

INVENTÁRIO DE ARBORIZAÇÃO VIÁRIA: UM ESTUDO PILOTO PARA O BAIRRO CASSINO, NA CIDADE DO RIO GRANDE, RS, BRASIL.

Christiano Piccioni Toralles¹
christiano.toralles@riogrande.ifrs.edu.br

Ana Paula de Souza Gerundo²
anapaulagerundo@gmail.com

Resumo

Conhecer a situação das árvores urbanas pode ajudar no planejamento para evitar e/ou corrigir os problemas de inadequação de espécies e as distorções de distribuição desigual da arborização no território, além de fornecer informações para o acompanhamento e manejo. Nesse sentido, este estudo tem como objetivo modelar a situação da arborização viária através da construção de um inventário para a cidade do Rio Grande, RS. Como área de estudos piloto foi selecionado um setor censitário no bairro Cassino. Foi realizado coleta de dados *in loco* e posterior sistematização em SIG, com disponibilização dos resultados prévios na *web*. No estudo, destacaram-se: 23,49% são jerivás, acima do máximo de 15% recomendado para uma mesma espécie; 49,65% são jovens, evidenciando plantios recentes; 94,15% são consideradas em bom estado de conservação. Apesar das limitações encontradas, conclui-se que a discussão proporcionada por esse estudo piloto pode auxiliar na elaboração de um inventário completo, o que trará subsídios para um melhor planejamento urbano e uma cidade mais verde.

Palavras-chave: arborização urbana, inventário arbóreo, geotecnologias.

Abstract

Knowing the situation of urban trees can help in planning to avoid and/or correct the problems of inappropriate species and the distortions of uneven distribution of afforestation in the territory, in addition to providing information for monitoring and management. In this sense, this study aims to model the situation of street afforestation through the construction of a prototype inventory for the city of Rio Grande, RS. A census sector in the Cassino neighborhood was selected as a pilot study area. There, on-site data collection was carried out and subsequent systematization in a GIS, with previous results being made available on the web. In the study, the following stood out: 23.49% are jerivá (queen palm), above the maximum of 15% recommended for one same species; 49.65% are

¹ Professor do Núcleo de Arquitetura, Campus Rio Grande - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS)

[HTTPS://ORCID.ORG/0000-0003-2322-5942](https://orcid.org/0000-0003-2322-5942)

² Universidade Federal do Rio Grande (FURG)

young, showing recent plantings; 94.15% are considered to be in good condition. Despite the limitations found, it is concluded that the discussion provided by this pilot study can help for the preparation of a complete inventory, which will provide subsidies for better urban planning and a greener city.

Keywords: urban afforestation, arboreal inventory, geotechnologies.

1. Introdução

Nas cidades, são chamadas de áreas verdes urbanas todos aqueles ambientes com algum grau de vegetação, inseridos em espaços públicos ou privados, tais como os parques, praças e jardins (Jardim & Umbelino, 2020). O conceito de arborização urbana é mais específico, correspondendo à vegetação arbórea e arbustiva plantadas em uma cidade, não apenas nas áreas verdes. É esperado empiricamente que grande parte das espécies arbóreas façam parte da arborização de vias públicas, ou seja, aquelas plantadas linearmente nas calçadas e canteiros centrais ao longo de ruas e avenidas (Crispim *et al.*, 2018). Essa arborização de áreas verdes ou viária está diretamente ligada ao planejamento urbano, sendo necessária a intervenção técnica de profissionais qualificados para atingir os benefícios trazidos pela vegetação e diminuir os problemas de conflitos que possam existir (Andrade & Jeronimo, 2015; Jardim & Umbelino, 2020).

Segundo Vignola Junior (2015), a arborização urbana comporta duas dimensões, a ambiental-ecológica e a estético-modeladora da paisagem. Os benefícios das áreas verdes e da arborização viária tendem a estar relacionados com essas duas dimensões, sendo exemplos (Schuch, 2006; Andrade & Jeronimo, 2015; Galhardo *et al.*, 2017; Lisboa, 2017; Porto, 2017; Campos, 2018; Jardim & Umbelino, 2020; Silva, 2020): estabilização microclimática com a amenização de temperaturas extremas (e ilhas de calor) através da diminuição da absorção e reflexão de radiação e do controle da umidade; aumento do sombreamento; amortecimento de ruídos e amenização da poluição sonora; proteção dos ventos, reduzindo velocidades e direcionando-os; purificação do ar em razão da capacidade de fixar partículas de resíduos, poeira e gases tóxicos; renovação do ar, através da fotossíntese; controle das águas, evitando erosão (através da interceptação e diminuição do impacto das gotas de chuva, e da redução da velocidade de escoamento, além da estabilização do solo pelas raízes) e enchentes (através da infiltração); efeito estético (através das dinâmicas de folhagem, floração e frutos, com diferentes cores e portes, formatos de troncos, folhas e copas); promoção de lazer para as comunidades; prevenção de doenças (da saúde mental, com redução de estresse, ansiedade e depressão; e saúde física, com redução de doenças cardiovasculares e obesidade; além do aumento da longevidade). É destacado ainda o potencial da função como corredor ecológico (Andrade & Jeronimo, 2015), integrando áreas verdes intraurbanas com a natureza através da arborização viária, o que colabora para preservação da biodiversidade nas cidades, com

fornecimento de recursos à fauna silvestre e aumento da taxa de polinização (Galhardo *et al.*, 2017). A vegetação urbana também frequentemente aparece como um indicador de caminhabilidade (Cambra, 2012; Cain *et al.*, 2014; Aghaabbasi *et al.*, 2018; Van der Walt, 2020), sendo também indicador o seu potencial para geração de sombra e proteção da chuva proporcionadas pelas copas (Cambra, 2012; ITDP Brasil, 2018). Os efeitos para o conforto térmico tendem a trazer como vantagem também a redução nos custos energéticos para climatização de edifícios (Silva, 2020). Esses são exemplos de benefícios que inclusive são indiretamente incorporados pelo mercado imobiliário, através de campanhas publicitárias que colocam a arborização e espaços ajardinados como sonhos de consumo (Vignola Júnior, 2015), bem como pelo mercado de turismo, como atrativos de visitação, lazer e eventos.

Por outro lado, a arborização viária pode causar problemas para população, devido a sua proximidade com as edificações e infraestruturas urbanas (Porto, 2017). São exemplos de problemas (Barros *et al.*, 2010; Vignola Júnior, 2015): rompimento de fiação de energia elétrica e telecomunicações; entupimento de calhas para escoamento de águas pluviais; danos nas redes de água e esgoto; obstáculos para circulação e acidentes com pedestres e veículos; sombreamento excessivo; dificuldade de manutenção; desestruturação de calçadas e paredes/muros. Também a obstrução da iluminação e sinalização, ou mesmo para eficiência de painéis fotovoltaicos. Ou ainda os riscos devido aos espinhos, frutos venenosos ou atração de animais nocivos. Conflitos que podem ter como causa a presença ou rompimento de galhos, levantamento ou infiltração de raízes, queda excessiva de folhas/flores escorregadias ou frutos pesados.

