

Artigos

Análises diretivas para o processo de gestão da arborização de calçadas em São Pedro do Sul, RS

Directive analyzes for the management process of the trees planted on sidewalks in São Pedro do Sul, RS state

Bruno Moreira Felipe^I , **Marina Rigon Bolzan^{II}** 
Fernando Coelho Eugenio^{III} , **Rogério Bobrowski^{IV}** 

^IUniversidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil

^{II}Pesquisadora Autônoma, São Pedro do Sul, RS, Brasil

^{III}Universidade Federal de Santa Maria, Cachoeira do Sul, RS, Brasil

^{IV}Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, PR, Brasil

RESUMO

O planejamento e manejo da arborização viária são indispensáveis para o desenvolvimento urbano sustentável e requerem o conhecimento da situação existente. A identificação e a distribuição das espécies florestais presentes nas vias públicas são fundamentais para subsidiar o planejamento adequado da arborização viária. A partir dessas informações, pode-se realizar a caracterização geral do local de interesse e identificar áreas prioritárias para ações de manejo. Dessa maneira, o presente estudo teve como objetivo identificar áreas prioritárias para intervenções na arborização viária de São Pedro do Sul e verificar a influência das espécies vegetais exóticas no índice de diversidade. Realizou-se um censo quantitativo coletando-se informações sobre a posição geográfica das árvores e arbustos e identificação das espécies vegetais. Determinaram-se as frequências para famílias e espécies e calculou-se o índice de Shannon-Wiener (H') para diversidade de espécies. A espacialização das árvores dentro dos limites dos bairros e vias foi realizada por meio de um mapa de Kernel. Por fim, obteve-se a densidade de indivíduos por quilômetro de via em cada bairro. Foram catalogados 3365 indivíduos, dos quais 98 não foram passíveis de identificação. Registrou-se a presença de 91 espécies, distribuídas em 34 famílias. A família Fabaceae obteve a maior densidade de indivíduos (19,55%). As espécies exóticas concentraram 63,98% da população, sendo a espécie *Ligustrum lucidum* a mais frequente (15,66%). O município obteve valores médios de 41,18 árvores por quilômetro de via e índice de diversidade de 3,22. O índice de atenção possibilitou identificar os bairros com maiores necessidades de adequação quanto à densidade da arborização viária. O mapa de Kernel possibilitou a visualização da distribuição da arborização viária. Observou-se também que a diversidade de espécies vegetais mensurada em cada bairro está representada essencialmente por espécies vegetais exóticas invasoras e que, à medida que os valores de diversidade aumentam, a composição da arborização com árvores de espécies invasoras se destaca.

Palavras-chave: SIG; Arborização viária; Índice de diversidade; Índice de Kernel; Densidade

ABSTRACT

The planning and management of street trees are indispensable for sustainable urban development and requires knowledge of the existing situation. The identification of forest species which are present on streets and their distributions is essential to support the adequate planning of street afforestation. This information enables to carry out the general characterization of the place of interest and identify priority areas for management actions. Thus, the present study aimed to identify priority areas for interventions in urban street trees of São Pedro do Sul and to verify the influence of exotic species on the diversity index. A census was carried out collecting information about the tree species and their geographic positions, checking it with the specialized literature. The frequencies for families and species were obtained, the Shannon-Wiener index (H') was calculated for species diversity. The spatialization of trees within the limits of neighborhoods and roads was carried out using a Kernel map. Finally, the density of individuals per kilometer of road in each neighborhood was obtained. 3365 trees were cataloged, of which 98 were not possible to be identifiable. The presence of 91 species was registered, distributed in 34 families. The Fabaceae family obtained the highest density of individuals (19.55%). Exotic species concentrated 63.98 % of the population, with *Ligustrum lucidum* being the most frequent species (15.66%). The municipality obtained average values of 41.18 trees per kilometer of road and a diversity index of 3.22. The attention index made it possible to identify the neighborhoods with the greatest need for adaptation in terms of the density of road afforestation. The Kernel map made it possible to visualize the distribution of the road afforestation. It was also observed that the diversity of tree species measured in each neighborhood is represented essentially by invasive alien species and that as the diversity values increase, the composition of afforestation with invasive species trees stands out.

Keywords: GIS; Street trees; Diversity index; Heat map; Density

1 INTRODUÇÃO

As árvores presentes em meio urbano interagem com o ambiente no qual estão inseridas, influenciando e sofrendo influências desse meio. Em suas diferentes tipologias (parques, praças, arborização de calçadas, dentre outras), as florestas urbanas promovem inúmeros benefícios e contribuem para a melhoria da qualidade de vida nas cidades (BIONDI, 2015; ROELAND *et al.*, 2019). Dessa maneira, diversos autores buscam entender e avaliar os benefícios promovidos pelas florestas urbanas e seus impactos no ciclo hidrológico, conforto térmico, poluição (LIVESLEY; MCPHERSON; CALFAPIETRA, 2016), saúde e bem-estar (WOLF *et al.*, 2020).

O planejamento adequado da implantação e manejo das florestas urbanas são importantes para a obtenção dos benefícios promovidos pela vegetação nas cidades e para evitar conflitos com os equipamentos de infraestrutura urbana (BOBROWSKI,

2011). Entretanto, devido à pressão causada na vegetação durante o processo de urbanização, diversos estudos relacionados às florestas urbanas têm sido realizados como forma de mitigar os efeitos negativos ocasionados pela falta de planejamento (MARIA; BIONDI; ZAMPRONI, 2019).

Em inventários florestais utilizados na caracterização da arborização viária, são frequentemente utilizados os índices de Shannon-Wiener e Odum, que expressam a diversidade de espécies e auxiliam no conhecimento da situação existente, subsidiando o planejamento de intervenções futuras de modo a promover a adequação de espécies e indivíduos (BIZ *et al.*, 2016; MARIA; BIONDI; ZAMPRONI, 2019).

Dentre as espécies vegetais presentes nas vias públicas, é possível observar com frequência um grande número de espécies exóticas e exóticas invasoras na área urbana de municípios da região sul (BOENI; SILVEIRA, 2011; NESI, 2020; SANTOS *et al.*, 2019). Conforme SEMA (2013), as espécies exóticas são aquelas capazes de sobreviver e se reproduzir fora da sua área natural de distribuição. Por sua vez, as espécies exóticas invasoras se adaptam e invadem o ambiente de espécies nativas, produzindo alterações nos processos ecológicos, composição e riqueza de espécies, tendendo a se tornarem dominantes.

