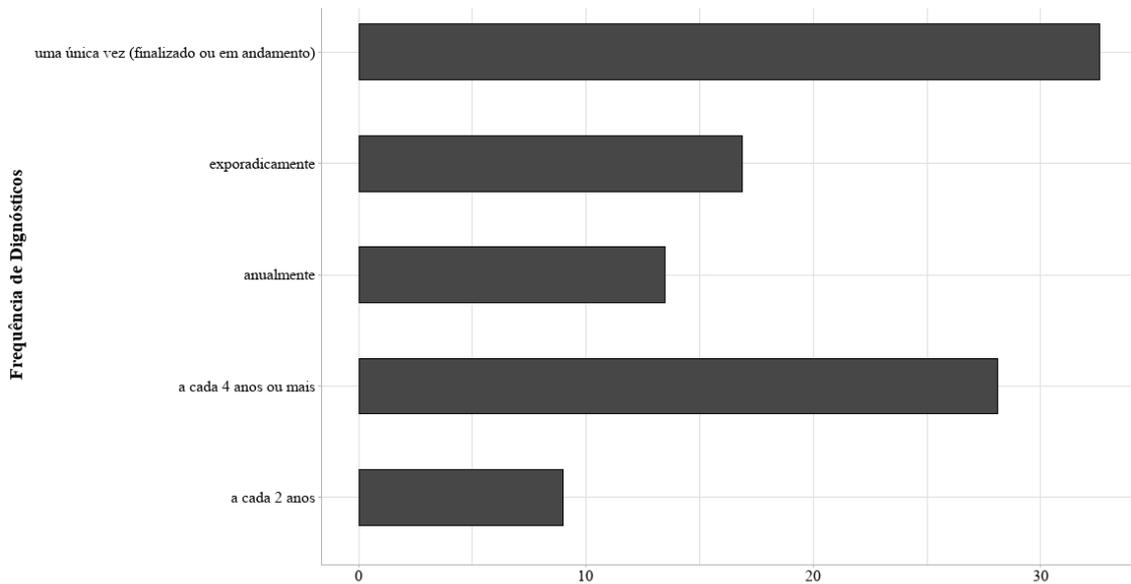
Como pode ser observado nas figuras 7 e 8 a maioria dos municípios entrevistados está realizando ou já realizou um diagnóstico arbóreo apenas uma vez, sendo censo o método mais utilizado com 40,54%, seguido da amostragem com 33% (Figura 9).

Figura 7 - Porcentagem de realização de diagnósticos arbóreos nos municípios entrevistados.



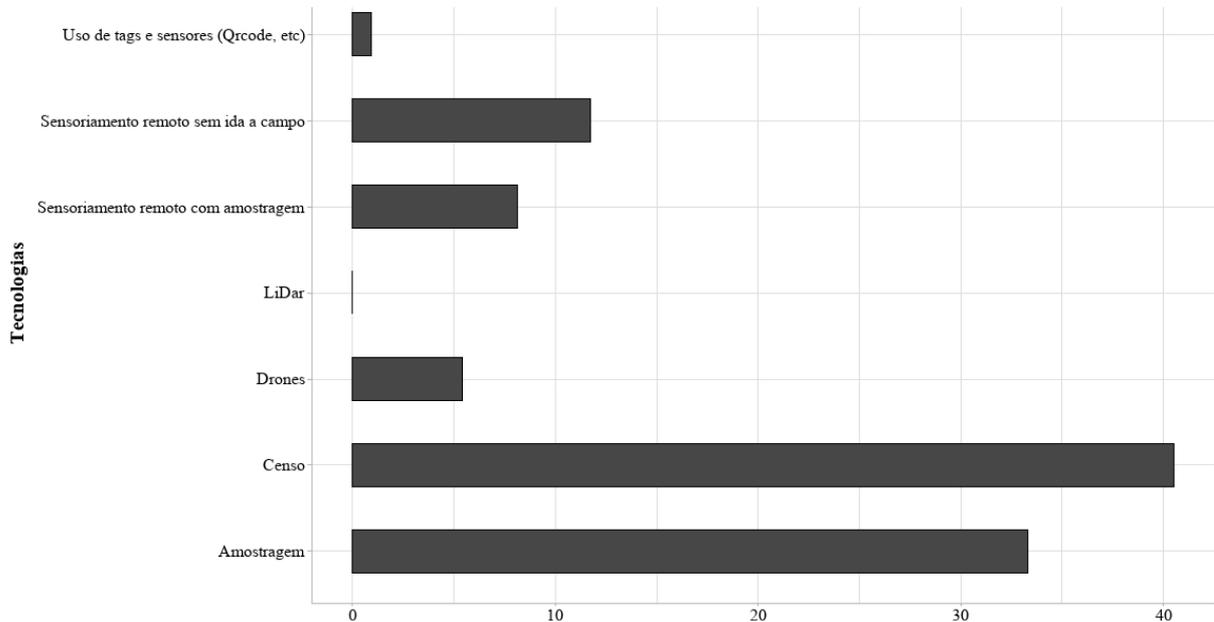
Fonte: Autoria Própria.

Figura 8 - Porcentagem da frequência realização de diagnósticos arbóreos nos municípios entrevistados.



Fonte: Autoria Própria.

Figura 9 - Porcentagem dos métodos de diagnósticos arbóreos nos municípios entrevistados.

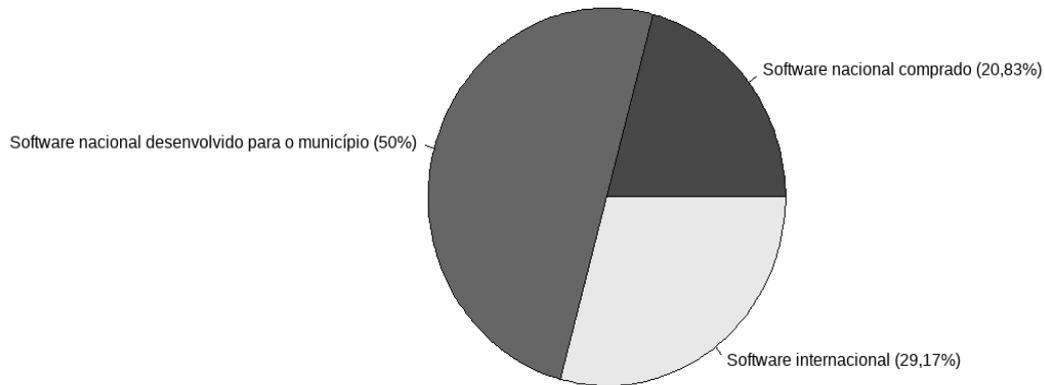


Fonte: Autoria Própria.

O uso de sensores (passivos ou ativos) e drones contribuíram minoritariamente com 7% sendo o LiDAR não foi citado como tecnologia auxiliadora (Figura 9), mostrando que o avanço da tecnologia está acontecendo também nas florestas urbanas, mas em um ritmo mais lento.

Focando apenas na utilização de softwares para gestão e planejamento de florestas urbanas foi observado que 19% dos municípios entrevistados possuem um software que, em sua maioria (50%), foram desenvolvidos exclusivamente para o município, enquanto 29% utilizam softwares internacionais. Apenas 21% utilizam softwares nacionais que não foram desenvolvidos apenas para eles (Figura 10).

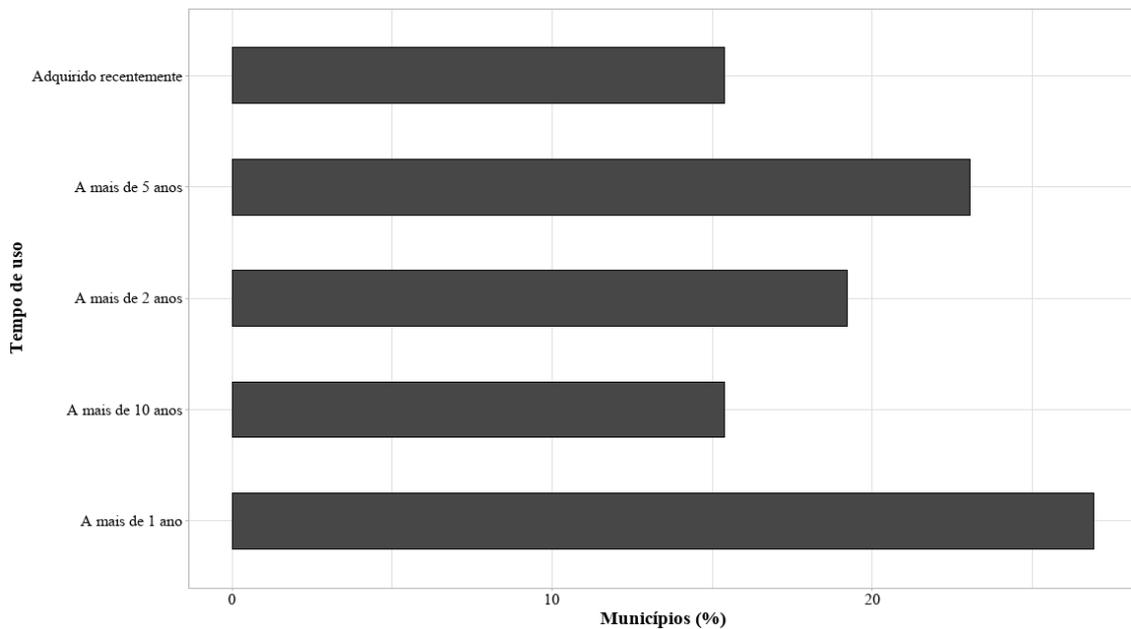
Figura 10 - Porcentagem de utilização de software nos municípios entrevistados.