Mas esses problemas e conflitos não são culpa da vegetação, mas sim da falta de um bom planejamento, através da seleção adequada de espécies, bem como de locais e técnicas de plantio que minimizem os problemas. Não havendo um planejamento urbano que inclua a arborização, esta gestão passa a ser realizada por iniciativas particulares, geralmente leigas, desprovidas de conhecimento técnico, resultando no plantio irregular e incompatível com os locais (Barros *et al.*, 2010). Ou, no sentido oposto, resultando na remoção da vegetação, substituindo a cobertura do solo por materiais impermeáveis, gerando conseqüente alteração do equilíbrio microclimático e efeitos inversos aos benefícios listados.

Nesse sentido, estudos e instrumentos que proporcionem suporte ao planejamento urbano são extremamente relevantes para inverter o quadro empírico de redução da presença de áreas verdes e arborização viária nas cidades brasileiras (Schuch, 2006; Andrade & Jeronimo, 2015). É necessário, portanto, conhecer o estado da vegetação, com monitoramento aprimorado em condições para realizar planos de plantio e manejo eficientes (Vignola Júnior, 2015; Galhardo *et al.*, 2017). Todavia, é comum que os órgãos públicos responsáveis pelo planejamento e gestão da arborização não possuam informações precisas sobre patrimônio arbóreo (Franco, 2006; Schuch, 2006). O

mapeamento dos dados, através de inventários da arborização urbana, potencializa análises qualitativas e quantitativas (Silva & Souza, 2018), por exemplo da distribuição dos espécimes na cidade, resultado que pode apontar por lugares prioritários para intensificação do plantio (Jardim & Umbelino, 2020) ou mesmo para ações em prol da saúde daquelas preexistentes. Além de facilitar o acompanhamento ao longo da dinâmica da cidade (Schuch, 2006), com novas áreas sendo urbanizadas ou outras revitalizadas.

Existem bons exemplos de inventários da arborização urbana, mapeados com suporte de geotecnologias, inclusive com acesso disponibilizado *online*, como os casos para as cidades de Campinas, no Brasil, e Nova York, nos EUA. É esperado que esse tipo de serviço tenha um custo elevado (maior quanto maior for o porte da cidade), tornando-se proibitivo e não prioritário, especialmente em países menos desenvolvidos economicamente. Sendo assim, as iniciativas de desenvolvimento de inventários (protótipos ou definitivos) no âmbito acadêmico podem contribuir para implementação deles como instrumento de gestão municipal (Porto, 2017).

O presente trabalho se insere nesse contexto de iniciativa acadêmica, tendo como objetivo modelar a situação da arborização viária através da construção de um de inventário para a cidade do Rio Grande, RS. Sendo um protótipo para testar a metodologia, foi selecionada como área de estudo piloto um setor censitário no bairro balneário Cassino, onde foi realizado levantamento de dados e posterior sistematização em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), com disponibilização dos resultados prévios na *web* em formato de mapa dinâmico.

2. Inventários de arborização viária e geotecnologias

A arborização viária foi popularizada no Brasil no fim do século XIX pelas medidas higienistas e de embelezamento das cidades (Vignola Júnior, 2015; Silva & Souza, 2018), embora, como dito na Introdução, empiricamente perceba-se uma diminuição gradual da presença de árvores nas paisagens urbanas (Schuch, 2006; Andrade & Jeronimo, 2015). Mesmo que o mercado imobiliário (e turístico) se aproprie dos benefícios da presença vegetal, está tende a estar localizada no interior de empreendimentos privativos e/ou dedicados aos estratos sociais de maior renda. Inclusive existem críticas que apontam para o risco de efeitos negativos como a ecogentrificação (ou gentrificação verde), ou seja, quando a valoração nos preços dos imóveis (e conseqüente geração de desigualdades socioespaciais) é produzida ou intensificada por intervenções de ecologização urbana (vias verdes, parques, jardins, corredores ecológicos, trilhas) (Immergluck & Balan, 2018; Anguelovski et al., 2018).

Apesar do risco de ecogentrificar zonas da cidade, os benefícios da presença vegetal podem prevalecer, principalmente quando a arborização está bem distribuída pelo território. Assim, alguns municípios tentam se preparar para corrigir as distorções da diminuição ou má distribuição de árvores

urbanas. Em 2006, São Paulo instituiu seu Programa Municipal de Arborização Urbana, com objetivos de conscientização popular, de incentivo à pesquisa e de implantação de inventário quali-quantitativo com uso de sensoriamento remoto (Galhardo *et al.*, 2017). Percebe-se aí o vínculo do resultado social com a conexão entre ciência e tecnologia no suporte ao planejamento e gestão da cidade.

Um inventário é um instrumento essencial que serve para fornecer o diagnóstico da vegetação urbana (Andrade & Jeronimo, 2015; Borges *et al.*, 2018), com dados individualizados para avaliações qualitativas ou quantitativas. São objetivos gerais para realização de um inventário (Takahashi, 1994 *apud* Franco, 2006; Schuch, 2006; Lima Neto & Biondi, 2012): conhecer o patrimônio arbóreo (sua diversidade e distribuição); definir a políticas a longo prazo; preparar um programa de acompanhamento das árvores; identificar necessidades de manejo; definir prioridades nas intervenções; localizar áreas para o plantio; localizar árvores com necessidades de tratamentos fitossanitários (controle de pragas, doenças, podas) ou renovação; estabelecer previsões orçamentárias para o futuro; utilizar a árvore como um vetor de persuasão.

Para atingir os objetivos, é necessário levantar diversos atributos sobre os indivíduos arbóreos encontrados *in loco*. São exemplos de atributos relacionados à árvore/arbusto (conforme referência em trabalhos presentes no Quadro 1): nome vulgar; nome científico; origem (nativa ou exótica); tipo de folhagem (perene ou caducifólia); altura total; altura da primeira bifurcação; diâmetro do tronco (ou DAP – diâmetro na altura do peito); diâmetro da copa; tipo de raiz; floração; frutificação; idade (ou ano de plantio); estado de conservação/situação fitossanitária; situação de poda; necessidade de manutenção; presença de parasitas. Também podem aparecer atributos relacionados ao contexto de localização, tais como: largura na calçada; posição na calçada; afastamento predial; altura da fiação; conflitos com raízes; espaço para aeração do colo.

Segundo Silva (2016) e Crispim *et al.* (2018), os estudos de arborização urbana são considerados um tema recente no Brasil, com maior concentração de publicações na última década. O Quadro 1 traz uma síntese de revisão de literatura de alguns dos trabalhos acadêmicos com inventários dedicados à arborização urbana, realizados no Brasil nos últimos 15 anos.