Os Sistemas de Informações geográficas (SIG) auxiliam na obtenção de informações sobre a arborização viária, permitindo a incorporação de dados sobre variáveis contínuas e discretas em bancos de dados georreferenciados, possibilitando a realização de análises complexas e facilitando a visualização e síntese dos resultados (VIGNOLA JÚNIOR, 2015). A utilização dessas ferramentas pode auxiliar na tomada de decisões, uma vez que permite o cruzamento de informações importantes ao manejo da arborização de vias públicas, tais como a localização das árvores e os conflitos com equipamentos urbanos (MAYER; FILHO; BOBROWSKI, 2014).

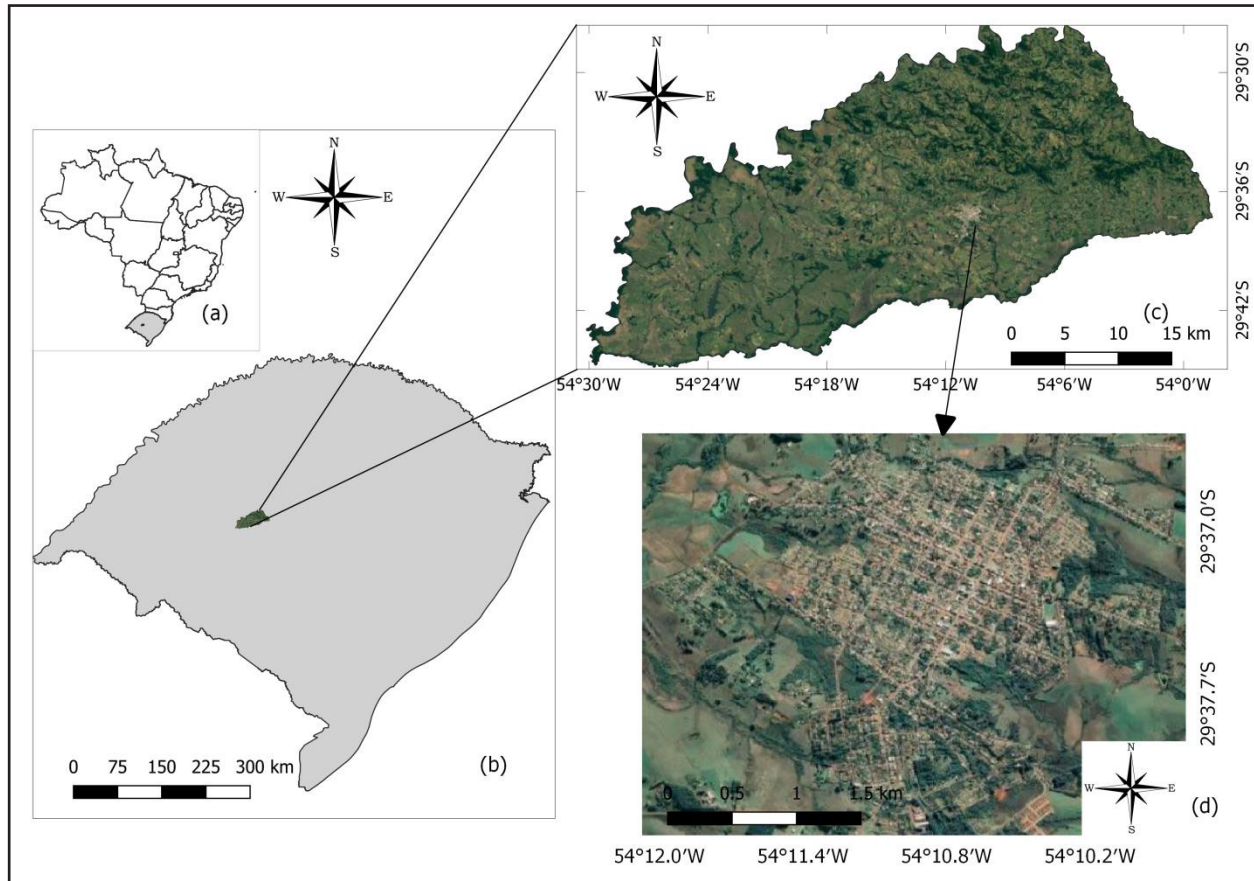
Devido à necessidade do conhecimento da arborização viária como auxílio ao planejamento e desenvolvimento urbano mais sustentável, o presente estudo teve como objetivo identificar as áreas prioritárias para a intervenção na vegetação e verificar a influência das espécies vegetais exóticas nos índices de diversidade da arborização viária.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área de estudo

Esta pesquisa foi realizada na cidade de São Pedro do Sul, a qual está localizada na região central do Estado do Rio Grande do Sul (Figura 1). O município possui aproximadamente 16.368 habitantes e uma economia baseada no setor de serviços e agropecuária, estando inserido nos Biomas da Mata Atlântica e Pampa (IBGE, 2010). O município pertence à região de transição entre o Planalto e a Depressão Central, sendo recoberto pela Floresta Estacional Decidual, que possui um papel importante na formação dos solos locais e atua como corredor ecológico (PEDRON; DALMOLIN, 2011).

Figura 1 – Localização da área de estudo. (a) Brasil; (b) Rio Grande do Sul, Brasil; (c) Município de São Pedro do Sul e (d) Área Urbana do município



Fonte: Autores (2021)

Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da região onde o município está inserido é classificado como Cfa – subtropical úmido com verões quentes e precipitações bem distribuídas durante o ano, variando entre 100 mm e 170 mm mensais. As temperaturas máximas e mínimas nos meses mais frios variam entre -3°C e 18°C, com temperatura média no mês mais quente superior a 22°C (ALVARES *et al.*, 2014).

Atualmente, o município não possui um plano de arborização urbana, nem equipe responsável pelas intervenções na vegetação, ficando a manutenção da arborização viária a cargo da própria população, sem considerações técnicas.

2.2 Coleta de dados

O método proposto para o inventário das espécies vegetais foi o censo florestal por caminhamento, no qual foram coletadas as posições geográficas de todas as espécies vegetais presentes nas vias públicas da cidade. O levantamento foi realizado entre maio e julho de 2020 por um técnico e um assistente. Os dados foram tabulados com refinamentos para revisão e identificação das nomenclaturas botânicas. Buscou-se identificar as famílias, gêneros e espécies conforme a classificação *Angiosperm Phylogeny Group* (APG III), utilizando-se os sites de busca Flora Digital (<http://www.ufrgs.br/fitoecologia/florars/index.php>) e SiBBr (<https://www.sibbr.gov.br/>) para a obtenção dos nomes científicos atualizados.

Os limites dos bairros foram obtidos a partir do georreferenciamento de um arquivo fornecido pela Secretaria de Municipal de Planejamento, possibilitando a extração dos vetores contendo os limites dos bairros em ambiente SIG, no aplicativo computacional QGIS versão 3.10. A extração dos vetores das vias municipais foi realizada com o auxílio da ferramenta livre OpenStreetMap (OSM), na qual, posteriormente, foi realizado um refinamento nos vetores extraídos e obtidos os comprimentos de cada segmento a partir da calculadora de campo.