Fonte: Autoria Própria.

Desses a maioria utiliza a mais de 1 ano (27%) e 15% adquiriram recentemente (Figura 11).

Figura 11 - Porcentagem da frequência de uso de software nos municípios entrevistados.



Fonte: Autoria Própria.

O alto custo (43%) e a falta de treinamentos (19%) junto com a complexidade do sistema (15%) foram os problemas mais pontuados pelos municípios entrevistados (Figura 12). Esses problemas acabam sendo impedidores para a utilização de tecnologias em florestas urbanas, tanto que 55% dos que não utilizam nenhum software pararam por conta de um ou vários desses motivos.

Figura 12 - Nuvem de palavras sobre problemas relatados pelos municípios entrevistados ao utilizar alguma tecnologia em florestas urbanas.

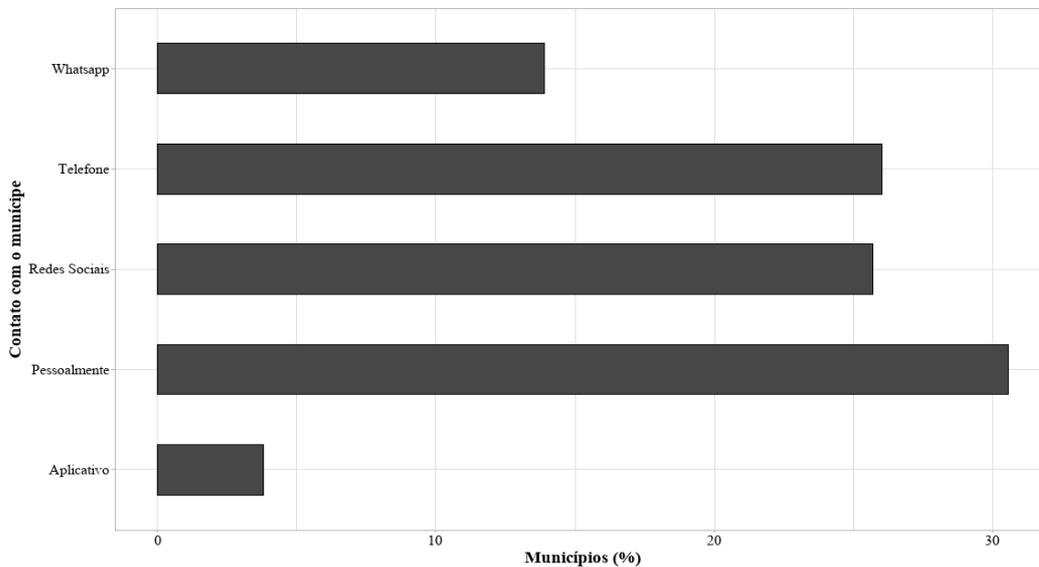


Fonte: Autoria Própria.

Nota: cada município pode ter indicado mais de um problema.

Seguindo ainda na tecnologia, a interação com os munícipes (Figura 13) continua sendo em sua maioria de forma não tecnológica, pessoalmente (31%) ou por telefone (14%).

Figura 13 - Porcentagem dos meios de comunicação com os munícipes relatados pelos municípios entrevistados.



Fonte: Autoria Própria.

Nota: cada município pode ter indicado mais de uma forma de contato com o público.

2.3.3. Formulário “Importância do uso de tecnologias para arborização urbana”

Das 6 respostas obtidas às tecnologias indicadas (Tabela 6), as de maior média de nível de importância e menor desvio padrão foram o Sensoriamento remoto com uso de imagem de satélite (média de nível de importância de 4,8 e desvio de 0,40825) e os VANTs (média de nível de importância de 4,7 e desvio de 0,81650), focando principalmente nos drones.

Em relação aos VANTs foi citado principalmente o seu potencial de facilitar o trabalho para pequenas equipes e a facilidade de se obter algum desses equipamentos na atualidade. Já em relação ao sensoriamento remoto por imagem de satélite citou-se a sua importância como base e apoio aos levantamentos em campo, sendo importante para o planejamento de uma amostragem ou censo.

Os sensores passivos foram, das tecnologias apresentadas, a de menor média de nível de importância (3) e maior desvio padrão (1,41421), o que mostra a divergência da importância dessa tecnologia, sendo um dos motivos a durabilidade. Vale destacar que o uso de instalações

em árvores com pregos, mesmo que para uso de planejamento e gestão, é um tópico que gera muitos conflitos entre a sociedade no geral.

LiDAR, Lora e sensores ativos obtiveram quase a mesma média de nível de importância (4 e 3,7 e 3,8 respectivamente), sendo que sobre o LiDAR foi citada a importância da nuvem de pontos para a coleta de informações, mas seu alto custo e complexidade foram pontos negativos trazidos pelos entrevistados.

Já o Lora foi pontuado como uma tecnologia recente, por isso desconhecida por alguns entrevistados, mas com facilidade de manuseio. Os sensores ativos foram citados como promissores e em crescente evolução.

Tabela 6 - Nível de Importância das tecnologias apresentadas

Tecnologia	Média do nível de importância	Desvio padrão
Sensoriamento Remoto	4,8	0,40825
LiDAR	4	0,89443
Lora	3,7	1,21106
Sensores ativos	3,8	1,32916
Sensores passivos	3	1,41421
VANTs (Drones)	4,7	0,81650

2.4.CONCLUSÃO

Por meio deste estudo foi possível observar que a visão da academia é muito parecida com a dos gestores do estado de São Paulo, sendo o sensoriamento remoto por imagem de satélite a tecnologia mais utilizada pelos municípios e a com maior nível de importância dada pelos especialistas, seguido pelo uso de drones.

2.5.REFERÊNCIAS

- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. 3a reimpressão da 1. ed. São Paulo: Edições, v. 70, 2016.
- 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.
- BONI, V.; QUARESMA, S. J. Aprendendo a entrevistar: como fazer entrevistas em ciências sociais. **Revista Eletrônica dos Pós-graduandos em Sociologia Política da UFSC**, v. 2, n. 1, p. 68-80, 2005.
- BRASIL. **Constituição (1988)**. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.
- BRASIL. **Lei 5788/90. Estatuto da Cidade**. Presidente da República em 10 de julho de 2001.
- CARLOS, A. F. A. **A cidade**. 8. ed. São Paulo: Contexto, 2007.
- COSTA, C. M. N. **Gestão da arborização urbana no Estado de São Paulo**. 2015. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.
- 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.
- FRANCO, M. L. P. B. Representações sociais, ideologia e desenvolvimento da consciência. **Cadernos de pesquisa**, v. 34, n. 121, p. 169-186, 2004.
- GIL, A.C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- GROSTEIN, M. D. MetrÓpole e expansão urbana: a persistência de processos "insustentáveis". **São Paulo em perspectiva**, v. 15, n. 1, p. 13-19, 2001.
- HOPWOOD, B.; MELLOR, M.; O'BRIEN, G. Sustainable development: mapping different approaches. **Sustainable Development**, v.13, n.1, p.38-52, 2005.