Considerando a quantidade de pessoas necessárias para viabilizar a coleta de dados, além do tempo para deslocação na cidade e sistematização da informação, os inventários convencionais tendem a ter alto custo para os cofres públicos (Lima Neto & Biondi, 2012), sendo maior quanto maior for o porte da cidade. Sendo assim, quanto ao recorte espacial, conforme Quadro 1, são encontrados trabalhos cujo inventário cobre a totalidade da área urbana (sendo mais comum para pequenas cidades) ou uma parte da cidade (bairro, *campus* universitário). Também existem trabalhos que adotam uma unidade amostral (uma ou mais ruas, ou quadras, ou quarteirões, ou zonas), podendo apresentar os resultados limitados ao local da amostra ou generalizados para toda a cidade. Existem

aspectos positivos e negativos de cada uma das possibilidades, como o maior ou menor custo de levantamento, ou a precisão dos resultados, ou o potencial de aplicação para manejo vegetal ou para a elaboração de políticas públicas.

Quadro 1: Síntese de revisão de literatura com estudos através de inventário de arborização urbana no Brasil. Fonte: dos autores.

REFERÊNCIA	ESTUDO DE CASO	ABRANGÊNCIA ESPACIAL	MAPEAMENTO DAS ESPÉCIES ARBÓREAS	ABORDAGEM	QUANTIDADE DE ATRIBUTOS
Franco (2006)	Belo Horizonte, MG	campus universitário	mapeamento com uso de GPS; revisão de levantamento anterior	análise quali-quantitativa (por mapas temáticos e por estatística descritiva)	12
Schuch (2006)	São Pedro do Sul, RS	toda área urbana	mapeamento manual com levantamento in loco	análise quali-quantitativa (estatística descritiva)	13
Barros et al. (2010)	Jataí, GO	amostragem aleatória de quadras	mapeamento manual em CAD; registro fotográfico	análise quali-quantitativa (estatística descritiva)	6
Silva Filho et al. (2012)	Engenheiro Coelho, SP	amostragem aleatória de quadras	mapeamento com uso de GPS; registro fotográfico; classificação de imagem	análise quali-quantitativa (estatística descritiva); validação da classificação de imagem (índice Kappa)	N/A
Lima Neto & Biondi (2014)	Curitiba, PR	amostragem quali-quantitativa de 3 zonas	vetorização manual em SIG com suporte de ortofotos	análise quantitativa (estatística descritiva); avaliação do método de vetorização	1
De Castro et al. (2016)	Macapá, AP	amostragem aleatória de quadras	mapeamento com uso de GPS; registro fotográfico	análise quali-quantitativa (estatística descritiva)	15
Silva (2016)	Rio de Janeiro, RJ	bairro Centro	mapeamento manual com levantamento in loco	análise quali-quantitativa (estatística descritiva)	42
Porto (2017)	Londrina, PR	amostragem quali-quantitativa de 2 zonas	mapeamento manual in loco, transformando endereços de imóveis em coordenadas; classificação de imagem	análise quali-quantitativa (por mapas temáticos); distribuição espacial (com mapa de Kernel); validação da classificação por correlação R ²	10
Borges et al. (2018)	Patos, PB	toda área urbana	N/A	distribuição espacial (com mapa de Kernel)	N/A
Campos (2018)	Dois Vizinhos, PR	campus universitário	mapeamento por levantamento topográfico com estação total	análise quali-quantitativa (por mapas temáticos e por estatística descritiva)	6
Silva & Souza (2018)	Guarabira, PB	amostragem qualitativa de quadras	N/A	análise qualitativa (com Matriz de Leopold)	22
Jerônimo et al. (2019)	Rio Tinto, PB	toda área urbana	mapeamento manual com levantamento in loco	análise quali-quantitativa (estatística descritiva)	3
Jardim & Umbelino (2020)	Diamantina, MG	toda área urbana	mapeamento com uso de GPS; suporte com imagens de satélite	índice de área verde (por hectare e por habitante)	N/A

N/A: não se aplica ao estudo, ou não constam informações sobre o item.

Também é importante considerar que o ambiente urbano é dinâmico e os dados tornar-se-ão obsoletos com o tempo (Porto, 2017), sendo necessário prever atualizações constantes (Schuch, 2006). Nesse sentido, do ponto de vista orçamentário e da sustentabilidade financeira, é importante definir com cuidado os objetivos e os atributos necessários, ou seja, o grau de complexidade

necessária para evitar gastos que resultem em subutilização do banco de dados. Vignola Júnior (2015) indica a redução da complexidade a fatores simples, que possam ser agregados rapidamente através de mapas, tabelas e gráficos. Em um método que seja inteligível conforme o conhecimento dos planejadores, dos administradores públicos e dos cidadãos (Vignola Júnior, 2015).

2.1 As vantagens das geotecnologias e a disponibilização web

Segundo Franco (2006), o cadastro da arborização através de tabelas em formato analógico é um procedimento cuja atualização e manipulação é difícil e demorada, contribuindo para tornar o acesso à informação restrito e obsoleto. Para Silva (2016), os mapas que não estejam em um Sistema de Informações Geográficas (SIG) possuem limitações de utilização, pois não há interação com o banco de dados de atributos e seu potencial para análises de resultados com recursos visuais. Com o banco de dados georreferenciado, a identificação individualizada da posição de cada árvore se torna facilitada, possibilitando também reduzir os custos de manutenção e atualização desse modelo de informação (Franco, 2006; Silva, 2016; Campos, 2018).

Para mapear a vegetação podem ser usados variados métodos relacionados com geotecnologias, como a classificação de imagens e aplicação do índice de vegetação de diferença normalizada (NDVI - *normalized difference vegetation index*), levantamento por Google Street View ou com uso de GPS (sistema de posicionamento global) (Crispim *et al.*, 2018). O registro fotográfico da árvore (e/ou folha, flor, fruto, tronco, cujos arquivos digitais podem ser integrados ao banco de dados), preferencialmente *in loco*, é importante para ajudar na identificação de espécies desconhecidas (De Castro *et al.*, 2016), além de auxiliar no acompanhamento do desenvolvimento da planta.

Como visto, um dos objetivos destacados no Programa Municipal de Arborização Urbana da cidade de São Paulo é a conscientização popular (Galhardo *et al.*, 2017), que pode ser obtida através de ações que usem a informação dos inventários para educação ambiental (Porto, 2017). Para além de ações pontuais, a participação popular pode ser potencializada se houver disponibilização de acesso às informações, que permita o acompanhamento, a fiscalização e, inclusive, a comunicação entre cidadãos e administração pública (Galhardo *et al.*, 2017). Na contemporaneidade, o ambiente ideal para disponibilização do inventário é a Internet, como nos casos das cidades de Campinas, no Brasil, e Nova York, nos EUA.