Para uma melhor visualização e interpretação da distribuição da vegetação na malha urbana, foi realizada uma análise espacial pontual utilizando um estimador de densidade por Kernel quártico (MAYER; FILHO; BOBROWSKI, 2014). O estimador de intensidade por Kernel verifica, para cada localidade da área de estudo, o número e disposição dos indivíduos que ocorrem em um raio previamente estabelecido pelo pesquisador. Dessa maneira, foi estabelecido um raio limite de 15 metros para o presente estudo.

De posse dos dados do censo, foi criado um arquivo vetorial de pontos das espécies vegetais presentes na cidade, possibilitando, assim, a extração da densidade de diversidade de espécies nas vias públicas nos bairros. A diversidade de espécies por bairro foi determinada a partir do índice de Shannon-Wiener (H'), conforme Equação (1).

$$H' = -\sum si (\ln pi) \tag{1}$$

Em que: H' = índice de Shannon; s = número de espécies; pi = proporção da amostra contendo indivíduos da espécie i .

A fim de gerar informações úteis ao processo de gestão da arborização da cidade, determinou-se a distribuição das árvores e arbustos em relação ao comprimento total das vias, estabelecendo-se o número de indivíduos por quilômetro de rua (Árv/km), bem como a diversificação por espécies e árvores nativas e exóticas invasoras.

Os dados de Árv/km foram analisados por comparação à escala de atenção estabelecida por Iwama (2014), visando direcionar atenção para os bairros mais deficitários em arborização na cidade. Os dados de diversificação foram determinados por meio da metodologia proposta por Bobrowski, Aguiar e Cuchi (2020), em que se decompõem a diversidade total de espécies e o número de árvores e arbustos em quantidades proporcionais de espécies e árvores nativas e exóticas invasoras,

para fornecer informações mais adequadas ao processo de gestão da diversidade comparativa entre bairros, eliminando informações mascaradas com a presença de exóticas invasoras.

A partir do número total de espécies e de arbustos e árvores nativas e exóticas invasoras, determinou-se o índice de espécies nativas, o índice de espécies invasoras, índices de árvores e arbustos nativos e o índice de árvores invasoras (BOBROWSKI; AGUIAR; CUCHI, 2020). Para permitir análises gráficas, os dados desses índices foram convertidos em classes, sendo que, para os índices de natividade, foram adotadas cinco classes (Classe Alta - > 75; Classe Média - 50 - 75; Classe Baixa - 25 - 50; Classe Muito Baixa - < 25) e para os índices de invasoras outras cinco classes (Classe Muito Alta - > 75; Classe Alta - 50 - 75; Classe Média - 25 - 50; Classe Baixa - < 25), utilizadas tanto para os dados relacionados às espécies, quanto às árvores e arbustos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo identificou a presença de 3365 indivíduos localizados na malha viária da cidade, destes, 98 não foram identificados. Os indivíduos identificados pertenciam a 34 famílias, 74 gêneros e 91 espécies, sendo a família Fabaceae de maior representatividade (19,55%), seguida pela família Oleaceae, com apenas uma espécie e 15,66% dos indivíduos levantados. As famílias Meliaceae e Bignoniaceae também apresentaram densidade de indivíduos superior a 10% (Tabela 1).

Identificaram-se problemas relacionados à inadequação das espécies ao espaço disponível, tais como o plantio de árvores junto às esquinas, placas e entradas de garagens. Observou-se também a distribuição de exemplares na área central de passeios estreitos, área livre para o crescimento radicular pequena ou ausente, espaçamento reduzido entre árvores e porte inadequado. Além disso, diversas árvores apresentam sua arquitetura alterada devido às podas drásticas, apresentando sinais de problemas sanitários.

Tabela 1 – Distribuição quantitativa de cada espécie encontrada na arborização viária de São Pedro do Sul – RS, segundo a família, espécie, frequência absoluta (FA), frequência relativa (FR) e origem (O)

FAMÍLIA	ESPÉCIE	FA	FR (%)	ORIGEM
	<i>Acacia mearnsii</i> De Wild.	3		EI
	<i>Ateleia glazioviana</i> Baill.	1		E
	<i>Bauhinia forficata</i> Link.	7		N
	<i>Bauhinia variegata</i> L.	19		E
	<i>Caesalpinia pluviosa</i> DC.	40		N
	<i>Cassia fistula</i> L.	24		E
	<i>Delonix regia</i> (Hook.) Raf.	8		E
	<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	29		N
Fabaceae	<i>Erythrina cristagalli</i> L.	3	19,55	N
	<i>Inga marginata</i> Willd.	398		N
	<i>Inga vera</i> Willd.	11		N
	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	4		EI
	<i>Libidibia ferrea</i> (Mart. Ex Tul.) L.P. Queiroz	1		N
	<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan	16		N
	<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	47		N
	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F. Blake	15		N
	<i>Tipuana tipu</i> (Benth.) Kuntze	32		EI
Oleaceae	<i>Ligustrum lucidum</i> W.T. Aiton	527	15,66	EI
	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	10		N
Meliaceae	<i>Melia azedarach</i> L.	404	12,30	EI
	<i>Cordia americana</i> (L.) Gottschling & J.S. Mill	21		N
	<i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	189		N
Bignoniaceae	<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	55	11,50	N
	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don	118		E
	<i>Jacaranda puberula</i> Cham.	4		N
	<i>Lagerstroemia indica</i> L.	298		E
Lythraceae	<i>Punica granatum</i> L.	4	8,97	E
	<i>Eucalyptus</i> sp.	12		E
	<i>Eugenia involucrata</i> DC.	10		N
Myrtaceae	<i>Eugenia pyriformis</i> Cambess	1	5,88	N
	<i>Eugenia uniflora</i> L.	47		N

Continua ...