- JULIÃO, D. Gestão participativa da arborização urbana de municípios paulistas: implicações, desafios e propostas. **Risco Revista De Pesquisa Em Arquitetura E Urbanismo** (Online), n.18, p.106-118, 2020.
- LAKATOS, E.M.; MARCONI, M.A. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2003.
- LOSS, P.; NEBEL, W.; GOMEZ, J. M.; HASAN, H.; WATSON, R. T.; BROCKE, J. VON; SEIDEL, S.; RECKER, J. Green IT: a matter of business and information systems engineering? **Business & Information systems Engineering**, v.3, n.4, p.245-252, 2011.
- 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.
- LUCCI, E. A. et al. **Território e sociedade: Geografia Geral e do Brasil**. São Paulo: Saraiva, 2005.
- MALHOTRA, A.; MELVILLE, N. P.; WATSON, R. T. Spurring impactful research on information systems for environmental sustainability. **MIS Quarterly**, v.37, n.4, p. 1265-1274, 2013.
- MARTINS, M. L. R. São Paulo, centro e periferia: a retórica ambiental e os limites da política urbana. **Estudos Avançados**, v. 25, n. 71, p. 59-72, 2011.
- MATASOV, V. et al. IoT monitoring of urban tree ecosystem services: Possibilities and challenges. **Forests**, v.11, n.7, 2020.
- MINEIRO, M. Pesquisa de survey e amostragem: aportes teóricos elementares. **Revista de Estudos em Educação e Diversidade**. v. 1, n. 2, p. 284-306, 2020.
- MIRANDA M.J. et al. **A classificação climática de Koeppen para o estado de São Paulo**. Centro de pesquisas meteorológicas e climáticas aplicadas a agricultura- CEPAGRI. Disponível em: <https://www.cpa.unicamp.br/> Acessado em: Janeiro 2022.
- MURUGESAN, S. Making IT green. **IEEE IT Professional**, v.12, n.2, p. 4-5, 2010.

NESPOLO, C. C. C. **Programa município verde azul na gestão da arborização urbana em Araraquara e São Carlos, SP**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal de São Carlos, Curso de Pós-Graduação em Ciências Florestais, São Carlos, 2020.

OLIVA, J.; GIAN SANT, R. **Espaço e modernidade: temas da geografia mundial**. São Paulo: Atual, 1995.

OZTURK, A.; UMIT, K.; MEDENI, I. T.; UCUNCU, B.; CAYLAN, M.; AKBA, F.; MEDENI, T. Green ICT (information and communication technologies): a review of academic and practitioner perspectives. **International Journal of eBusiness and eGovernment Studies**, v.3, n.1, p.1-16, 2011.

PAGLIARI, S.C.; DORIGON, E.B. Arborização urbana: importância das espécies adequadas. **Unoesc & Ciência - ACET**, Joaçaba, v. 4, n. 2, p. 139-148, 2013.

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.

PMVA. **Programa Município VerdeAzul**. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/verdeazuldigital/o-projeto/Acessado> em: julho de 2020.

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 – PR, v.15, n.2, p.75-89, 2020.

SIMA. **Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente**. Resolução Estadual no 33, de 28 de março de 2018. Estabelece procedimentos operacionais e os parâmetros de avaliação da qualificação para a certificação no âmbito do PMVA. São Paulo, SP. 2018. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/legislacao/2018/03/resolucao-sma-33-2018/> Acesso em: janeiro 2022.

SOUZA, L. C. M. **Análise quali-quantitativa das áreas verdes do bairro Vila Santa Cecilia**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda, 2018.

SOUZA, M. L. Algumas notas sobre a importância do espaço para o desenvolvimento social. **Revista Território**, n. 3, p. 13-35, 1997.

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.

TRICHEZ, Fabíola. **Programa de planejamento ambiental para melhoria das áreas verdes públicas e centrais da cidade de Quilombo, SC**. 2008. 68 p. Monografia (Especialização em Arquitetura de Interiores) –Universidade do Oeste de Santa Catarina, Xanxerê, 2008.

ULLAH, F. et al. IoT-based green city architecture using secured and sustainable android services. **Environmental Technology & Innovation**, v.20, 2020.

VIEIRA, J.D. et al. A urbanização no mundo e no Brasil sob um enfoque Geográfico. **Ciências Humanas e Sociais**, Aracaju, v. 3, n.1, p. 95-106, 2015.

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT (WDCED). **Our common future**. London: Oxford University Press, 1987.

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.

CAPÍTULO 3: UTILIZAÇÃO DE NFC (NEAR FIELD COMMUNICATION) EM ESPÉCIES ARBÓREAS.

RESUMO

Com o crescente reconhecimento de que os espaços verdes são representativos nos designs das cidades, a IoN (Internet da Natureza) acaba sendo um caminho para a inserção de novas tecnologias, principalmente IoT (Internet das coisas), no meio urbano. Por esse motivo o objetivo deste capítulo foi avaliar a eficiência de sinal da tecnologia NFC (*Near Field Communication*), quando inserida em indivíduos arbóreos. Para isso, foram instalados na Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, dois sensores NFC, sendo, etiqueta instalada no interior do tronco (NFC-E) e o, sensor encapsulado no interior de um prego plástico (NFC-P). Por meio das análises de eficiência do sinal, observou-se que o NFC-P foi o mais assertivo, tendo melhor cicatrização, facilidade de instalação e discrição, aspectos importantes quando se fala de árvores urbanas.

Palavras-chave: internet das coisas, florestas urbanas, internet da natureza.

ABSTRACT

With the growing recognition that green spaces are representative in the design of cities, IoN (Internet of Nature) has become a way to insert new technologies, especially IoT (Internet of Things), into the urban environment. For this reason, the objective of this chapter was to evaluate the signal efficiency of the NFC (Near Field Communication) technology when inserted in arboreal individuals. For this, two NFC sensors were installed in the Federal University of São Carlos, Sorocaba campus, being the tag installed inside the trunk (NFC-E) and the sensor encapsulated inside a plastic nail (NFC-P). Through signal efficiency analyses, it was observed that the NFC-P was the most assertive: with better healing, ease of installation, and discretion, important aspects when talking about urban trees.

Keywords: internet of things, urban forests, internet of nature.

3.1. INTRODUÇÃO

A tecnologia é um grande aliado nas políticas públicas, principalmente para a tomada de decisão, mas são muito mais que tecnologia da informação (softwares) e sensoriamento remoto clássico, cada vez mais novos hardwares são desenvolvidos e utilizados no mercado como os sensores IoT (Internet das coisas).

Em 1996 surgiu a primeira ideia do que seria o conceito de IoT, por Venkatesh (1996), onde cita a mudança do uso da computação para fins empresariais, para uma computação utilizada em casa, com aplicativos mais amigáveis, que solucionavam questões domésticas, prevendo que existiriam casas que realizariam tarefas automáticas. Porém apenas em 1999 o termo foi apresentado (ASHTON, 2009; GALEGALE, 2016).

O relatório da *International Telecommunication Union* descreve a IoT como dispositivos com sensores, transmissores e receptores, que possibilitam novas formas de comunicação entre pessoas e objetos e entre objetos, em qualquer lugar e tempo (ITU, 2005). Outra definição seria que IoT é a presença propagada de várias coisas ou objetos, com endereços únicos (RFID, sensores, celulares), que podem interagir entre si e cooperar com aqueles próximos para atingir metas ou objetivos (ATZORI, 2010).

Com o reconhecimento cada vez maior da representatividade dos espaços verdes nos designs das cidades e, juntamente com a utilização rápida e generalizada de dados e tecnologias digitais para a tomada de decisões, cada vez mais abordagens inovadoras serão necessárias para valorizar, compreender e gerenciar esses ecossistemas (GALLE, NITOSLAWSKI e PILLA, 2019).

A Internet da Natureza (*Internet of Nature - IoN*), desenvolvida por Galle, Nitoslawski e Pilla (2019), é uma dessas abordagens, onde os ecossistemas urbanos podem ser descritos e representados por meio de tecnologias e aplicativos digitais, com base de infraestrutura principalmente em IoT.

A IoN pode incluir tecnologias de informação e comunicação, sensoriamento remoto, aprendizado de máquina, sensores, comunicações 5G e computação em nuvem, para que os benefícios da natureza urbana sejam potencializados e, assim, alcancem a auto-organização, autorregulação e a automação (GALLE, NITOSLAWSKI e PILLA, 2019).

São várias as tecnologias que podem ser usadas para a detecção em IoT e WSN (*Wireless Sensors Network* ou redes de sensores sem fio), com foco principal no baixo consumo de energia, como a Rede de Área Ampla de Baixa Potência (*Low Power Wide Area Network* ou *LPWAN*), Rede de Área Local Sem Fio (*Wireless Local Area Network* ou *WLAN*), Rede de Área Pessoal Sem Fio (*Wireless Personal Area Network*, *WPAN*) e Comunicação de Campo Próximo (*Near-Field Communication* ou *NFC*, um *RFID* - sistema ativo de identificação por radiofrequência) (FERREIRA et al. , 2020).

