

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

EVANUELLI SÁBATA BORAZIO SILVA

**RECONHECIMENTO DE PADRÕES COM TÉCNICAS DE AGRUPAMENTO
APLICADAS AO INVENTÁRIO DA ARBORIZAÇÃO URBANA DO MUNICÍPIO DE
JATAIZINHO - PR**

LONDRINA

2023

EVANUELLI SÁBATA BORAZIO SILVA

**RECONHECIMENTO DE PADRÕES COM TÉCNICAS DE AGRUPAMENTO
APLICADAS AO INVENTÁRIO DA ARBORIZAÇÃO URBANA DO MUNICÍPIO DE
JATAIZINHO - PR**

**PATTERN RECOGNITION WITH CLUSTERING TECHNIQUES APPLIED TO THE
INVENTORY OF URBAN ARBORIZATION IN THE MUNICIPALITY OF
JATAIZINHO - PR**

Monografia apresentada como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Orientador(a): Ligia Flávia Antunes Batista.

LONDRINA

2023



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

EVANUELLI SÁBATA BORAZIO SILVA

**RECONHECIMENTO DE PADRÕES COM TÉCNICAS DE AGRUPAMENTO
APLICADAS AO INVENTÁRIO DA ARBORIZAÇÃO URBANA DO MUNICÍPIO DE
JATAIZINHO - PR**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR).

Data de aprovação: 27/junho/2023

Maurício Moreira Dos Santos
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Marcelo Hidemassa Anami
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Ligia Flávia Antunes Batista
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

LONDRINA

2023

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por ter me concedido saúde e determinação durante a realização deste trabalho e por me permitir ultrapassar todos os obstáculos encontrados durante toda a minha jornada acadêmica.

Não posso deixar de mencionar minha família, meu pai Edvaldo, minha mãe Valdirene e meu irmão Felipe, bem como a minha segunda família, composta por Valdir, Alesandra, Gabriel e Matheus, por todo apoio e amor que recebi. Em especial, sou grata ao Matheus, por toda a companhia, cumplicidade e incentivo durante esta reta final. Sem o apoio de vocês, esse percurso teria sido muito mais difícil.

Agradeço especialmente à minha orientadora e professora Dra. Lígia Flávia Antunes Batista, por sua dedicação, sabedoria, paciência e orientação ao longo de toda a minha graduação, incluindo a iniciação científica e o estágio. Suas orientações foram fundamentais para o sucesso deste trabalho, e sou profundamente grata por ter aprendido com uma profissional tão dedicada e competente, que admiro muito.

Agradeço também a todos os meus professores, que compartilharam seus conhecimentos e experiências comigo ao longo do meu percurso acadêmico, contribuindo para minha formação profissional e pessoal. Aos meus amigos que sempre estiveram ao meu lado, compartilhando comigo tantos momentos de descobertas e aprendizados.

Por fim, gostaria de expressar minha gratidão a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a minha formação. Seja através de apoio emocional, material ou intelectual, a ajuda de todos foi fundamental para que eu pudesse chegar até aqui. Muito obrigada, de todo o meu coração.