Tabela 1 – Continuação

FAMÍLIA	ESPÉCIE	FA	FR (%)	ORIGEM
Myrtaceae	<i>Myrcianthes pungens</i> (O. Berg) D. Legrand	9	5,88	N
	<i>Plinia cauliflora</i> (Mart.) Kausel	2		N
	<i>Psidium cattleianum</i> Afzel. ex Sabine	15		N
	<i>Psidium guajava</i> L.	81		EI
	<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels	20		EI
	<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston	1		E
Lauraceae	<i>Cinnamomum camphora</i> (L.) J. Presl	13	4,46	E
	<i>Cinnamomum burmannii</i> (Ness & T. Ness)	117		EI
	<i>Ocotea catharinensis</i> Mez	3		N
Moraceae	<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	3	3,63	N
	<i>Persea americana</i> Mill.	14		E
	<i>Ficus auriculata</i> Lour.	12		E
	<i>Ficus benjamina</i> L.	26		E
Rutaceae	<i>Ficus elastica</i> Roxb.	22	3,48	E
	<i>Morus</i> sp.	62		E
	<i>Citrus aurantiifolia</i> (Christm.) Swingle	3		E
	<i>Citrus x limonia</i> Osbeck	67		E
	<i>Citrus x reticulata</i> Blanco	3		E
Rhamnaceae	<i>Citrus x sinensis</i> (L.) Osbeck	43	2,32	E
	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	1		N
	<i>Hovenia dulcis</i> Thunb.	78		EI
Arecaceae	<i>Archontophoenix cunninghamiana</i> (H. Wendl.) H. Wendl. e Drude	11	1,84	EI
	<i>Butia eriospatha</i> (Mart. ex Drude) Becc.	9		N
	<i>Roystonea oleracea</i> (Jacq.) O.F. Cook	5		E
	<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	37		N
Malvaceae	<i>Brachychiton populneus</i> (Schott & Endl.) R.Br.	4	1,55	E
	<i>Hibiscus mutabilis</i> L.	44		E
	<i>Luehea divaricata</i> Mart.	4		N
Rosaceae	<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	16	1,31	EI
	<i>Prunus persica</i> (L.) Batsch	27		E
	<i>Pyrus communis</i> L.	1		E

Continua ...

Tabela 1 – Conclusão

FAMÍLIA	ESPÉCIE	FA	FR (%)	ORIGEM
Verbenaceae	<i>Aloysia gratissima</i> (Gillies e Hook.) Tronc.	1	0,92	N
	<i>Duranta erecta</i> L.	30		E
Anacardiaceae	<i>Lithraea brasiliensis</i> Marchand	1	0,65	N
	<i>Mangifera indica</i> L.	8		E
	<i>Schinus molle</i> L.	1		N
	<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	12		N
Salicaceae	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	9	0,56	N
	<i>Salix babylonica</i> L.	10		E
Annonaceae	<i>Annona sylvatica</i> A. St.-Hil.	15	0,45	N
Cupressaceae	<i>Cupressus</i> sp.	4	0,33	E
	<i>Thuja</i> sp.	7		E
Melastomataceae	<i>Tibouchina granulosa</i> (Desr.) Cogn.	3	0,33	N
	<i>Tibouchina mutabilis</i> (Vell.) Cogn.	8		N
Caricaceae	<i>Carica papaya</i> L.	9	0,27	E
Juglandaceae	<i>Carya illinoensis</i> (Wangenh) K. Koch	7	0,21	E
Proteaceae	<i>Grevillea robusta</i> A. Cunn. ex Roem. e Schult.	6	0,18	E
Sapindaceae	<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil., A. Juss. e Cambess.) Radlk.	5	0,18	N
	<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	1		N
Araliaceae	<i>Schefflera arboricola</i> (Hayata) Merr.	4	0,12	E
Apocynaceae	<i>Thevetia peruviana</i> (Pers.) K. Schum.	3	0,09	E
Pinaceae	<i>Pinus</i> sp.	3	0,09	EI
Platanaceae	<i>Platanus × hispanica</i> Mill. ex Münchh.	2	0,06	E
Adoxaceae	<i>Sambucus nigra</i> L.	1	0,03	N
Araucariaceae	<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	1	0,03	N
Asparagaceae	<i>Beaucarnea recurvata</i> Lem.	1	0,03	E
Bixaceae	<i>Bixa orellana</i> L.	1	0,03	N
Ebenaceae	<i>Diospyros kaki</i> L.f.	1	0,03	E
Oxalidaceae	<i>Averrhoa carambola</i> L.	1	0,03	E
Rubiaceae	<i>Uncaria tomentosa</i> (Willd. ex Roem. & Schult.) DC.	1	0,03	N
Desconhecidas		98	2,91	
Total		3365	100,00	

Fonte: Autores (2021)

Em que: FA = Frequência absoluta de indivíduos; FR% = Frequência relativa de indivíduos, expresso em percentagem; N = Nativa; E = Exótica; EI = Exótica invasora.

A família Fabaceae apresentou maior número de espécies (17) e maior frequência de espécimes (19,55%) na arborização viária. Dentre as principais espécies observadas para a família, verificou-se que a *Inga marginata* foi a de maior frequência, estando entre as principais espécies utilizadas na arborização da cidade. A grande frequência de indivíduos e espécies pertencentes à família Fabaceae pode ser observada em outros estudos relacionados à arborização viária (AQUA; MÜLLER, 2015; NESI, 2020; SOUSA *et al.*, 2019).

Essa alta frequência da família nos estudos de arborização viária pode ser atribuída pela sua ampla distribuição geográfica e por ser considerada como uma das três maiores famílias de plantas em número de espécies (CANTUÁRIA *et al.*, 2017). Os resultados indicam uma grande diversidade e abundância de espécies da família no meio urbano, distribuídas em diversas regiões do Brasil, evidenciando a grande importância e interação das espécies com a população urbana.

Foram identificadas 42 espécies de origem nativa e 37 espécies de origem exótica, sendo que destas, 12 são classificadas como exóticas invasoras. As espécies exóticas possuíam maior densidade de exemplares identificados, concentrando 2153 indivíduos (63,98%), enquanto os exemplares de origem nativa possuíam 1114 indivíduos (33,11%). Além disso, 98 indivíduos não foram identificados, totalizando 2,91% do total das espécies do levantamento.

A elevada composição de espécies exóticas na arborização viária ilustra uma falta de planejamento por parte do órgão gestor, além de retratar uma indiferença em relação à origem das espécies por parte da população, que possivelmente busca apenas os benefícios proporcionados pelas árvores. Boeni e Silveira (2011) mencionam que a maioria das cidades brasileiras apresenta a composição arbórea pouco diversificada, com predomínio de espécies exóticas.

Motter e Müller (2012) obtiveram valores semelhantes para a proporção entre nativas e exóticas no município de Tuparendi - RS, com alta representatividade das espécies *Ligustrum lucidum* e *Lagerstroemia indica*. Os autores mencionam que

é comum a uniformidade quanto ao emprego de algumas espécies nas cidades brasileiras, dando ênfase a um número reduzido de espécies a partir de experiências de outros municípios. Aqua e Müller (2015) mencionam que a utilização expressiva das espécies *Ligustrum lucidum* e *Lagerstroemia indica* evidenciam a preferência por espécies rústicas com rápido desenvolvimento e refletem o histórico de utilização nos municípios do Rio Grande do Sul.