A tecnologia *NFC* (*Near-Field Communication*) se baseia em comunicação RF (rádio frequência) entre dispositivos eletrônicos móveis, voltada para a comunicação sem fio em curtas distâncias (máximo 20 cm). Os padrões do *NFC* são baseados em um espectro inicial de *tags* de alta frequência (13,56 MHz), podendo gerar alternadamente as ondas de rádio com outro dispositivo, atuando assim tanto como uma etiqueta, como um leitor, o que possibilita uma troca verdadeira de informações (CATHERINE, 2001; CURRAN, MILLAR e MC GARVEY, 2012).

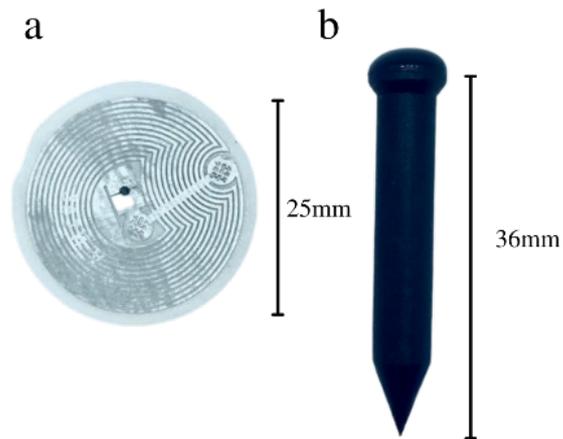
Neste contexto, o objetivo deste capítulo foi avaliar a eficiência de sinal da tecnologia *NFC*, considerando dois modelos de sensores inseridos nos fustes em árvores de diferentes espécies.

3.2. METODOLOGIA

Foram testados dois tipos de sensores *NFC* (Figura 14):

- *NFC-E*: etiqueta com dimensão de 25mm, adesiva, escolhida por ser mais moldável e fina, facilitando assim a instalação na árvore. Este sensor foi envelopado com plástico adesivo transparente do tipo *contact*, para evitar o contato com a água e com isso a interrupção do sinal.
- *NFC-P*: sensor encapsulado no interior de um prego plástico, com dimensões 36 x 8 mm.

Figura 14 - Sensores NFC utilizados, sendo a: NFC-E e b: NFC-P.



Fonte: Autoria própria.

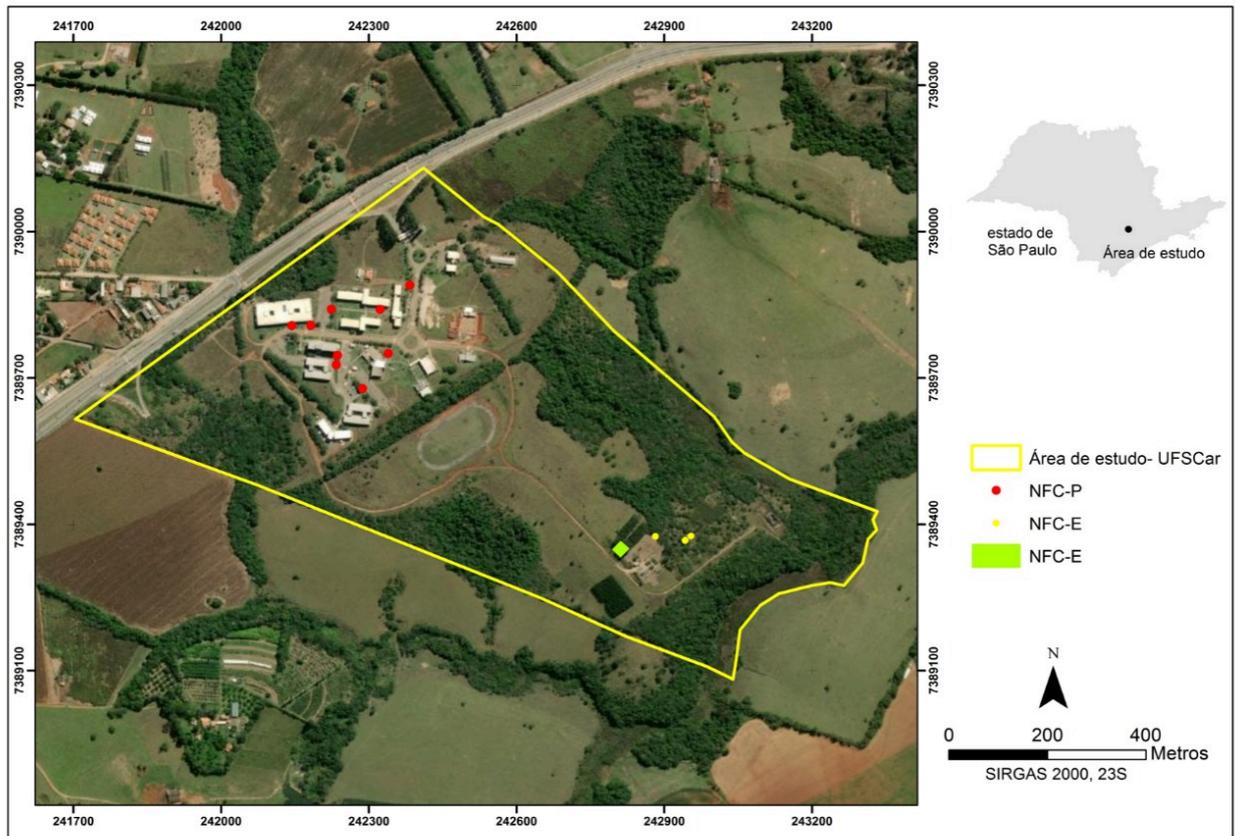
3.2.1. Localização da área de estudo

A instalação dos sensores foi realizada na Universidade Federal de São Carlos, localizada na microrregião de Sorocaba

Os NFC-E foram inseridos em árvores localizadas próximo ao viveiro florestal da instituição e os NFC-P, em árvores da arborização do *campus* (Figura 15).

Foram escolhidas 5 espécies arbóreas para a inserção dos NFC-E, para avaliar os meios de inserção e o comportamento da etiqueta ao longo dos dias. O mesmo foi pensado para a inserção dos NFC-P em 9 espécies, além da visibilidade do mesmo pelos usuários da universidade.

Figura 15 - Área de localização os indivíduos onde foram instalados os sensores.



Fonte: Google Earth, 2021. Organizado pelo autor.

3.2.2. Instalação

A instalação dos primeiros NFC-E, foi realizada em maio de 2020, em seis indivíduos de *Eucalyptus* sp. (Eucalipto) e em um de *Heliocarpus popayanensis* L. (Algodoeiro) (Tabela 7).

Foram testados dois tipos de inserção no tronco das árvores, sendo uma realizada abertura com uma broca serra copo de 1 polegada, com profundidades de 0,8, 1 e 2,7 cm, e orifício fechado com uma mistura de cola e serragem; e outra com abertura de uma janela de 4 x 6cm, com profundidade de 0,5cm, fechada com um parafuso e cola de madeira (Figura 16).

A profundidade de 0,5cm foi escolhida para que a instalação do NFC-E fosse realizada externamente ao câmbio vascular, não atrapalhando no crescimento e desenvolvimento dos indivíduos.

Tabela 7 - Indivíduos em que os NFC-E foram instalados.

Indivíduo	Local	Estilo de injúria	Profundidade (cm)
Eucalipto 1	Viveiro UFSCar	Broca de 1 polegada	0,8
Eucalipto 2	Viveiro UFSCar	Broca de 1 polegada	1
Eucalipto 3	Viveiro UFSCar	Broca de 1 polegada	2,7
Eucalipto 4	Viveiro UFSCar	Janela 4x6 cm (Abertura para cima)	0,5
Eucalipto 5	Viveiro UFSCar	Janela 4x6 cm (Abertura para baixo)	0,5
Eucalipto 6	Viveiro UFSCar	Janela 4x6 cm (Abertura para baixo)	0,5
Algodoeiro 1	Viveiro UFSCar	Janela 4x6 cm (Abertura para baixo)	0,5

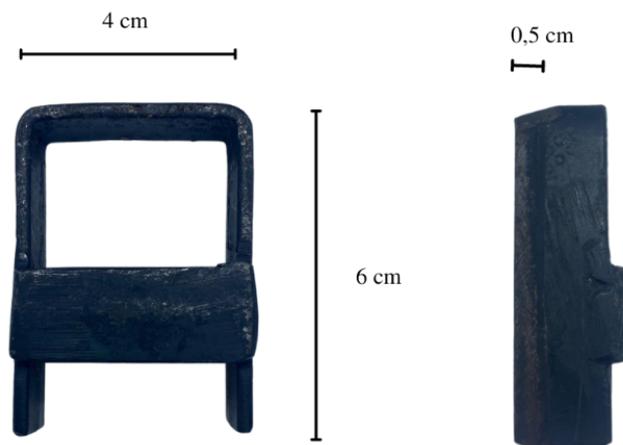
Figura 16 - Sensores instalados sendo a – abertura com a broca serra copo e b – abertura tipo janela.