O “Portal de Árvores de Campinas”³, segundo Porto (2017), é um banco de dados geográfico disponível *online*, que foi lançado em 2015 através de uma parceria entre a Prefeitura Municipal de Campinas e a EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Nele é

³ O “Portal de Árvores de Campinas” é acessado em: <http://mapas.cnpm.embrapa.br/arvores_campinas/>.

possível diferenciar a arborização por tipo (árvores, palmeiras, arbustos e mudas), verificar as densidades de vegetação, podendo ainda fazer a separação por vias, bairros ou macrozonas. O “New York City Tree Map”⁴, conforme Galhardo *et al.* (2017), dispõe de dados de 641.540 indivíduos da arborização viária, com base em 3 censos arbóreos realizados nos anos de 1995-1996, 2005-2006 e 2015-2016, a partir do engajamento voluntário de mais de 2000 pessoas. No mapa *online* é possível verificar os dados agregados por bairro, ou individuais de cada árvore (como a imagem da folha; fotografia do indivíduo ligada ao Google Street View; taxas de absorção de poluentes, interceptação de águas das chuvas etc.) (Galhardo *et al.*, 2017; Porto, 2017).

2.2. Desafios no cadastro da arborização viária

Provavelmente o maior desafio para a construção de inventários de arborização viária é a demanda de recursos, sejam eles pessoas, tempo, instrumental, treinamento e, principalmente, dinheiro. O tema da arborização geralmente não é visto como prioritário nas agendas políticas, o que dificulta ainda mais o acesso aos recursos necessários. Recursos que serão maiores quanto maior for o porte da cidade e a provável maior quantidade de indivíduos arbóreos a catalogar; e quanto maior for a quantidade de atributos a serem levantados (Lima Neto & Biondi, 2012), o que exige também a consultoria de profissionais especializados em botânica e áreas afins. Soma-se ainda a necessidade de repetição periódica dos censos da arborização, conseqüentemente do acesso aos recursos (Galhardo *et al.*, 2017).

Técnicas de sensoriamento remoto, com detecção de objetos por classificação de imagem, podem economizar o fator humano, reduzindo a necessidade de levantamentos *in loco*. Mas requerem sensores especializados e maior custo operacional, além da limitação de algumas árvores não serem perceptíveis (em razão de tamanho ou posicionamento) (Lisboa, 2017). Para economizar recursos em coletas *in loco*, Franco (2006) sugere a combinação de estratégias de levantamento, ou seja, algumas inventariadas sistematicamente a partir de um determinado ponto, e outras aleatórias a partir das visitas de manejo. Esse procedimento também poderia ser adotado para atualização constante do inventário, ao invés de um censo periódico.

Ainda para economia de recursos em levantamentos *in loco*, Lisboa (2017) cita o mapeamento colaborativo, através de conceito de informação geográfica voluntária (VGI, *Volunteered Geographic Information*). A VGI é definida como um fluxo contínuo de dados, produzidos por qualquer pessoa (conscientemente ou não) e obtidos a partir de diferentes mídias (ex.: câmeras, redes sociais, *check-ins*, etc.), sendo algo facilitado com a universalização dos *smartphones*. Além de recorrentes críticas quanto a privacidade dos dados pessoais móveis, existe o risco de problemas de confiabilidade de informações produzidas conscientemente por pessoas leigas.

⁴ O “New York City Tree Map” pode ser acessado em: <<https://tree-map.nycgovparks.org/>>.

Galhardo *et al.* (2017) aponta a carência de orientações aos usuários e o foco em informações meramente aproximadas como justificativas para baixa qualidade e confiabilidade de dados produzidos com viés participativo. Ficam então algumas perguntas importantes de serem respondidas antes da decisão por procedimentos de levantamentos colaborativos voluntários: 1) há chance de produção de informações (e em excesso) com erros (de posicionamento, de conteúdo, de ortografia etc.); 2) como assegurar veracidade de informações especializadas (como o nome científico) preenchidas por pessoas leigas?; 3) a economia de recursos no levantamento *in loco* compensa o custo de possíveis curadorias de dados para acompanhamento e correções dos erros?

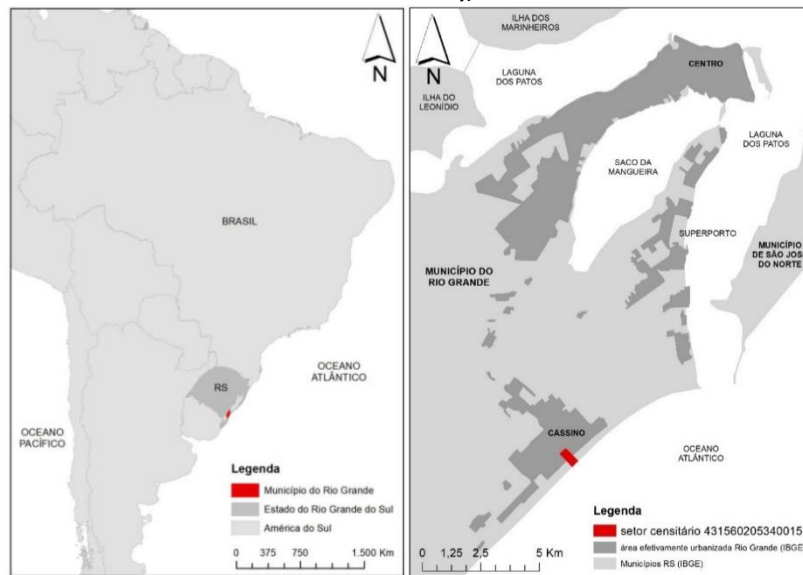
3. Método e resultados

O método de trabalho foi dividido em 5 etapas, a saber: 1) seleção e caracterização da área de estudos; 2) seleção de atributos e coleta de dados; 3) sistematização de banco de dados e construção de SIG; 4) construção e disponibilização do mapa dinâmico na *web*; 5) análises estatísticas.

3.1. Seleção e caracterização da área de estudos

Este estudo tem como objetivo modelar a situação da arborização viária através da construção de um inventário para a cidade do Rio Grande. Trata-se de uma cidade de porte médio, com população de 211.965 pessoas (estimada pelo IBGE (s.d.) para 2020), localizada no estado do Rio Grande do Sul (RS), no extremo sul do Brasil (Figura 1). Sobre a arborização viária, tem-se apenas o panorama medido pelo IBGE (s.d.) para 2010, quando a cidade possuía 65% das vias públicas arborizadas.

Figura 1: Localização do Município do Rio Grande, à esquerda, e da área de estudo (setor censitário 431560205340015), à direita.



Fonte: base em dados do IBGE (malhas dos municípios, de 2019, e áreas urbanizadas, de 2015⁵),

A Lei Municipal nº 6832/2009 (Rio Grande, 2009), que dispõe sobre o Plano Diretor de Arborização Urbana, cita o inventário, mas é desconhecido que a administração pública possua um cadastro informatizado, em SIG, do patrimônio arbóreo municipal. Essa carência ajuda a justificar a importância da elaboração do presente estudo. Entretanto, sendo uma cidade de porte médio, o inventário completo de todos indivíduos arbóreos demandaria muito tempo e recursos financeiros. Principalmente considerando-se que a equipe deste trabalho contou com apenas 2 pessoas diretamente ligadas ao estudo e outras 2 voluntárias. Por isso optou-se por aplicar a metodologia em uma área de estudo pequena, como um protótipo para avaliar limitações metodológicas, com facilidade para rapidamente corrigir eventuais erros.