A utilização de espécies vegetais exóticas adaptadas à região pode ser viável, uma vez que essas espécies podem possuir características que favoreçam sua implantação e adequação ao local proposto (LACERDA; LIRA FILHO; SANTOS, 2019). Por outro lado, as espécies exóticas invasoras são indesejáveis na arborização viária, pois podem comprometer a composição e diversidade de espécies em remanescentes florestais através da dispersão de sementes pela avifauna (BOBROWSKI; BIONDI; FLORESTAL, 2013).

Observa-se que a arborização viária do município é composta por baixa diversidade e predomínio de espécies exóticas, corroborando o estudo de Boeni e Silveira (2011). As cinco espécies mais frequentes na área urbana representam 53,97% do total da população (Tabela 2).

Tabela 2 – Proporção das cinco espécies vegetais de maior frequência em relação ao total de indivíduos encontrados na área urbana do município de São Pedro do Sul - RS

Espécie	FA	FR (%)
<i>Ligustrum lucidum</i> W.T. Ailton	527	15,66
<i>Melia azedarach</i> L.	404	12,01
<i>Inga marginata</i> Willd.	398	11,83
<i>Lagerstroemia indica</i> L.	298	8,86
<i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. ex A.DC.) Mattos	189	5,62
TOTAL	1816	53,97

Fonte: Autores (2021)

Em que: FA = Frequência absoluta de indivíduos; FR% = Frequência relativa de indivíduos, expresso em percentagem.

As espécies *Ligustrum lucidum* e *Melia azedarach* estão na lista de espécies vegetais exóticas invasoras do Rio Grande do Sul (SEMA, 2013) e possuem princípios tóxicos, podendo ser consideradas potencialmente nocivas à saúde (SOUZA *et al.*, 2011). Conforme Bobrowski, Biondi e Florestal (2013), a espécie de maior ocorrência na área urbana do município, *Ligustrum lucidum*, é considerada uma espécie frequentemente plantada nas cidades brasileiras, porém, devido às características de espécie invasora, torna-se indesejável ao plantio em ruas.

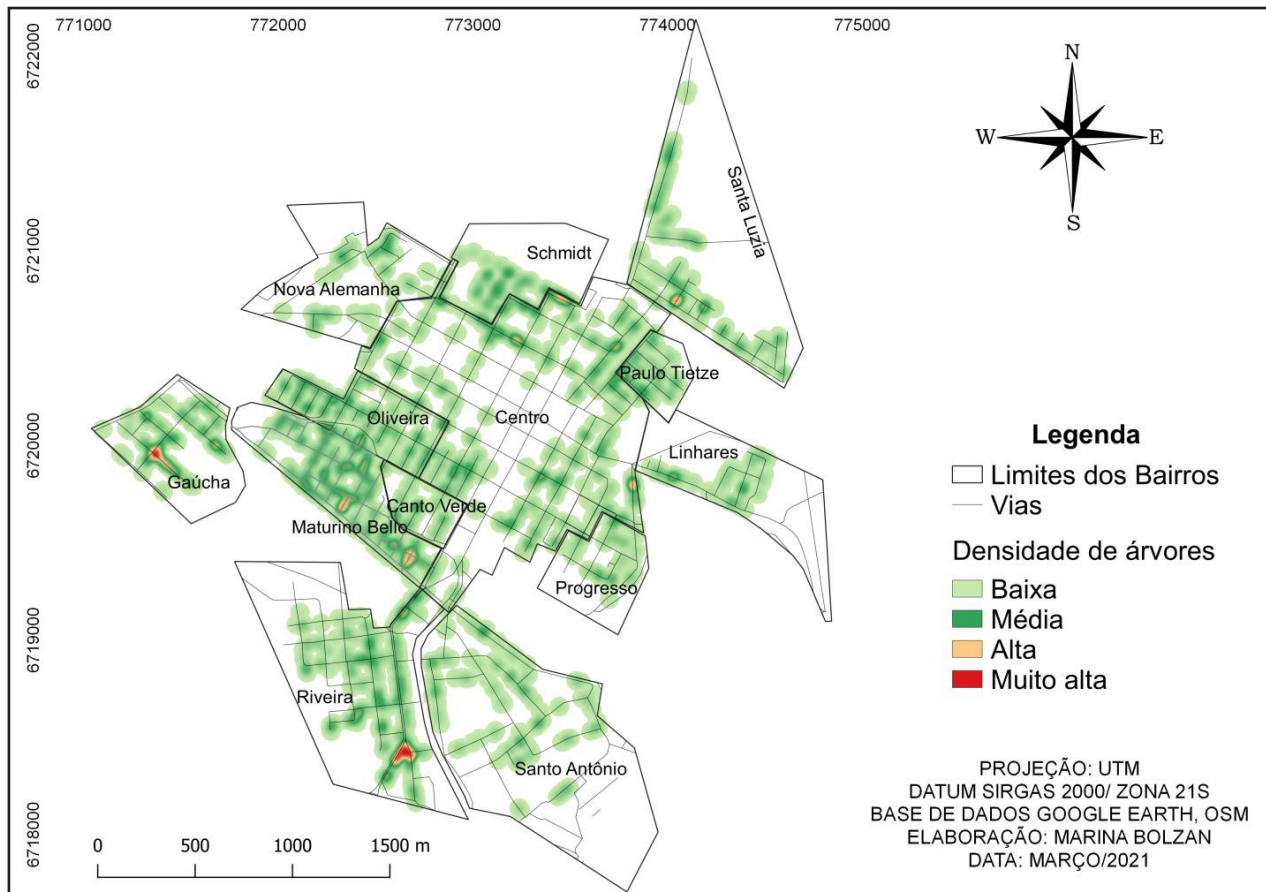
Conforme observado, as duas espécies mais frequentes na arborização da cidade constam na lista de espécies vegetais exóticas invasoras, evidenciando a não utilização de princípios ecológicos na escolha da composição arbórea das vias públicas. Aqua e Müller (2015) ressaltam que a utilização de espécies exóticas por vezes acontece devido ao modismo, facilidade de aquisição das mudas pela população ou pela taxa de crescimento acelerada. Dessa maneira, entende-se que a explicação pela preferência das espécies observadas pode estar ligada a vários fatores, tais como a conveniência ou mesmo fatores culturais.

Com os dados obtidos construiu-se um mapa de distribuição espacial por Kernel, com raio de 15 metros, ilustrando a distribuição da arborização presente na malha viária municipal, possibilitando a identificação de áreas com maior densidade de árvores e arbustos, além das regiões menos arborizadas (Figura 2).

Ao se analisar a Figura 2 é possível observar a distribuição da arborização no sistema viário, evidenciando os locais com maior concentração de indivíduos e possibilitando a identificação dos locais passíveis de intervenção. As intervenções podem ser realizadas com o propósito de manejar a vegetação nos locais com alta densidade, além de identificar possíveis locais para a implantação da arborização viária.