Fonte: Autoria própria.

Para facilitar a abertura das janelas, foi desenvolvido um gabarito metálico com as dimensões das janelas como mostradas na figura 17.

Figura 17 - Aparelho para auxílio da abertura das janelas para a inserção dos sensores no tronco das árvores.



Fonte: Autoria própria.

Os sensores foram monitorados entre maio de 2020 e janeiro de 2022, com avaliações quanto à eficiência do sinal e à cicatrização da injúria criada na instalação. Ainda, houve uma segunda instalação dos NFC-E (novembro de 2020), em um indivíduo de *Khaya* sp. (Mogno), um de *Schizolobium parahyba* var. *parahyba* (Vell) Blake (Guapuruvu) e um *Citharexylum myrianthum* Cham. (Pau-viola) para avaliar a eficiência de sinal e a durabilidade em outras espécies. Foram fechados com pregos e não com parafusos, como na primeira instalação.

Já os NFC-P, foram instalados em novembro de 2020, nas espécies listadas na tabela 8 e foram monitorados até janeiro de 2022.

Tabela 8 - Espécies em que os sensores NFC-P foram instalados.

Indivíduo	Espécie
Mamica 1	<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.
Cedro 1	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.
Cambará 1	<i>Moquiniastrum polymorphum</i> subsp. <i>ceanothifolium</i> (Less.) G. Sancho
Pera1	<i>Pera glabrata</i> (Schott) Poepp. ex Baill
Schefflera 1	<i>Schefflera</i> sp.
Ipê-roxo 1	<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos
Jacarandá 1	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don
Quaresmeira 1	<i>Tibouchina granulosa</i> (Desr.) Cogn.
Tipuana 1	<i>Tipuana tipu</i> (Benth.) Kuntze

3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A efetividade do sinal dos sensores foi testada desde a instalação (Tabela 9 e Tabela 10), sendo o Eucalipto 3 (com o sensor a 2,7 cm de profundidade) já inativo após a instalação.

Os demais NFC-E continuaram com seu funcionamento intacto até 03 de agosto de 2020 (2 meses e 6 dias após a instalação), data em que os sensores nos Eucaliptos 1, 4 e 5 finalizaram seu funcionamento e o sensor do Eucalipto 6 teve uma interferência de sinal, voltando a funcionar em 10 de agosto de 2020.

Isso ocorreu devido ao material usado na cobertura dos NFC-E não ter impedido que a resina entrasse em contato com a *tag*, inutilizando-a, como mostrado na figura 18a. Além disso a sua maleabilidade também foi um problema, pois com o crescimento do indivíduo o sensor acabou sendo quebrado (Figura 18b e 18c).

Figura 18 - Etiquetas NFC inutilizadas sendo a – sensor com resina; b e c sensor quebrado.



Fonte: Autoria própria.

Já a eficiência dos NFC-E instalados em novembro de 2020, como mostra a tabela 9, foi de apenas um mês sendo o sensor instalado no mogno, expelido e o instalado no pau-viola, amassado (Figura 19).

O sensor inserido no guapuruvu, foi inativado logo após sua instalação, por conta da alta umidade da espécie junto com a ineficiência da proteção dos sensores, como o ocorrido com os indivíduos de *Eucalyptus* sp.

Tabela 9 - Efetividade do sinal dos NFC-E.

Indivíduo	Sinal																
	2020															2021	
	27/05	28/05	09/06	17/06	23/06	01/07	03/08	10/08	03/09	09/09	04/11	09/12	13/01	13/03	28/06	18/11	10/12
Eucalipto 1	P	P	P	P	P	P	X	X	X	R	-	-	-	-	-	-	-
Eucalipto 2	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	X	X	X	X
Eucalipto 3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Eucalipto 4	P	P	P	P	P	P	X	X	X	R	-	-	-	-	-	-	-
Eucalipto 5	P	P	P	P	P	P	X	X*	X	R	-	-	-	-	-	-	-
Eucalipto 6	P	P	P	P	P	P	X	P*	P	P	P	P	P	P	P	P	X
Algodoeiro 1	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	X
Guapuruvu 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	P	X	X	X	X	X	X
Mogno 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	P	X	EX	-	-	-	-
Pau-viola 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	P	X	X	X	X	X	X

*aparecimento de formigas R – removido EX – expelido P- sensor ativo X - sensor inativo

O motivo da expulsão do sensor pelo mogno deve-se ao fato da utilização de pregos pequenos para o fechamento da janela, não dando a segurança de vedação encontrada nos parafusos.

Figura 19 - Sensor inativado no espécime de pau-viola.



Fonte: Autoria própria.

Observou-se nos sensores NFC-E, que tiveram maior período de eficiência de sinal (eucaliptos 2, 6 e algodoeiro) que dois espécimes, responderam de forma distinta.

Nos eucaliptos, após o primeiro mês, o sinal só ocorria próximo aos locais onde se encontravam pequenas fissuras, sendo tanto na instalação com a broca serra copo, quanto as instalações de janelas (Figuras 20a e 20b respectivamente). Os sinais foram interrompidos em março de 2021 para o eucalipto 2 (instalação com broca serra copo) e dezembro de 2021 para o eucalipto 6 (instalação “janela”).

Já o algodoeiro teve sua eficiência de sinal interrompida em dezembro de 2021, uma fissura apareceu em março de 2020, mas sem comprometer seu funcionamento (Figura 20c).

Figura 20 - Cicatrização das instalações ainda em funcionamento, sendo a- Eucalipto 2; b - Eucalipto 6; c - Algodoeiro1.



Fonte: Autoria própria.

Após a interrupção do funcionamento do NFC-E no algodoeiro, ele foi retirado e não possuía nenhuma fissura, porém um pouco de resina estava inserida no sensor, mostrando novamente a ineficiência da proteção escolhida.

Como mostrado na figura 21, a resina do algodoeiro possui uma consistência não muito viscosa, com um aspecto de silicone, podendo ter sido uma barreira de proteção para o sensor, fazendo-o assim durar mais tempo antes de entrar em contato direto com a *tag* por conta da ineficiência da proteção.

Figura 21 - Resina de *Heliocarpus popayanensis* L.



Fonte: Autoria própria.

O estudo dessa resina pode ser importante para o desenvolvimento de uma proteção para o NFC-E eficiente e natural, sugerindo assim uma melhor aceitação pelos indivíduos arbóreos.

Dentre as duas inserções realizadas, as janelas mostraram-se mais eficientes, porém um fato importante a ser observado foi o aparecimento de fissuras após um tempo, sendo mais evidente no eucalipto por conta do seu rápido crescimento. Em quase 2 anos elas se tornaram cada vez mais evidentes, sendo um ponto de atenção que deve ser monitorado.

Outro ponto a ser levado em consideração é a cicatrização da lesão realizada, pois mesmo sendo apenas superficial é necessária uma avaliação para evitar o ataque de patógenos e assim um possível ataque ao lenho, pois mesmo após 2 anos de análise as

aberturas ainda possuem orifícios, que podem ser a porta de entrada para esses organismos.

Quando há um ataque por agentes patogênicos há a compartimentalização desse lenho, que é realizada por quatro barreiras ou paredes inespecíficas, sendo três delas pré-formadas e a quarta é ativada assim que o lenho sofre uma infecção ou uma injúria. Isso ocorre para retardar o avanço do apodrecimento do lenho afetado até que outro novo ocupe o local (SHIGO, 1979).

A análise do tronco dos espécimes em que foram inseridos os NFC-E a procura dessa compartimentalização pode demonstrar a eficiência do NFC-P já que a injúria é mínima e sem possíveis lugares de entrada de organismos patogênicos (Figura 22).

A expulsão dos sensores NFC-P (Tabela 10) ocorreram devido a instalação ter sido feita apenas com martelo, sendo necessário realizar um pequeno orifício antes da instalação, para melhor fixação.

Figura 22 - Sensor NFC-P instalado em um espécime de *Pera glabrata* (Schott) Poepp. ex Baill.



Fonte: Autoria própria.

Tabela 10 - Efetividade do sinal dos NFC-P.