RESUMO

A arborização urbana proporciona diversos benefícios sociais e ambientais quando bem planejada, de modo a evitar prejuízos e problemas relacionados à fitossanidade, saúde e estrutura da árvore, além de conflitos com a infraestrutura. Por meio do inventário, foi possível obter informações sobre as características das árvores presentes no município de Jataizinho, incluindo sua saúde e distribuição geográfica. Com base nessas informações, pode-se desenvolver um Plano Diretor de Arborização Urbana eficiente, que leve em consideração as necessidades de cada região e as melhores práticas para a preservação e o desenvolvimento da arborização urbana. No entanto, o processo de análise dos dados do inventário pode ser complexo e extenso devido à grande dimensionalidade dos dados. Nesse contexto, o presente estudo propõe a aplicação da técnica de agrupamento para reconhecer padrões, utilizando a ferramenta computacional VIS-STAMP. O objetivo é identificar padrões de agrupamento no conjunto de dados do inventário de arborização urbana do município de Jataizinho, a fim de auxiliar no diagnóstico para a elaboração do PDAU e de novas regulamentações, visando otimizar a extração de informações mais relevantes, reduzindo a quantidade de volume dos dados a serem analisados e facilitando o processo de tomada de decisões. O processo inicial foi preparar um banco de dados geográficos, adotando-se duas abordagens: por quadras e por indivíduos. Por meio da técnica de agrupamento utilizando o modelo de rede neural não supervisionada de Kohonen foi possível identificar as áreas com problemas de fitossanidade, conflitos com a infraestrutura urbana e pedestres e problemas de saúde e estrutura das árvores, sendo possível propor soluções para gestão da arborização urbana. Os resultados revelaram que 13,38% das ocorrências estão relacionadas a problemas de fitossanidade, sendo a presença de formigas o principal. Em relação à saúde e estrutura das árvores, constatou-se um percentual de 68%, sendo a ausência de área livre o atributo de maior destaque. Em relação aos conflitos, foi observado um percentual de 66,06% de ocorrência, sendo que a raiz quebrando calçada é o atributo com maior percentual. Além disso, foi possível identificar os agrupamentos que foram considerados mais importantes para manutenção da arborização. O agrupamento A2 mostrou um valor alto para conflitos, correspondendo a um quantitativo de 3,92% do total de árvores analisadas. O agrupamento Q1 apresentou altos valores para a maioria dos atributos avaliados, representando cerca de 9,78% do total de quadras. Essa técnica permitiu identificar tendências que poderiam passar despercebidas em uma análise simples, fornecendo informações mais detalhadas para a tomada de decisões na gestão da arborização urbana. Verificou-se que este método de interpretação de dados multivariados pode ser uma ferramenta valiosa para otimizar e agilizar o processo de análise e planejamento urbano, podendo ser subsídio para proporcionar uma arborização urbana mais saudável, segura e sustentável.

Palavras-chave: Agrupamento; Análise de dados; Arborização Urbana; Reconhecimento de padrões.

ABSTRACT

Urban tree planting provides various social and environmental benefits when well planned, so as to avoid damage and problems related to plant health, tree health and structure, as well as conflicts with infrastructure. Through the inventory, it was possible to obtain information about the characteristics of the trees present in the municipality of Jataizinho, including their health and geographic distribution. Based on this information, an efficient Urban Tree Planting Master Plan can be developed, taking into account the needs of each region and best practices for preserving and developing urban tree planting. However, the process of analyzing inventory data can be complex and lengthy due to the large dimensionality of the data. In this context, this study proposes the application of clustering techniques to recognize patterns using the VIS-STAMP computational tool. The goal is to identify clustering patterns in the urban tree planting inventory dataset for the municipality of Jataizinho in order to assist in diagnosing for the development of PDAU and new regulations, aiming to optimize the extraction of more relevant information, reducing the amount of data volume to be analyzed and facilitating decision-making. The initial process was to prepare a geographic database, adopting two approaches: by blocks and by individuals. Through clustering techniques using Kohonen's unsupervised neural network model, it was possible to identify areas with plant health problems, conflicts with urban infrastructure and pedestrians, and tree health and structure problems, making it possible to propose solutions for managing urban tree planting. The results revealed that 13.38% of occurrences are related to plant health problems, with ants being the main one. In relation to tree health and structure, a percentage of 68% was found, with absence of free area being the most prominent attribute. In relation to conflicts, a percentage of 66.06% occurrence was observed, with root breaking sidewalk being the attribute with the highest percentage. In addition, it was possible to identify clusters that were considered most important for maintaining tree planting. Cluster A2 showed a high value for conflicts, corresponding to a quantity of 3.92% of the total trees analyzed. Cluster Q1 showed high values for most attributes evaluated, representing about 9.78% of total blocks. This technique allowed identifying trends that could go unnoticed in a simple analysis, providing more detailed information for decision-making in managing urban tree planting. It was found that this method of interpreting multivariate data can be a valuable tool for optimizing and speeding up the process of analysis and urban planning, being able to provide a healthier, safer and more sustainable urban tree planting.