Observa-se que ocorre uma distribuição irregular das árvores nas vias públicas da área urbana do município, algumas vias apresentam alta densidade e outras vias não apresentam nenhum indivíduo. Essa distribuição irregular de espécies vegetais também foi observada por outros autores (BIZ *et al.*, 2016; BORGES *et al.*, 2018).

Figura 2 – Distribuição espacial e densidade da arborização viária nos bairros de São Pedro do Sul - RS



Fonte: Autores (2021)

Conforme mencionado por Biz *et al.* (2016), a distribuição irregular da arborização ao longo das vias é resultado de uma arborização implantada sem planejamento e conduzida sem manejo adequado. Os autores mencionam que o adensamento arbóreo pode proporcionar maior sombreamento e melhorar a qualidade de vida da população. De acordo com Fadhlurrahman e Nasrullah (2020), um maior conforto térmico pode ser sentido sob a copa das árvores. Dessa maneira, os espaços vazios na distribuição das espécies podem gerar maior estresse térmico à população.

Com os valores de densidade de indivíduos, foi possível verificar o espaçamento médio entre exemplares por quilômetro de via para cada bairro, assim como para a média geral. A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos para os bairros de São Pedro do Sul - RS.

Tabela 3 – Variáveis diretivas para o processo de gestão da arborização de calçadas na cidade de São Pedro do Sul – RS

Bairros	Vias (km)	Nº de Espécies	Nº de Árvores	N/km	Distância média (m)	Shannon (H')	IAT
Paulo Tietze	1,59	29	124	78,16	12,79	2,73	Média
Maturino Bello	6,59	58	514	77,94	12,83	3,12	Média
Gaúcha	3,71	41	254	68,41	14,62	2,93	Média
Oliveira	5,07	43	315	62,14	16,09	2,87	Média
Riveira	9,86	51	496	50,33	19,87	3,01	Alta
Santa Luzia	5,12	38	236	46,10	21,69	2,93	Alta
Canto Verde	1,81	20	74	40,89	24,46	2,42	Alta
Schmidt	2,81	25	105	37,35	26,78	2,67	Muito Alta
Centro	26,06	66	796	30,55	32,73	3,17	Muito Alta
Progresso	2,34	19	71	30,40	32,90	2,07	Muito Alta
Nova Alemanha	3,97	24	96	24,15	41,41	2,50	Muito Alta
Santo Antônio	8,55	38	194	22,70	44,05	2,85	Muito Alta
Linhares	4,24	26	90	21,24	47,09	2,89	Muito Alta
Total	81,71	91	3365	41,18	24,28	3,22	Alta

Fonte: Autores (2021)

Em que: Vias (km) = Comprimento de vias em quilômetros; Nº de espécies = Número de espécies; Nº de árvores; N/km = Árvores por quilômetro de via; Distância média (m) = Distância média entre indivíduos em metros; Shannon (H') = Índice de diversidade de Shannon - Wiener; IAT - Índice de Atenção de Iwama (2014).

No inventário da arborização viária de São Pedro do Sul, foram percorridos 81,71 km de vias públicas, com um total de 3365 indivíduos observados, distribuídos

em 14 bairros. Foi obtido um índice médio de 41,18 indivíduos por quilômetro de via, variando entre 78,16 para o bairro mais arborizado (Paulo Tietze) e 21,24 para o bairro menos arborizado (Linhares).

O bairro Linhares possui um conjunto de vias sem a presença de árvores, esse fato ocorre porque mesmo estando dentro do limite urbano, as vias se tratam de estradas rurais, compostas por propriedades rurais, sem a presença de passeios ou casas. O mesmo pode ser observado nas regiões periféricas dos bairros Santo Antônio e Riveira.

Observou-se também que nos locais em que ocorre uma maior concentração de ruas comerciais na região central da cidade há menor densidade arbórea, ocasionada possivelmente devido à maior intensidade na modificação da paisagem ao longo do tempo, provocada pelas intervenções para a instalação de infraestrutura, conflitos com os elementos visuais presentes nas fachadas comerciais e por haver um grande volume de carga e descarga de mercadorias.

A partir do índice de atenção estabelecido por Iwama (2014), verificou-se que todos os bairros necessitam de atenção em relação à densidade de árvores por quilômetro de via, onde os bairros que necessitam de muito alta atenção possuem menos de 40 Árv./km e os bairros que necessitam de alta e média atenção possuem valores entre 40-60 e 60-80 Árv./km, respectivamente. A variação da densidade pode ser observada no mapa de distribuição (Figura 2), no qual é possível identificar locais com alta concentração de árvores e vazios em diversas vias municipais.

Para a criação do índice de atenção (IAT), considerou-se o potencial máximo de árvores por quilômetro de via, porém, ao analisar a arborização municipal, percebe-se que este potencial é reduzido devido à variabilidade no espaço disponível para plantio, sendo limitado pelos demais elementos da infraestrutura urbana, tais como passeios estreitos, grande número de entrada de garagens, distribuição de placas, postes e tubulações.

Observou-se que os valores do índice de Shannon obtidos para os bairros, no geral, não apresentaram alta diversidade. Entretanto, os bairros Maturino Bello, Riveira e Centro apresentaram índice superior a três, considerado como boa diversidade de espécies (MARIA; BIONDI; BOBROWSKI, 2016). Dentre os bairros com maior densidade de espécies por quilômetro de via, apenas o bairro Maturino Bello apresentou boa diversidade de espécies.