Indivíduo	Sinal											
	2020						2021					
	04/11	05/11	10/12	13/01	21/01	27/01	30/01	13/03	23/03	28/06	18/11	10/12
Mamica 1	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Cedro 1	P	P	P	P	P	EX	-	-	-	-	-	-
Cambará 1	P	P	P	P	P	P	P	EX	-	-	-	-
Pera 1	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Schefflera 1	P	P	EX	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ipê-roxo 1	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Jacaranda 1	P	P	EX	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Quaresmeira 1	P	P	P	P	P	P	P	EX	-	-	-	-
Tipuana 1	P	P	P	P	P	P	P	EX	-	-	-	-

EX- Expelido P - sensor em funcionamento.

Pela sua durabilidade o NFC-P também se mostra superior aos *QR-code* (Tabela 11), uma das tecnologias mais difundidas na atualidade, que por conta de intemperes precisam ser trocados com periodicidade, além de serem mais chamativos e mais fáceis de serem retirados das árvores.

Quando o comparamos aos microchips de RFID (*radio frequency identification* – identificação por radiofrequência) (Tabela 11), o NFC volta a ser o mais efetivo por usar uma banda que é lida pela maioria dos celulares atuais, não precisando assim de um outro aparelho para leitura e facilitando a relação pessoa e objeto e sendo mais efetivo na disseminação de informações.

Tabela 11 - Comparação entre NFC, RFID e *QR-code*.

	Instalação	Distância de digitalização	Banda	Leitura	Durabilidade do material	Chance de depredação
NFC	Fácil e externa ao tronco	5 a 20 cm	13,56 MHz	Celular ou aparelho de leitura	Material resistente a intemperes	Mínima
RFID (microchip)	Média e interna ao tronco	10 a 100 m	455 MHz, 2.45 GHz, ou 5.8 GHz.	Aparelho de leitura	Se torna inativo com o crescimento da árvore	Mínima
QR-Code	Fácil e externa ao tronco	Depende do tamanho da <i>tag</i>	-	Celular	Trocas recorrentes por conta do material	Alta

Fonte: Finkenzeller (2003) adaptado.

Ao avaliar os dois estilos de NFC observa-se a superioridade do NFC-P em relação ao NFC-E em espécies arbóreas. Esses sensores por conta de serem menores e possuírem uma banda lida pela maioria dos celulares atuais, podem ser uma das ferramentas de IoT utilizadas para a gestão de florestas urbanas, servindo como uma ligação com um banco de informações, trazendo assim maior facilidade para os técnicos responsáveis por essas áreas.

3.4. CONCLUSÃO

Por meio desse experimento foi possível observar a efetividade do NFC-P em relação ao NFC-E, tanto pela facilidade de instalação e cicatrização, sendo promissor para sistemas que o utilizem para facilitar a coleta de dados e para comunicação com todos da cidade.

3.5. REFERÊNCIAS

- ASHTON, K. That 'Internet of Things' thing. **RFID Journal**, 2009.
- ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G. The Internet of Things: a survey. **Computer Networks**, 2010.
- CATHERINE, M. Nfc forum announces technology architecture. **RFID Journal**, 2001.
- COSTA-LEONARDO, A. M. **Cupins-Praga: morfologia, biologia e controle**. Rio Claro: EDIFURB, 2002. 128 p.
- CURRAN, K., MILLAR, A., MC GARVEY, C. Near Field Communication. **International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)**, Vol.2, No.3, 2012.
- 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.
- FINKENZELLER, K. **RFID Handbook: fundamentals and applications in contactless smart cards and identification**. [S.l.]: John Wiley & Sons, Ltd., 2003.
- GALLE, N. J.; NITOSLAWSKI, S. A. PILLA, F. The Internet of Nature: How taking nature online can shape urban ecosystems. **The Antropocene Review**, EUA, v.6, n.3, p.279-287, 2019.
- ITU - International Telecommunication Union. **ITU Internet Reports 2005: The Internet of Things**. Geneva, 2005
- SHIGO, A. L. **Tree decay: an expanded concept**. US Dep. Agr. Inf. Bull, 73p., 1979.
- TOLEDO, S. R. G.; ROMAGNANO, L. F. T. D. Distribuição e ocorrência de cupim-subterrâneo *Coptotermes gestroi* em árvores urbanas no município de São Paulo, Pacaembu. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOLOGIA**, 16., 2006, Londrina. Resumos... Londrina: UEL, 2006.

CAPÍTULO 4: DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA INTEGRADO PARA A GESTÃO DE ÁREAS VERDES URBANAS (SIAV).

RESUMO

Com o passar do tempo novas tecnologias vão surgindo para inúmeros propósitos e, para as florestas urbanas não seria diferente. Por esse motivo o objetivo desse capítulo é apresentar as funcionalidades de um protótipo funcional de um aplicativo de coleta de dados baseado na planilha de análise de risco da Sociedade Internacional de Arboricultura (ISA) que faz parte de um sistema de informação para gestão de florestas urbanas, o SIAV- Sistema Integrado de Áreas Verdes Urbanas.

Palavras-chave: prototipagem, coleta de dados, gestão urbana

ABSTRACT

Over time, new technologies emerge for many purposes and, that would not be different for urban forests. For this reason, this chapter aimed to demonstrate features from a data gathering application features, based on International Society of Arboriculture (ISA) risk analysis, part of an urban forest information management system, called Urban Green Environments Integrated System (or, in Portuguese, Sistema Integrado de Áreas Verdes Urbanas - SIAV).

Keywords: prototyping, data gathering, urban management

4.1. INTRODUÇÃO

A implementação e manejo da arborização urbana é de responsabilidade do poder público, e na maioria das vezes essa gestão é realizada somente com conhecimento empírico. Esta falta de planejamento leva ao aumento de práticas de manejo, como a poda e a remoção das árvores realizadas principalmente pelo contato entre a fiação e o afloramento de calçadas (MEIRA, 2010).

Para auxiliar essa gestão, uma opção seria o uso de sistemas de computadores. Desde a década de 1990 pesquisadores do Serviço Florestal do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos vêm desenvolvendo o modelo *Urban Forest Effects* (UFORE) para quantificar a estrutura e funções da floresta urbana, sendo um modelo que utiliza quatro módulos para analisar: a anatomia da floresta urbana, emissão de compostos orgânicos voláteis biogênicos, armazenamento e sequestro de carbono e deposição seca de poluição do ar (NOWAK e CRANE, 2000).

Baseado nesse modelo, vários estudos o adaptaram para o mesmo propósito de analisar as árvores urbanas, entre eles os trabalhos de Currie e Bass (2008), Escobedo e Nowak (2009), Nowak e Crane (2002) e Yang et al. (2005).

No entanto, para as cidades brasileiras seria necessário um sistema que se moldasse e atendesse todos os diferenciais que ocorrem no país, além de serem simples e eficazes para que todos conseguissem utilizá-los, já que a gestão, normalmente não é realizada por especialistas e pode ser rotineiramente substituída.

Outro ponto a considerar é que as florestas urbanas se tornaram importante no estado de São Paulo quando se fala no programa município VerdeAzul (PMVA). Lançado em 2007 pelo Governo do Estado de São Paulo, tem como principal objetivo estimular e auxiliar as prefeituras paulistas na elaboração e execução de suas políticas públicas estratégicas para o desenvolvimento sustentável do Estado de São Paulo. As ações do PMVA compõem dez diretivas norteadoras da agenda ambiental local e uma delas é a arborização urbana (PMVA, 2020).

Partindo deste princípio e da ascensão cada vez mais rápida do conceito de cidades inteligentes, o presente capítulo tem como objetivo o desenvolvimento de um dos componentes

mobile do Sistema de informação para a gestão das áreas verdes urbanas (SIAV – Sistema Integrado de Áreas Verdes Urbanas).

4.2. METODOLOGIA

O SIAV (Figura 23), está em desenvolvimento e, é um sistema multiplataforma com três interfaces: duas *mobile* e uma para *desktop*. Conta também com NFC-P (*Near Field Communication* encapsulado em um prego de plástico) para fazer a troca de dados entre a árvore, o *aplicativo* e o banco de dados.

O modelo *desktop* é a versão voltada aos gestores, onde é realizado o controle dos manejos que estão sendo feitos pela cidade e até mesmo alterações relacionadas a sanidade de algum espécime. Também emite alertas sobre geração de protocolos por parte dos munícipes ou vindos de algum outro departamento da prefeitura. Com esse sistema, o gestor terá todas as informações necessárias sobre as áreas verdes da cidade para uma melhor tomada de decisão.

Para os munícipes, há uma versão *mobile* que possui interação com o NFC-P para geração de protocolo de serviço específico para cada indivíduo arbóreo, além de possuir informações importantes para a população em geral, como curiosidades sobre aquele espécime, como nome popular, científico e dados fenológicos.