O recorte espacial foi definido como o setor censitário 34 (de código 431560205340015, para o IBGE), localizado no bairro balneário Cassino. Esse setor possui 13 quarteirões, em uma área retangular urbanizada com cerca de 340x440 metros, mais uma área de dunas não urbanizada. Sua escolha não foi meramente aleatória, pois buscou-se que o recorte espacial representasse uma pluralidade urbanística: presença de avenida coletora e ruas locais; vias pavimentadas e outras em areia; vias com canteiro central e outras sem; vias largas e outras estreitas; calçadas largas e outras estreitas; calçadas com pavimentação e outras sem; quadras residenciais, outras mistas e algumas predominantemente comerciais. Todas essas características são encontradas no referido setor 34.

⁵ As bases espaciais e setores censitários podem ser encontrados na área para download de geociências no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>>.

3.2 Seleção de atributos e coleta de dados

Para a seleção dos atributos havia a intenção de contatar o setor de arborização urbana da administração pública municipal, entretanto por problemas de agenda isso não foi possível. Devido aos prazos institucionais para finalização do estudo (originalmente um trabalho de conclusão de curso), a seleção dos atributos acabou ocorrendo de modo discricionário pela própria equipe de trabalho, com embasamento na revisão literária. Os atributos escolhidos foram: 1) nome vulgar; 2) nome científico; 3) família; 4) idade (muda, jovem, adulta, morta); 5) tipo de folhagem (perene, caducifólia); 6) tipo de copa; 7) tipo de raiz; 8) presença de fruto; 9) época da frutificação; 10) presença de flor; 11) época da floração; 12) diâmetro do tronco; 13) última poda; 14) estado de conservação. Além desses: 15) nome do logradouro; 16) latitude; 17) longitude; 18) fotografia; 19) data do levantamento; 20) observações (campo livre para anotações).

Além de prancheta para anotações de dados visíveis dos atributos, também foram utilizados como instrumentos: 1) câmera fotográfica Nikon 5100; 2) GPS Garmin, no modelo Etrex. O GPS foi posicionado o mais próximo das árvores, de modo que o erro de distância ficasse o menor possível. Quanto as fotografias, foram feitas imagens de árvore (ou arvoreta, ou arbusto), preferencialmente em sentido retrato, que mostrassem sua totalidade na altura e largura. Também imagem de sua folha, flor e fruto, quando houvesse. As fotografias complementares foram úteis para identificação das espécies com apoio em literatura técnica e auxílio de biólogo colaborador⁶.

Apesar de constarem os 20 atributos no banco de dados criado, não foram levantados dados sobre tipo de copa e tipo de raiz, bem como sobre diâmetro do tronco e última poda. As saídas de campo para o levantamento de dados ocorreram entre os meses de agosto e setembro de 2019, no período do inverno, também por razão dos prazos institucionais. Isso resultou em uma limitação do estudo, pois foi encontrada a presença de muitas árvores sem folhagem, ou com poda drástica recente. Ambas situações que trouxeram dificuldades para identificação das espécies e do tipo de copa.

3.3. Sistematização de banco de dados e construção de SIG

Após as saídas de campo, os dados foram organizados planilha em Excel. As fotografias foram armazenadas em diretório Google Drive e um *hyperlink* foi gerado e adicionado à planilha. As coordenadas foram descarregadas do GPS com suporte do *software* TrackMaker. Os pontos coletados pelo GPS, associados ao *datum* SIRGAS 2000 zona 22S, foram exportados na extensão kml (*keyhole markup language*). Esse arquivo foi convertido em *shapefile* e vinculado à planilha, unindo assim os dados tabulares aos espaciais.

⁶ Considerando que a equipe deste trabalho foi formada por um arquiteto urbanista e três estudantes de geoprocessamento, foi necessário o suporte de alguém com conhecimento em botânica.

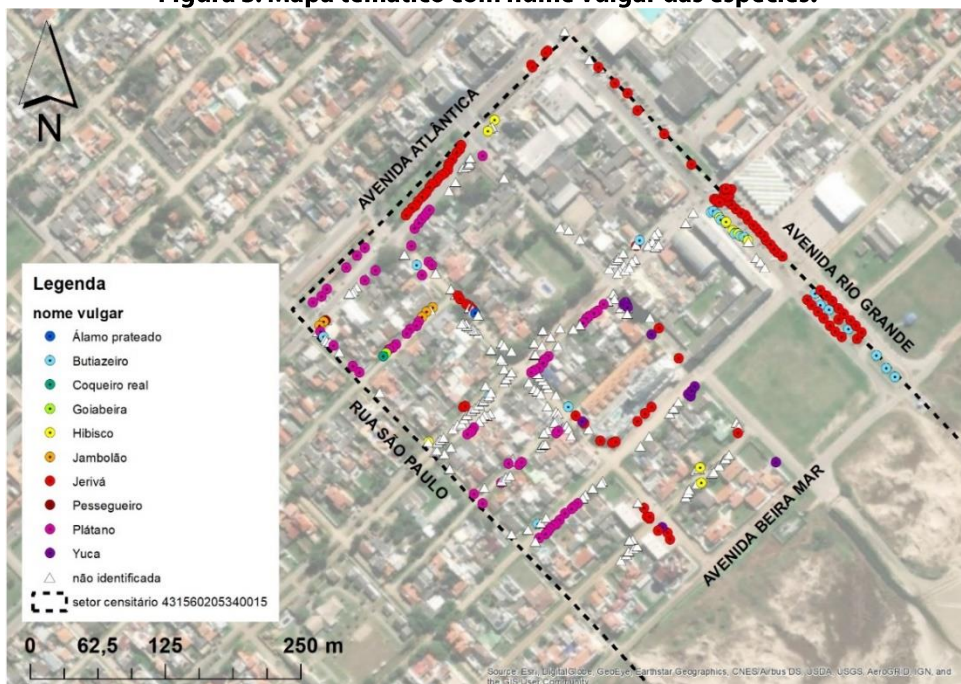
Com isso foi possível gerar um mapa final da localização dos 427 indivíduos que compõem o patrimônio arbóreo na área de estudos (Figuras 2 e 3), além de outros mapas temáticos conforme os atributos levantados. Visualmente os mapas já permitem perceber o resultado de uma desigualdade nas quadras, com algumas não possuindo nenhuma árvore em calçadas, como, por exemplo, em todas as 3 quadras da Av. Beira Mar.

Figura 2: Mapa de totalidade dos cultivos arbóreos no setor censitário 34.



Fonte: dos autores.

Figura 3: Mapa temático com nome vulgar das espécies.