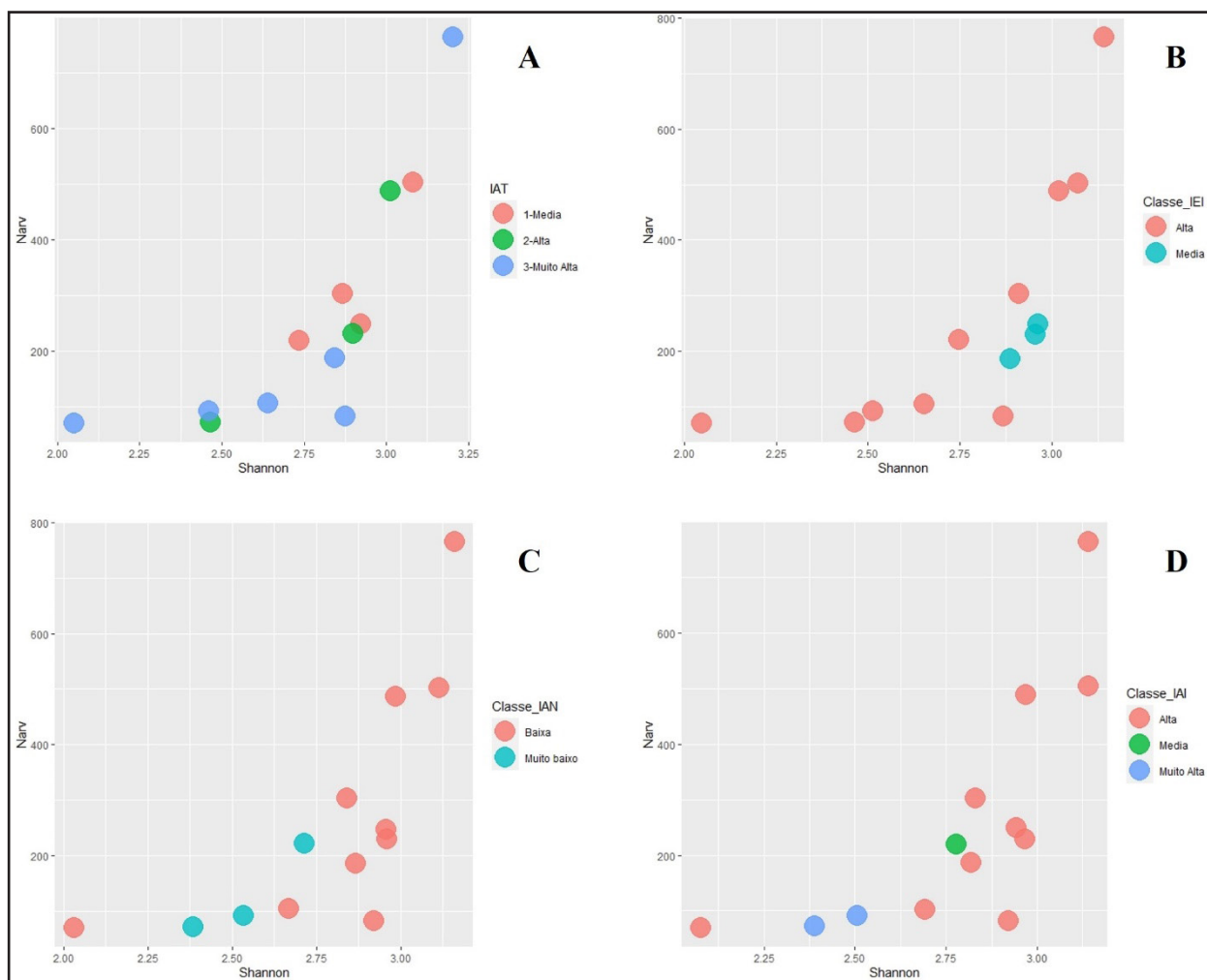
No geral, a cidade apresentou índice de diversidade Shannon-Wiener de 3,22. O bairro com menor valor para o índice foi o bairro Progresso, com 2,07. O Centro apresentou o maior valor para o índice de Shannon (3,17), sendo também o local com mais espécies desconhecidas, podendo assim aumentar os valores para o índice.

Apesar de haver valores de diversidade relativamente altos para alguns bairros, com valores de índice de Shannon maior que 3,0 (Tabela 3), esses valores não são distribuídos de forma homogênea nas ruas, podendo ser realizada uma análise nos bairros a fim de compreender melhor a distribuição das espécies. Para locais com baixa diversidade, a tendência é de que haja poucos indivíduos nas calçadas, o que denota uma alta atenção para ações de arborização (Figura 3A).

Por outro lado, um problema que se observa de forma generalizada na cidade é que a diversidade de espécies mensurada em cada bairro, de valores medianos a altos (Tabela 3), está representada essencialmente por espécies vegetais exóticas invasoras (Figura 3B) e que à medida em que os valores de diversidade aumentam, a composição da arborização com espécies invasoras se destaca (Figura 3D) em detrimento das espécies nativas (Figura 3C).

A partir da análise do índice, é possível verificar a necessidade de um incremento do número de espécies nativas na composição da arborização viária, aumentando assim a representatividade das árvores nativas no índice de diversidade. Além disso, pode-se manejar a arborização buscando um equilíbrio entre densidade e diversidade de espécies.

Figura 3 – Comparação da evolução dos valores do índice de Shannon em relação ao número total de indivíduos considerando o índice de atenção (IAT) em (A), o índice de espécies invasoras (IEI) em (B), o índice de árvores nativas (IAN) em (C) e o índice de árvores invasoras (IAI) em (D), nos bairros de São Pedro do Sul - RS



Fonte: Autores (2021)

4 CONCLUSÃO

A área urbana do município apresenta grande frequência de indivíduos pertencentes a poucas espécies vegetais, principalmente às espécies exóticas. As espécies exóticas invasoras possuem grande influência nos valores obtidos

para o índice de diversidade, aumentando à medida que os valores do índice de diversidade aumentam.

A partir do mapa de distribuição da arborização viária, é possível identificar regiões com alta densidade de vegetação, sugerindo-se como locais prioritários para a identificação de conflitos e intervenção na arborização. O mapa também ilustra ruas com pouca ou nenhuma vegetação, corroborando os valores obtidos pelo índice de atenção de Iwama (2014).

O inventário da arborização viária é um passo importante para o entendimento da situação existente e planejamento de ações de manejo da arborização viária. Além disso, os Sistemas de Informações Geográficas e as ferramentas de geoprocessamento possuem grande potencial para auxiliar no planejamento e gestão da arborização de vias públicas.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 1 dez. 2014.
- AQUA, M. D.; MÜLLER, N. T. G. DIAGNÓSTICO DA ARBORIZAÇÃO URBANA DE DUAS VIAS NA CIDADE DE SANTA ROSA – RS. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 9, n. 3, p. 141–155, 1 jun. 2015.
- BIONDI, D. Floresta urbana. Curitiba: O Autor, 2015. 202 p.
- BIZ, S. *et al.* INDICADORES DE DIVERSIDADE PARA A ARBORIZAÇÃO VIÁRIA DO BAIRRO CENTRO NORTE DA CIDADE DE DOIS VIZINHOS – PARANÁ. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 10, n. 3, p. 1–13, 8 jan. 2016.
- BOBROWSKI, R. **Estrutura e dinâmica da arborização de ruas de Curitiba, Paraná, no período 1984-2010**. 2011. 144 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2011.
- BOBROWSKI, R.; BIONDI, D.; FLORESTAL, E. Espécies não tradicionais e espécies indesejáveis na composição da arborização de ruas. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, p. 1293–1304, 2013.
- BOBROWSKI, R.; AGUIAR, J. T.; CUCHI, T. How to qualify the vegetation in public squares to help the management of urban ecosystem services? **Ciência & Natura**, v. 42, 2020.