Já para os responsáveis pelo manejo das áreas verdes urbanas, que nesse caso podem ser funcionários das concessionárias de energia elétrica ou até mesmo da própria prefeitura, há outra versão *mobile*, que também possui interação com o NFC-P, baseada na planilha de análise de risco da Sociedade Internacional de Arboricultura (INTERNATIONAL SOCIETY OF ARBORICULTURE, 2021). É esse componente do SIAV que terá seu protótipo funcional apresentado nesse capítulo, sendo chamado como versão “Funcionário (coleta)”.

Figura 23 - Esquema do funcionamento do SIAV.



Fonte: Autoria própria.

Para o protótipo funcional do “Funcionário (coleta)” utilizou-se a plataforma *low-code*, MIT APP Inventor (2021) juntamente com o Figma (2021). A *Low-Code Development Platform* (LCPD) é uma plataforma que usa uma abordagem focada na criação de aplicativos e software, com pouco ou nenhum código e praticamente nenhuma linguagem de programação específica, projetada para otimizar de forma eficiente a produtividade e acelerar a criação e entrega de visuais modernos e intuitivos (GOMES, 2021). Para desenvolver o protótipo o trabalho foi dividido em 4 etapas como detalhadas na figura 24.

Figura 24 - Etapas de desenvolvimento do protótipo funcional.



Fonte: Autoria própria.

Nas etapas iniciais ocorreram o estudo detalhado da planilha de análise de risco da Sociedade Internacional de Arboricultura (etapa 1), e a revisão bibliográfica sobre florestas urbanas (etapa 2).

Na etapa 3 foram realizados os croquis das possíveis telas do protótipo, a escolha de referenciais para o design de cada tela, e definida a importância dos campos das informações. Neste momento foram decididas principais informações que iriam ser inseridas no protótipo. Lembrando que a proposta do “Funcionário (coleta) é a inserção rápida e simples de dados, sem a perda de informações, por esse motivo os campos escolhidos são mais simples, mas mostram a funcionalidade do aplicativo.

O desenvolvimento (etapa 4) foi seguido do teste da interação do protótipo com o NFC (etapa 5) e da documentação para guiar o desenvolvimento do aplicativo no futuro (etapa 6).

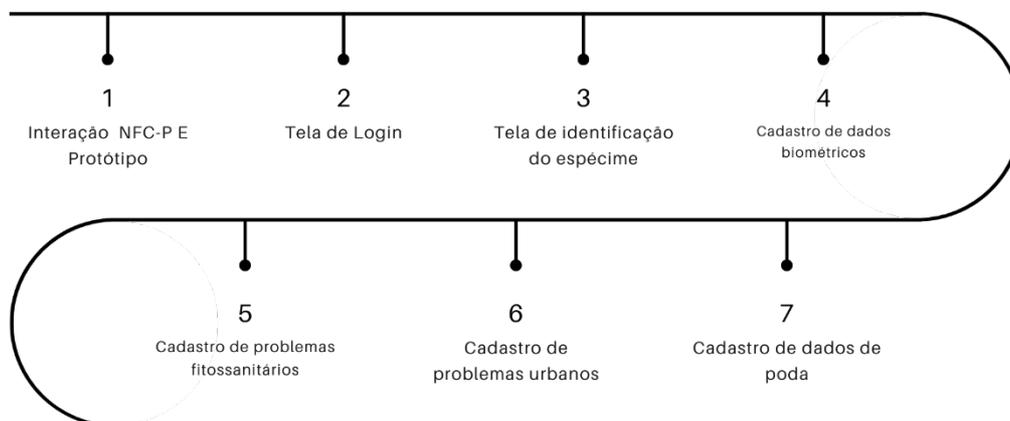
4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A proposta desse protótipo é de trazer um aplicativo técnico, mas de fácil manuseio, para os responsáveis sobre as florestas urbanas, sendo uma alternativa a planilha de campo, diminuindo assim o tempo da coleta e análise de dados.

A tabela 12 ilustra uma visão geral dos campos utilizados para o desenvolvimento do protótipo e a figura 25 a jornada do usuário.

Tabela 12 - Campos utilizados no protótipo funcional.

Variáveis escolhidas	Tipo de variável
Id	Serial
Nome popular	Text
CAP	Number
Altura	Number
Diâmetro da copa	Text
Altura da copa	Text
Diâmetro do canteiro	Text
Tipo de copa	Image
Fitossanidade	Text
Problemas urbanos	Text
Responsável da poda	Text
Data da poda	Data
Tipo de poda	Image

Figura 25 - Visão geral do protótipo funcional.

Fonte: Autoria própria.

O usuário inicia o processo encostando o celular no NFC-P que se encontra na árvore que será analisada, realiza a sua autenticação no sistema para ter acesso a informações simples sobre o espécime em questão.: o *id* (número de identificação), localização e suas informações botânicas como nome popular (Figura 26).

Figura 26. Tela de identificação do espécime.

Árvore nº

 Espécie

 Localização

Fonte: Autoria própria.

O cadastramento será iniciado por meio de dados biométricos: CAP (circunferência a altura do peito), altura, diâmetro e altura da copa, seguido do diâmetro do canteiro e tipo de copa (Figura 27).

Figura 27 - Tela de cadastramento 1.

Biometria

CAP cm

Altura m

Diâmetro copa cm

Diâmetro do canteiro cm

Altura da copa cm

Tipo de copa

Fonte: Autoria própria.

Após isso será levado a uma tela onde se encontram os principais problemas fitossanitários encontrados em florestas urbanas (Figura 28), uma outra tela onde se encontram os principais problemas urbanos como por exemplo: raízes expostas, copa tocando a rede elétrica, entre outras (Figura 29).

Figura 28 - Tela de cadastramento 2.



Fonte: Autoria própria.

Figura 29 - Tela de cadastramento 3.



Fonte: Autoria própria.

Por fim o usuário é apresentado a tela de poda, onde as informações a serem coletadas são a data e o tipo de poda que será realizado (Figura 30).

Figura 30 - Tela de cadastramento 4.

The image shows a mobile application interface for recording pruning data. It consists of two main panels. The left panel, titled "Poda", has a light yellow background and contains two input fields: "Responsável" (Responsible) and "Data" (Date), with a calendar icon next to the date field. The right panel, titled "Tipo de poda realizado", also has a light yellow background and displays four tree diagrams with checkboxes below them. The types are: "Poda de topo" (Top pruning), "Poda central de iluminação" (Central lighting pruning), "Levantamento da copa" (Crown lifting), and "Poda lateral" (Lateral pruning).

Fonte: Autoria própria.

A partir do contato com gestores públicos, que testaram as funcionalidades do protótipo, foi possível observar melhorias na metodologia, como a inserção de mais campos para a definição do diâmetro de copa e a altura da primeira ramificação, além de mudanças no design do produto.

Por meio desse contato também foi possível observar que apesar de já existirem outros aplicativos desenvolvidos para essa mesma finalidade, a facilidade da coleta de dados com o uso da tecnologia, faz o aplicativo mobile “Funcionário (coleta)” ser mais eficiente do SIAV quando nos referimos a gestão de áreas urbanas.

4.3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O SIAV (Sistema Integrado de Áreas Verdes Urbanas) continua em desenvolvimento e o protótipo funcional da interface voltada para a coleta de dados foi eficaz para a melhoria contínua do sistema.

4.4. REFERÊNCIAS

CURRIE, B. A., BASS, B. Estimates of air pollution mitigation with green plants and green roofs using the UFORE model. **Urban Ecosystems**, 2008.

ESCOBEDO, F. J., NOWAK, D. J. Spatial heterogeneity, and air pollution removal by an urban forest. **Landscape and Urban Planning**, 2009.

FIGMA. **Figma**. 2021. Disponível em: <https://www.figma.com/> Acessado em: janeiro de 2021.

GOMES, R.S. **Ambiente de desenvolvimento Low-code: estudo de caso da utilização da ferramenta Microsoft power apps na empresa ferroviária Tereza Cristina para o desenvolvimento de soluções**. 2021. Monografia (Bacharelado em Ciência da Computação) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2021.

INTERNATIONAL SOCIETY OF ARBORICULTURE. **Basic Tree Risk Assessment Form**. 2021. Disponível em: https://www.isa-arbor.com/education/resources/BasicTreeRiskAssessmentForm_Fillable_FirstEdition.pdf. Acesso em: janeiro de 2021.

MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY. **MIT APP Inventor**. 2021. Disponível em: <https://appinventor.mit.edu/> Acessado em: fevereiro de 2021.