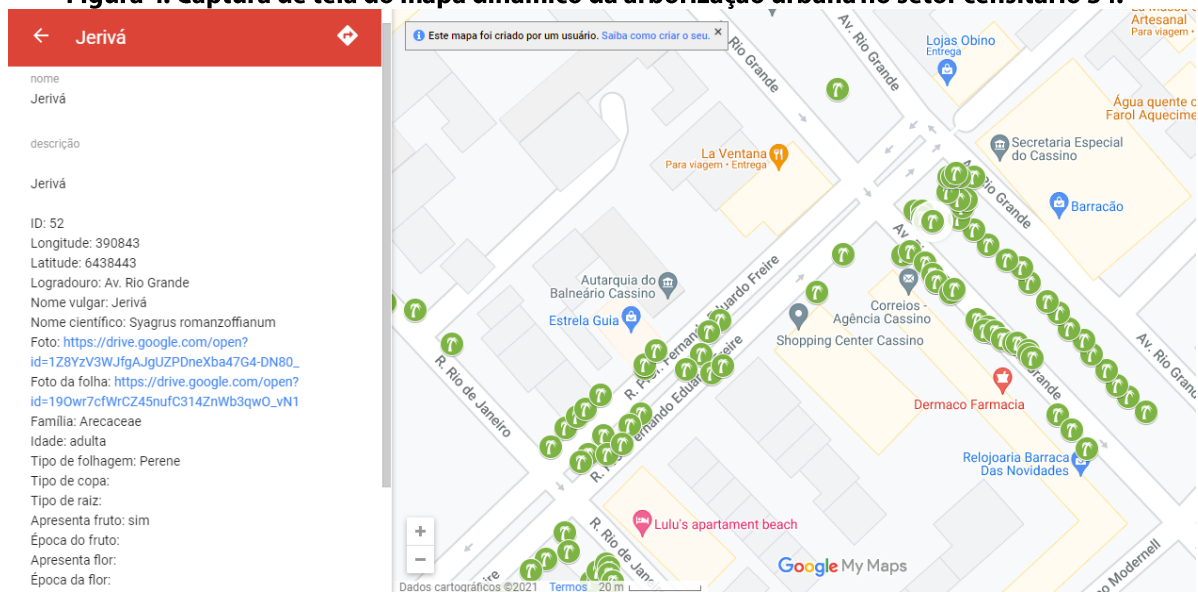


Fonte: dos autores.

3.4. Construção e disponibilização do mapa dinâmico na web

Para o desenvolvimento do mapa dinâmico *online*⁷ (Figura 4) foi usado o serviço MyMaps, disponibilizado gratuitamente pelo Google. É necessário o procedimento de conversão do arquivo *shapefile* em *kml*, o que foi realizado no *software* ArcGIS. Em seguida, no ambiente do MyMaps os pontos são inseridos com o comando “adicionar camada”, trazendo junto todas demais informações do banco de dados. Os ícones para os pontos podem ser customizados. Para disponibilizar livremente o mapa dinâmico na Internet é necessário que as configurações de compartilhamento estejam definidas para “público na web”. O *link* do mapa dinâmico pode então ser divulgado em *sites* institucionais ou em redes sociais, conforme estratégia de compartilhamento desejada.

Figura 4: Captura de tela do mapa dinâmico da arborização urbana no setor censitário 34.



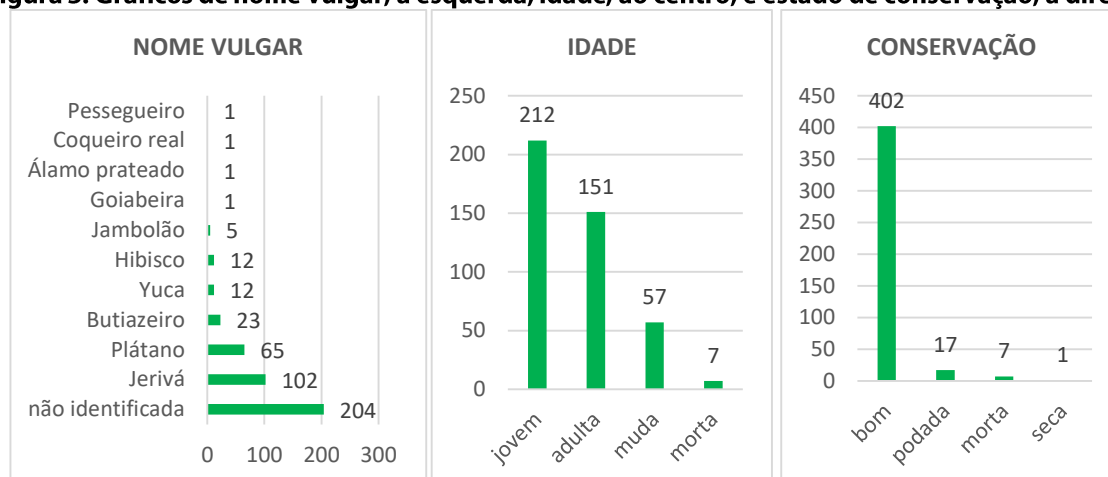
Fonte: dos autores.

3.5. Análises estatísticas

Além das análises visuais possibilitadas pela espacialização dos pontos e seus mapas temáticos, os dados tabulares também podem ser transformados em gráficos que possibilitam análises quantitativas. A Figura 5 traz três exemplos de gráficos gerados.

⁷ O mapa dinâmico está disponível em: <https://www.google.com/maps/d/u/0/viewer?hl=pt-BR&mid=1nCsW2ufGr_LCDkwyvOLPkFCiffiK0CO&ll=-32.186251884476235%2C-52.15905591408699&z=17>.

Figura 5: Gráficos de nome vulgar, à esquerda; idade, ao centro; e estado de conservação, à direita.



Fonte: dos autores.

Quanto ao nome vulgar, percebe-se que quase metade dos indivíduos não foi identificada, principalmente em pelo levantamento ter sido realizado no inverno, com vários casos de ausência de folhagem ou poda drástica. Mesmo assim, dentre aquelas identificadas, destaca-se a grande quantidade de jerivás, localizados principalmente nas avenidas Rio Grande e Atlântica (Figura 2). Ainda que nenhuma árvore não identificada seja um jerivá (que é de fácil diferenciação), estes já totalizam 23,49% na área, um percentual acima da recomendação de um máximo de 15% para uma mesma espécie (Grey & Deneke, 1986 *apud* Barros *et al.*, 2010). Silva (2016) alerta que o limite de 15% é importante para evitar problemas fitossanitários, como o alastramento de pragas em indivíduos semelhantes, dada a falta de diversidade.

Quanto à idade, quase metade dos indivíduos (49,65%) são considerados jovens, evidenciando uma arborização realizada há poucos anos, principalmente nas vias locais e de caráter residencial. As mudas são em maioria jerivás e se localizam principalmente no canteiro central da Av. Rio Grande. Poucas são árvores mortas, com troncos cortados, mas sem remoção das raízes.