BOENI, B. DE O.; SILVEIRA, D. DIAGNÓSTICO DA ARBORIZAÇÃO URBANA EM BAIROS DO MUNICÍPIO DE PORTO ALEGRE, RS, BRASIL. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 6, n. 3, p. 189–206, 30 set. 2011.

BORGES, D. A. B. *et al.* Análise da arborização urbana na cidade de Patos/PB (Analysis of urban afforestation in the city of Patos / PB). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, n. 4, p. 1343–1359, 22 out. 2018.

CANTUÁRIA, P. DE C. *et al.* OCORRÊNCIA DE FABACEAE DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DA FAZENDINHA, MACAPÁ, AMAPÁ, BRASIL. **Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)**, v. 7, n. 2, p. 49–52, 30 jun. 2017.

LACERDA, R. M. A.; LIRA FILHO, J. A.; SANTOS, R.V. INDICAÇÃO DE ESPÉCIES DE PORTE ARBÓREO PARA A ARBORIZAÇÃO URBANA NO SEMI-ÁRIDO PARAIBANO. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 6, n. 1, p. 51, 1 maio 2019.

FADHLURRAHMAN, M. M.; NASRULLAH, N. **Study of Thermal Comfort under the Shade of Varied Tree Canopy Form and Distance from the Stem.** . In: IOP CONFERENCE SERIES: EARTH AND ENVIRONMENTAL SCIENCE. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Panorama 2010**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/sao-pedro-do-sul/panorama>. Acesso em: 13 mar. 2021.

IWAMA, A.Y. Indicador de arborização urbana como apoio ao planejamento de cidades brasileiras. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 9, n. 3, p. 156-172, 2014.

LIVESLEY, S. J.; MCPHERSON, E. G.; CALFAPIETRA, C. The Urban Forest and Ecosystem Services: Impacts on Urban Water, Heat, and Pollution Cycles at the Tree, Street, and City Scale. **Journal of Environmental Quality**, v. 45, n. 1, p. 119–124, 2016.

MARIA, T. R. B. DE C.; BIONDI, D.; BOBROWSKI, R. INVENTÁRIO FLORÍSTICO QUALI-QUANTITATIVO DAS VIAS PÚBLICAS DE ITANHAÉM -SP. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 11, n. 4, p. 79–97, 21 dez. 2016.

MARIA, T. R. B. DE C.; BIONDI, D.; ZAMPRONI, K. SPACIAL INDEXES AND BIOLOGICAL DIVERSITY OF ITANHAÉM, SÃO PAULO, BRAZIL. **FLORESTA**, v. 49, n. 2, p. 267–276, 29 mar. 2019.

MAYER, C.; FILHO, P.; BOBROWSKI, R. ANÁLISE ESPACIAL DE CONFLITOS DA ARBORIZAÇÃO DE VIAS PÚBLICAS: CASO IRATI, PARANÁ. **FLORESTA**, v. 45, 31 mar. 2014.

MOTTER, N.; MÜLLER, N. G. DIAGNÓSTICO DA ARBORIZAÇÃO URBANA NO MUNICÍPIO DE TUPARENDI-RS. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 7, n. 4, p. 27–3, 30 dez. 2012.

NESI, J. **Componentes arbóreos em vias públicas: análise da floresta urbana de Guarapuava, Paraná.** 2020. 134 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2020.

PEDRON, F.A.; DALMOLIN, R. S. D. **Solos da região do rebordo do Planalto Meridional no Rio Grande do Sul**. In: SCHUMACHER, M.V. *et al.* (Orgs.). A Floresta estacional subtropical. Caracterização e ecologia no rebordo do planalto meridional. Santa Maria: [s.n.], 2011. p.33-51.

ROELAND, S. *et al.* Towards an integrative approach to evaluate the environmental ecosystem services provided by urban forest. **Journal of Forestry Research**, v. 30, n. 6, p. 1981–1996, dez. 2019.

SANTOS, F. D. DOS *et al.* SITUAÇÃO DA ARBORIZAÇÃO URBANA NO MUNICÍPIO DE FREDERICO WESTPHALEN, RS. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 14, n. 1, p. 53–62, 24 maio 2019.

SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (SEMA). **PORTARIA SEMA nº 79 de 31 de outubro de 2013**. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201612/23180118-portaria-sema-79-de-2013-especies-exoticas-invasoras-rs.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2021.

SOUSA, L. A. DE *et al.* LEVANTAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DA ARBORIZAÇÃO URBANA NO MUNICÍPIO DE BURITICUPU, MA. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 14, n. 1, p. 42–52, 24 maio 2019.

SOUZA, A. R. C. DE *et al.* IDENTIFICAÇÃO DAS ESPÉCIES ORNAMENTAIS NOCIVAS NA ARBORIZAÇÃO URBANA DE SANTIAGO/RS. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 6, n. 2, p. 44–57, 1 jun. 2011.

VIGNOLA JÚNIOR, R. ArbVias: método de avaliação da arborização no sistema viário urbano. **Paisagem e Ambiente**, n. 35, p. 89, 7 out. 2015.

WOLF, K. L. *et al.* Urban Trees and Human Health: A Scoping Review. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 12, p. 4371, jan. 2020.

Contribuição de Autoria

1 Bruno Moreira Felippe

Engenheiro Florestal, Me.

<https://orcid.org/0000-0002-8846-3696> • bmfelippe176@gmail.com

Contribuição: Escrita – primeira redação, Escrita – revisão e edição, Administração do projeto, Investigação, Metodologia, Análise Formal, Visualização de dados (tabelas, mapas)

2 Marina Rigon Bolzan

Engenheira Florestal, Pesquisadora Autônoma

<https://orcid.org/0000-0001-5389-9206> • email

Contribuição: Metodologia, Cura dos dados, Investigação

3 Fernando Coelho Eugenio

Engenheiro Florestal, Dr., Professor

<https://orcid.org/0000-0002-1148-1167> • fernando.eugenio@ufsm.br

Contribuição: Supervisão, Validação, Metodologia, Escrita – revisão e edição

4 Rogério Bobrowski

Engenheiro Florestal, Dr., Professor

<https://orcid.org/0000-0003-4868-3376> • rogerio@unicentro.br

Contribuição: Conceitualização, Metodologia, Investigação, Análise Formal, Escrita – revisão e edição, Visualização de dados (gráfico)

Como citar este artigo

Felippe, B. M.; Bolzan, M. R.; Eugenio, F. C.; Bobrowski, R. Análises diretivas para o processo de gestão da arborização de calçadas em São Pedro do Sul, RS. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 32, n. 4, p. 2035-2056, 2022. DOI 10.5902/1980509866158. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509866158>.