MEIRA, A. M. de. **Gestão de Resíduos da Arborização Urbana**. 178f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2010.

NOWAK, D. J., CRANE, D. E. Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA. **Environmental Pollution**, 2002.

NOWAK, D. J., CRANE, D. E. The urban forest effects (UFORE) model: Quantifying urban forest structure and functions. In: **Hansen, M., Burk, T. (Eds.), Integrated Tools for Natural Resources Inventories in the 21st Century**. Gen. Tech. Rep. NC-212. U.S Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experiment Station, St. Paul, MN, 2000.

PIRES, R. K.; DIAS, M. B.; BRITO, J. O conflito: arborização x energia elétrica, no bairro Vermelha, em Teresina-PI. **Anais do II Congresso De Pesquisa e Inovação Da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica**. João Pessoa – PB, 2007.

PMVA. **Programa Município VerdeAzul**. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/verdeazuldigital/o-projeto/> Acessado em: julho de 2020.

YANG, J., MCBRIDE, J., ZHOU, J., SUN, Z. The urban forest in Beijing and its role in air pollution reduction. **Urban Forestry & Urban Greening**, 2005.

CONCLUSÃO

Por meio deste estudo foi possível perceber que a tecnologia utilizada em florestas urbanas está voltada mais para o sensoriamento remoto, sendo que os sensores (ativos e passivos) e softwares ainda são pouco utilizados.

No capítulo 1, por meio da pesquisa com as palavras-chave mais genéricas para o tema “tecnologia em florestas urbanas”, foi possível observar a escassez de artigos e que a maioria dos encontrados tratam de pesquisas voltadas ao sensoriamento remoto 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.

No capítulo 2 foi possível observar que a visão da academia é muito parecida com a dos gestores do estado de São Paulo, sendo o sensoriamento remoto por meio de imagens de satélite a tecnologia mais utilizada pelos municípios e a com maior nível de importância dado pelos especialistas, seguido pelo uso de drones.

Já no capítulo 3 se analisou a eficiência de sinal de diferentes modelos de NFC (sensor passivo), sendo que o NFC-P foi mais efetivo em relação ao NFC-E, por conta de sua facilidade de instalação e cicatrização, sendo promissor para sistemas que o utilizem para facilitar a coleta de dados e para comunicação com todos da cidade.

Por fim no capítulo 4, foi demonstrado um protótipo funcional para coleta de dados de áreas verdes urbanas que possuía ligação com NFC-P, mostrando a efetividade das tecnologias menos utilizadas: sensores e softwares.

REFERÊNCIAS

- ALDAIRI, A.; TAWALBEH, L. Cyber Security Attacks on Smart Cities and Associated Mobile Technologies. **Procedia Computer Science**, v.109, p.1086-1091, 2017.
- AMIN, A.; THRIFT, N. **Cities: reimagining the urban**. New Jersey, NJ: Wiley, 2002.
- 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.
- BRITO, F. O deslocamento da população brasileira para as metrópoles. **Estudos Avançados**, v. 20, n. 57, p. 221-236, 2006.
- FARINUIUNK T. M. D. Smart cities e pandemia: tecnologias digitais na gestão pública de cidades brasileiras **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, 2020.
- LIMA, V. **Análise da qualidade ambiental na cidade de Oswaldo Cruz/SP**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Presidente Prudente, 2007. 177 f.
- 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**, v.90, p.611-622. 2015.
- NESPOLO, C. C. C. **Programa município verde azul na gestão da arborização urbana em Araraquara e São Carlos, SP**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal de São Carlos, Curso de Pós-Graduação em Ciências Florestais, São Carlos, 2020.
- OLIVEIRA, S. G.; ALMEIDA, V. E.; TROTTA, L. M. As tecnologias e o mundo globalizado: reflexões sobre o cotidiano contemporâneo. **Revista Educação Pública**, v. 20, nº 2, 14 de janeiro de 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.

ANEXOS

Anexo 1. Perguntas realizadas nas entrevistas semiestruturadas.

Questões para entrevista - arborização urbana

(utilizadas em 2020)

Data da entrevista: / /

1. Como/por quem é realizado o manejo/gestão da arborização urbana na cidade?
2. Há problemas nesse manejo?
3. E com os munícipes em relação a arborização?
4. Como vocês trabalham com dados de arborização urbana?
5. Você sente falta de algo para gerir a arborização urbana?
6. Utiliza algum software ou tecnologia?
7. Há algum meio de comunicação com os munícipes?

***Perguntar ao entrevistado(a) se há alguma informação adicional que gostaria de acrescentar em relação aos assuntos abordados durante a entrevista.**

***Perguntar se ficou com alguma dúvida**

Anexo 2. Questionário enviado aos gestores públicos (desenvolvido na plataforma google forms).

Arborização Urbana nos municípios

***Obrigatório**

Qual a estrutura do seu município é responsável pela arborização urbana *

- Secretaria
- Departamento de parques e jardins
- Diretoria dentro de um departamento
- Assessoria de gabinete
- Não possui uma estrutura responsável
- Outro:

Dentro dessa estrutura quantas pessoas são responsáveis apenas por essa área

Já foram realizados diagnósticos arbóreos do município? *

- Sim, mais de uma vez
- Sim, apenas uma vez
- Não

Com que frequência esses diagnósticos são realizados?

- anualmente
- a cada 2 anos
- a cada 4 anos
- Outro:

Como esse diagnóstico é realizado?

- Censo
- Amostragem
- Sensoriamento remoto com amostragem
- Sensoriamento remoto sem ida a campo
- LiDAR
- Uso de tags e sensores (Qrcode etc.)
- Drones
- Outro:

É utilizado algum tipo de software para auxiliar na gestão e no planejamento? *

- Sim
- Não

Esse software é:

- Software nacional comprado
- Software nacional desenvolvido para o município
- Software Internacional

Quanto tempo você o utiliza?

- Adquirido recentemente
- mais de 1 ano
- mais de 2 anos
- mais de 5 anos
- mais de 10 anos

Qual a maior dificuldade que você sentiu/sente a utilizar tecnologias (sensores, softwares entre outros) para auxiliar na gestão /diagnóstico / planejamento da arborização urbana? *

- Alto custo
- Complexidade do sistema
- Acessibilidade
- Interface não amigável
- Sentimento de perda de informações importantes
- Alto custo de manutenção ou falta deste
- Falta de treinamentos ou um serviço de apoio ao cliente
- Outro:

Já deixou de utilizar alguma tecnologia por conta de algum desses problemas *

- Sim, porém troquei por outra
- Sim, atualmente não uso nenhum tipo de tecnologia (apenas planilhas de controle)
- Não

Você que não utiliza pensa em utilizar?

- Sim
- Não

Em relação com a interação com o munícipe, como ela ocorre? *

- Redes Sociais
- Aplicativo
- WhatsApp
- Telefone
- Pessoalmente

Anexo 3. Questionário enviado aos especialistas em florestas urbanas (desenvolvido na plataforma google forms).

Importância do uso de Tecnologias para arborização urbana

*Obrigatório

Para preencher esse formulário leve em consideração o nível de importância sendo 1 pouco importante e 5 muito importante. As tecnologias apresentadas foram escolhidas após uma revisão sistemática focada nas tecnologias utilizadas na arboricultura atualmente.

Sensoriamento Remoto *

Sensoriamento remoto clássico.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	<input type="radio"/>	Muito Importante				

Explique o porquê da sua escolha

LiDAR *

LiDAR (Light Detection and Ranging) é um sensor remoto ativo a bordo de plataformas (tripuladas ou não tripuladas). É um método direto de captura de dados, o mesmo possui sua própria fonte de energia, neste caso, uma fonte de luz, o laser.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	<input type="radio"/>	Muito Importante				

Explique o porquê da sua escolha

LoRa *

Long Range - Alcance Amplo. É uma tecnologia de rádio frequência que permite comunicação a longas distâncias com consumo mínimo de energia. Baseia-se em uma rede com topologia estrela, similar a uma rede de telefonia celular.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	<input type="radio"/>	Muito Importante				

Explique o porquê da sua escolha

IOT (sensores ativos) *

Possuem a própria fonte de energia para monitorar um fenômeno.

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	<input type="radio"/>	Muito Importante				

Explique o porquê da sua escolha

IOT (sensores passivos) *

Não requerem uma fonte de energia externa para monitorar um fenômeno. Muitas vezes servem como uma ponte entre o usuário e as informações (ex.RFID).

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	<input type="radio"/>	Muito Importante				

Explique o porquê da sua escolha

Drones *

Utilização de drones para fiscalização da arborização urbana

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	<input type="radio"/>	Muito Importante				

Explique o porquê da sua escolha