Quanto ao estado de conservação, a imensa maioria (94,15%) foi considerada em bom estado, saudáveis. Mas as árvores que sofreram poda drástica deixam dúvidas sobre a recuperação de seu estado de vitalidade. Silva (2016) indica que as podas podem ser utilizadas com a finalidade de corrigir defeitos estruturais, corrigir a copa de árvores danificadas, manter distância segura entre galhos e fiação elétrica, reduzir risco de acidentes, adequar a copa à paisagem urbana e melhoria de aspectos estéticos. As podas drásticas geralmente desagradam a população, mas ainda que podas sejam recomendadas em alguns casos, segundo Schuch (2006), podem ser evitadas quando as espécies plantadas são compatíveis com as condições urbanas do local. Nesse sentido, percebe-se a falta de atributos do ambiente construído no protótipo de inventário, como por exemplo os conflitos com a fiação, a largura de calçada, ou o distanciamento entre as árvores e o alinhamento predial. São atributos que poderiam auxiliar na avaliação da necessidade ou não das podas drásticas.

Considerações finais

A ciência urbana vem apontando diversos benefícios da arborização nas cidades, seja em áreas verdes ou ao longo das vias. Benefícios inclusive explorados pelo mercado imobiliário e de turismo. Apesar disso, para uma parte da sociedade o que se destaca são os problemas causados pelos conflitos da vegetação, por exemplo, com fiação elétrica, tubulações, calçadas, muros, automóveis. Mesmo que 65% de vias arborizadas, medido pelo IBGE (s.d.) para Rio Grande, possa ser considerado um valor positivo, a sensação empírica é de que a cidade está gradualmente com menos árvores. Verificar não somente o percentual de vias com árvores, mas a quantidade de indivíduos arbóreos em cada via, sua distribuição e características ajuda a justificar a importância da elaboração de um inventário, iniciado através de um estudo piloto para uma pequena área do bairro Cassino, o que foi relatado ao longo deste trabalho.

Como dito anteriormente, o estudo original que deu origem a este artigo é um trabalho de conclusão de curso, o qual possui prazos institucionais para conclusão. O atendimento a esses prazos trouxe como consequência algumas limitações do estudo, a saber: 1) a falta de contato com o órgão municipal responsável pela arborização na cidade, de modo a verificar demandas de atributos úteis/relevantes para a construção do banco de dados; 2) a realização da coleta de dados no período do inverno, quando muitas árvores estavam sem as folhas ou com poda drástica, dificultando a identificação das espécies; 3) mesmo para os indivíduos arbóreos que estavam com folhas, a identificação de algumas espécies careceu da colaboração externa para conhecimentos específicos em botânica; 4) alguns atributos foram colocados no banco de dados, mas não foram medidos e preenchidos, o que diminuiu a possibilidade de outras análises estatísticas para caracterização da situação no recorte espacial e exemplificação do potencial do inventário.

Ao longo do trabalho, percebeu-se ainda a ausência de atributos relacionados ao ambiente construído que refletissem possíveis conflitos com fiação, tubulações, sinalização, calçadas e edificações. São atributos que podem auxiliar o planejamento para tomada de decisão sobre podas, ou ainda sobre a substituição de árvores que gerem conflito por outras adequadas ao ambiente. Todavia, mesmo que os atributos houvessem sido incluídos no protótipo de inventário, ainda assim seriam encontradas limitações para obtenção de dados de conflitos de raízes com tubulações (ou outras redes subterrâneas), visto que não são aparentes a quem estiver fazendo a coleta de dados *in loco*. Nesse caso, a sugestão é de considerar o potencial de conflito baseado na espécie.

Quanto aos atributos relacionados à vegetação, percebeu-se a falta de dois considerados bastante importantes: situação fitossanitária (ou presença de pragas/parasitas); e a origem da espécie. Conhecer a situação fitossanitária é relevante para ações corretivas e de acompanhamento por parte do órgão público responsável. A classificação de origem da espécie como “nativa”, “exótica” ou “exótica invasora”, além do tipo “árvore de preservação permanente”, aparece inclusive na já referida

Lei Municipal nº 6832/2009 (Rio Grande, 2009). O uso de espécies nativas de cada região não é uma prática comum do planejamento da arborização urbana no Brasil (Barros *et al.*, 2010), mas traria benefícios por favorecer a presença da fauna local e a manutenção da estrutura das plantas (além da floração e frutificação), pois estariam mais adaptadas ao clima e condições biogeográficas (Jerônimo *et al.*, 2019). Por exemplo, conhecer a localização e idade de espécies exóticas invasoras pode auxiliar na decisão pela sua preservação ou substituição.

A inclusão desses atributos torna-se então uma indicação de melhoria para trabalhos futuros. Outra indicação é fazer a análise da concentração ou dispersão de árvores a partir de mapas de densidades, com método de Kernell. Análises que podem ser desagregadas quanto à idade, porte, origem, estado de conservação etc., e assim fornecer subsídios potenciais para, por exemplo, decidir onde priorizar novos plantios ou o manejo. Com a expansão para mais setores censitários, cobrindo toda área urbanizada do bairro (e sucessivamente até cobrir toda cidade), os resultados de densidades tornar-se-ão mais representativos da realidade urbana. Resultados que podem ainda ser correlacionados com características socioespaciais, tais como densidade populacional ou renda média, e trazer melhores informações para o debate sobre as desigualdades.

O mapa dinâmico na plataforma MyMaps tem como vantagem a facilidade de operação tanto para criação do próprio mapa quanto para divulgação dos dados, seja pelos criadores ou pelos usuários que visualizam a informação. É uma plataforma simples e gratuita, porém com funcionalidades limitadas para maior complexidade. Por exemplo, não é possível que usuários façam análises espaciais como os sugeridos mapas de Kernell. Uma outra sugestão, que demandaria uma plataforma de maior complexidade e maiores recursos financeiros, é o plaqueamento das árvores com um *QR code* (ou similar). Dessa maneira, tanto a população quanto os técnicos de manejo poderiam apontar um *smartphone* para a placa instalada na árvore e acessar seus dados no inventário. Informações que podem ser de caráter técnico, como num inventário tradicional, ou informações alternativas de caráter de educação ambiental ou mesmo lúdico-turístico.

Este trabalho é provavelmente a primeira iniciativa de um inventário de arborização para a cidade do Rio Grande, com uso de geotecnologias. Apesar das limitações encontradas, é entendido que o método adotado é simples o suficiente para ser replicado e compreendido por técnicos da gestão municipal, sendo potencialmente eficiente para atividades de planejamento e manejo (com a adição dos novos atributos sugeridos). Embora o processo de coleta de dados seja bastante lento, e também exija conhecimentos específicos de botânica. Ainda assim, espera-se que a discussão proporcionada por esse estudo piloto possa auxiliar na efetiva elaboração de um inventário para Rio Grande, ou outras localidades, trazendo subsídios para um melhor planejamento urbano e futuras cidades mais verdes.

Agradecimentos

Ao curso técnico em Geoprocessamento e ao Núcleo de Arquitetura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, IFRS, Campus Rio Grande, pela oportunidade da realização do estudo original que deu origem ao conteúdo presente neste artigo. Também às acadêmicas Gloria Silveira Torres e Lorayne Pereira da Silva Magalhães, do curso de Geoprocessamento, pelo apoio nos levantamentos de campo.