Keywords: Clustering; Data analysis; Urban Tree Planting; Pattern recognition.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Clustering representado por meio do Dendrograma.	21
Figura 2 - Modelo de mapa auto-organizável de Kohonen.	22
Figura 3 - Exemplo da metodologia SOM.	24
Figura 4 - Exemplo da metodologia PCP.	24
Figura 5 - Exemplo da metodologia Map Matrix.	25
Figura 6 - Mapa de localização da área de estudo.	26
Figura 7 - Apresentação dos três componentes correlacionados para a visualização e detecção dos padrões: a) SOM; b) PCP; c) Map Matrix.	32
Figura 8 - Visão geral da área mapeada para o inventário de arborização urbana do município de Jataizinho-PR.	36
Figura 9 - Histograma da altura (metros) estimada das árvores.	41
Figura 10 - Histograma de CAP (centímetros).	41
Figura 11 - Apresentação de como os grupos ficaram estruturados no componente SOM: a) Por indivíduo; b) Por quadra; c) Legenda das cores associadas aos agrupamentos identificados como mais relevantes.	42
Figura 12 - Apresentação de como os grupos ficaram estruturados no componente PCP: a) Por indivíduo; b) Por quadra.	43
Figura 13 - Apresentação de como os grupos ficaram estruturados no componente Map Matrix: a) Por indivíduo; b) Por quadra.	44
Figura 14 - Apresentação da análise do agrupamento A1 em destaque verde. a) SOM; b) Map Matrix; c) PCP; d) PCP detalhado por elemento.	46
Figura 15 - Apresentação do comportamento do agrupamento A2 com pico no aspecto de conflitos e problemas de saúde e estrutura: a) PCP; b) Map Matrix.	47
Figura 16 – Identificação de quatro agrupamentos com pico no aspecto de conflitos: a) Comportamento dos agrupamentos; b) Distribuição espacial dos elementos identificados.	48
Figura 17 - Apresentação do agrupamento Q1 na cor verde e identificação do seu comportamento: a) SOM; b) Map Matrix; c) PCP; d) PCP detalhado por quadra, evidenciando a maior quadra destacada em amarelo na letra b).	50
Figura 18 – Mapa de número de pontos por quadra.	51
Figura 19 – Detalhamento referente ao padrão Q2: a) Destaque do comportamento no gráfico PCP; b) Distribuição espacial do padrão identificado.	52
Figura 20 – Detalhamento referente ao padrão v): a) gráfico PCP do padrão	

que demonstra o comportamento similar; b) Destaque do comportamento no gráfico PCP; c) Distribuição espacial do padrão identificado.....53

Figura 21 – Comparação dos resultados do componente Map Matrix: a) Abordagem por indivíduo; b) Abordagem por quadra.55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Exemplo das quadras registradas no banco de dados. ID é o número de identificação da quadra. Med_cap se encontra na unidade de medida de centímetros e Med_alt em metros.	30
Tabela 2 - Quantitativo de elementos por aspectos avaliados.....	37
Tabela 3 - Quantitativo agregado para o aspecto de fitossanidade.....	39
Tabela 4 - Quantitativo agregado para problema de saúde e estrutura da árvore.....	39
Tabela 5 - Quantitativo agregado para o aspecto de conflitos.....	40
Tabela 6 - Valores dos atributos para os agrupamentos considerados mais relevantes na abordagem por indivíduo.....	45
Tabela 7 - Valores dos atributos para os agrupamentos considerados mais relevantes na abordagem por quadra.	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CAP	Circunferência à altura do peito
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
DP	Desvio Padrão
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
NBR	Normas Brasileiras
PCP	Parallel Coordinate Plot
PDAU	Plano Diretor de Arborização Urbana
SOM	Self-Organizing Maps
SIG	Sistema de Informação Geográfica
VIS-STAMP	Visualization System for Space-Time and Multivariate Patterns

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	14
2.1	Objetivo Geral	14
2.2	Objetivos Específicos.....	14
3	REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1	Arborização Urbana.....	15
3.2	Plano Diretor de Arborização Urbana – PDAU.....	16
3.3	Inventário Arbóreo.....	17
3.4	Sistema de Informação Geográfica (SIG).....	18
3.5	Reconhecimento e caracterização de padrões.....	19
3.5.1	Agrupamentos e mineração de dados	20
3.5.2	Ferramenta <i>VIS-STAMP</i>	23
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
4.1	Área de estudo.....	25
4.2	Preparação dos bancos de dados geográficos	27
4.2.1	Pré-processamento dos dados georreferenciados por indivíduo.....	27
4.2.2	Pré-processamento dos dados georreferenciados por quadra.....	28
4.3	Detecção de agrupamentos	31
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	36
5.1	Configuração dos bancos de dados geográficos.....	36
5.2	Aplicação da técnica de agrupamento pelo modelo de <i>Kohonen</i>....	42
5.2.1	Análise e descrição dos padrões identificados	44
5.2.2	Identificação das áreas prioritárias para tomadas de decisões	54
5.2.3	Possíveis propostas de soluções para gestão da arborização urbana ...	55
6	CONCLUSÃO.....	58
	REFERÊNCIAS	60
	ANEXO A - Planilha para coleta de dados em campo	66
	ANEXO B - Parâmetros avaliados e códigos de apoio em campo... 	68