Referências

- AGHAABBASI, M. et al. Evaluating the capability of walkability audit tools for assessing sidewalks. **Sustainable Cities and Society**, v. 37, n. September 2017, p. 475–484, 2018.
- ANDRADE, M. N. M. M. DE; JERONIMO, C. E. DE M. Diagnóstico da arborização do espaço urbano da cidade de João Pessoa, PB. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 194–208, 2015.
- ANGUELOVSKI, I. et al. New scholarly pathways on green gentrification: What does the urban “green turn” mean and where is it going? **Progress in Human Geography**, v. 43, n. 6, p. 1064–1086, 2018.
- BARROS, E. F. S.; GUILHERME, F. A. G.; CARVALHO, R. DOS S. Arborização urbana em quadras de diferentes padrões construtivos na cidade de Jataí. **Revista Árvore**, v. 34, n. 2, p. 287–295, 2010.
- BORGES, D. A. B. et al. Análise da arborização urbana na cidade de Patos/PB. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, n. 4, p. 1343–1359, 2018.
- CAIN, K. L. et al. Social Science & Medicine Contribution of streetscape audits to explanation of physical activity in four age groups based on the Microscale Audit of Pedestrian Streetscapes (MAPS). **Social Science & Medicine**, v. 116, p. 82–92, 2014.
- CAMBRA, P. **Pedestrian accessibility and attractiveness indicators for walkability assessment**. 2012. 120f. Dissertação (Mestrado em Urbanismo e Ordenamento do Território) - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa (Portugal), 2012.
- CAMPOS, T. DE. **Geoprocessamento aplicado ao estudo da arborização da UTFPR - Câmpus Dois Vizinhos**. 2018. 60f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal Tecnológica do Paraná, Dois Vizinhos (PR), 2018.
- CRISPIM, M. P.; PALHANO, E. D. O.; CARVALHO, S. M. Tendências de pesquisa em arborização de vias públicas com uso de geotecnologias. In: **Anais da XXV Semana de Geografia da UEPG**. Ponta Grossa (Brasil): Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2018. Disponível em: <https://siseve.apps.uepg.br/storage/xxvgeografia/19_Miguel_Paes_Crispim-153580826113894.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2021.
- DE CASTRO, H. S.; DIAS, T. C. A. DE C.; AMANAJÁS, V. V. V. As geotecnologias como ferramenta para o diagnóstico da arborização urbana: o caso de Macapá, Amapá. **Revista Ra’e Ga**, v. 38, p. 146–168, 2016.
- FRANCO, V. S. DE M. **Gerenciamento da arborização da área do Campus da UFMG utilizando ferramentas SIG**. 2006. 44f. Monografia (Especialização em Geoprocessamento) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte (MG), 2006.
- GALHARDO, C. et al. Ciberdemocracia e arborização urbana: Um estudo sobre informações digitais públicas de São Paulo e Nova Iorque. In: **Anais do VI SINGEP**. São Paulo: VI Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade; V Encontro Luso-Brasileiro de Estratégia, 2017. Disponível em: <<http://www.singep.org.br/6singep/resultado/282.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2021.
- IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). **IBGE | Cidades@ | Brasil | Rio Grande do Sul | Rio Grande | Panorama**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/rio-grande/panorama>>. Acesso em: 20 jul. 2021.

- IMMERGLUCK, D.; BALAN, T. Sustainable for whom? Green urban development, environmental gentrification, and the Atlanta Beltline. **Urban Geography**, v. 39, n. 4, p. 546–562, 2018.
- ITDP BRASIL (INSTITUTO DE POLÍTICAS DE TRANSPORTE & DESENVOLVIMENTO). **Índice de Caminhabilidade 2.0: ferramenta**. Rio de Janeiro: [s.n.]. Disponível em: <<https://itdpbrasil.org.br/icom2/>>. Acesso em: 8 mai. 2020.
- JARDIM, J. P.; UMBELINO, G. Mapeamento de áreas verdes e da arborização urbana: estudo de caso de Diamantina, Minas Gerais. **Revista Espinhaço**, v. 9, n. 2, p. 28–39, 2020.
- JERÔNIMO, F. F.; GOMES, S. E. M.; QUIRINO, Z. G. M. Inventário das árvores urbanas da cidade de Rio Tinto/PB. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 10, n. 1, p. 1–9, 2019.
- LIMA NETO, E. M. DE; BIONDI, D. Delineamento de unidades amostrais para o inventário da arborização de ruas em Curitiba, PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, p. 107–118, 2012.
- LISBOA, P. G. **Mapeamento colaborativo de árvores urbanas**. 2017. 68f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba (PR), 2017.
- PORTO, L. R. **Georreferenciamento e processamento de imagens de sensoriamento remoto aplicados à análise da arborização urbana em Londrina**. 2017. 56f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal Tecnológica do Paraná, Londrina (PR), 2017.
- RIO GRANDE (MUNICÍPIO). **Dispõe sobre o Plano Diretor de Arborização Urbana do Município do Rio Grande. Lei Municipal nº 6832, de 31 de dezembro de 2009**. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/rs/r/rio-grande/lei-ordinaria/2009/684/6832/lei-ordinaria-n-6832-2009-dispoe-sobre-o-plano-diretor-de-arborizacao-urbana-do-municipio-do-rio-grande?q=plano+arborizacao>>. Acesso em: 20 jul. 2021.
- SCHUCH, M. I. S. **Arborização urbana: uma contribuição à qualidade de vida com uso de geotecnologias**. 2006. 102f. Dissertação (Mestrado em Geomática) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria (RS), 2006.
- SILVA FILHO, D. F.; COSTA, F. P. DA S.; POLIZEL, J. Planejamento da arborização urbana da cidade de Engenheiro Coelho-SP: uso de SIG e de inventário amostral. **Revista Geografia em Atos**, v. 1, n. 12, p. 1–8, 2012.
- SILVA, J. P. DA. **Arborização urbana no município de Mossoró/RN: diagnóstico e propostas**. 2020. 68f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró (RN), 2020.
- SILVA, K. A. R. DA. **Caracterização e geoprocessamento como ferramenta para o manejo da arborização urbana do bairro Centro na Cidade do Rio de Janeiro**. 2016. 32f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica (RJ), 2016.
- SILVA, S. T. DA; SOUSA, B. H. DE. Diagnóstico da arborização urbana do município de Guarabira-Paraíba. **Paisagem e Ambiente**, n. 41, p. 167–184, 2018.
- VAN DER WALT, C. M. **Creating a South African walkability audit tool to guide the planning of pedestrian friendly spaces**. 2020. 130f. Dissertação (Master of Science in Urban and Regional Planning) - North-West University, Potchefstroom (South Africa), 2020.
- VIGNOLA JÚNIOR, R. ArbVias: método de avaliação da arborização no sistema viário urbano. **Paisagem e Ambiente**, n. 35, p. 89, 2015.