1 INTRODUÇÃO

A arborização urbana corresponde a toda cobertura vegetal situada no meio urbano (BIONDI, 2015) e possui uma extrema importância por proporcionar vários benefícios para a qualidade de vida da sociedade e para os aspectos socioambientais, que englobam diversos panoramas, como estético, histórico, cultural, social e ecológico. Nesse sentido, as árvores do meio urbano contribuem para a estabilidade do solo, infiltração das águas, conservação da flora nativa, abrigo para a fauna silvestre, proteção dos corpos d'água e solo, redução da poluição e para saúde física e mental da população (CEMIG, 2011).

Contudo, conflitos podem surgir com as árvores plantadas nas calçadas e canteiros, como por exemplo: redes sanitárias; telefônicas; pluviais e elétricas; bem como equipamentos públicos (como placas, postes, pontos de ônibus, lixeiras etc.) que interferem direta e indiretamente na segurança dos habitantes. Há também fatores fitossanitários (como presença de pragas e doenças, por exemplo: broca; cupim; fungo; erva-de-passarinho; cipó-chumbo; formiga; e sugadores) e questões de estrutura arbórea (como a característica da copa, condição da raiz e caule), além da competição entre espécies, que afetam o desenvolvimento das árvores (CABRAL, 2013; CEMIG, 2011).

Para minimizar e controlar a ocorrência de tais problemas com a infraestrutura urbana e com o plantio incompatível de certas espécies arbóreas, se faz necessário ter um bom planejamento para a arborização, de modo a evitar prejuízos financeiros, riscos ambientais e sociais futuros (CECCHETTO et al., 2014; DANTAS; SOUSA, 2004).

Segundo o Ministério Público do Paraná (2018) para um planejamento adequado de arborização urbana é de fundamental importância realizar um levantamento com a coleta de dados quantitativos e qualitativos que irão compor o inventário, o qual corresponde à pesquisa e coleta de informações das espécies arbóreas, que por sua vez pode ser realizado por censo ou por amostragem. Ao elaborar o inventário conforme as diretrizes do Manual para elaboração do Plano Municipal De Arborização Urbana produzido pelo Ministério Público do Paraná (2018), obtém-se um grande volume de dados, cuja análise pode ser bastante trabalhosa, o que pode interferir no tempo de realização do diagnóstico e dificultar as tomadas de decisões por parte da equipe gestora, o que impactará

consequentemente na construção do Plano Diretor de Arborização Urbana (PDAU).

De acordo com Queiroz e Pinto (2014, p.2) “o reconhecimento de padrões é a área da ciência que qualifica e classifica dados associando-os a um determinado número de classes, a partir da análise de suas características”. A partir desse interposto propõe-se a aplicação da técnica de agrupamento para reconhecer padrões, como uma forma de otimizar a extração de informações mais relevantes por meio da identificação de características que se repetem no conjunto de dados. Nesse sentido, o foco pode se concentrar na avaliação dessas características mais frequentes e não no banco de dados completo, reduzindo o volume dos dados a serem analisados e consequentemente agilizando este processo.

O SIG possibilita integrar em uma única base de dados informações espaciais provenientes de dados de censo, dados cartográficos e modelos numéricos. A análise espacial é uma das principais funcionalidades dos SIG, no qual permite que os dados geográficos sejam organizados, ou seja, são importantes para representar o georreferenciamento das árvores, bem como analisar sua distribuição espacial (INPE, 2006).

Para tanto, este estudo tem como objetivo reconhecer padrões por meio de técnicas de agrupamento nos dados do censo da arborização urbana do município de Jataizinho – PR, coletados pela equipe do projeto de extensão coordenado pela professora Patrícia Carneiro Lobo Faria, realizado com alunos do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, com o intuito de colaborar no diagnóstico para a elaboração do PDAU.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Identificar agrupamentos de dados com características comuns no conjunto de dados coletados para o inventário de arborização urbana do município de Jataizinho – Paraná e conseqüentemente reduzir o volume dos dados a serem analisados, a fim de auxiliar no diagnóstico para a elaboração do Plano Diretor de Arborização Urbana (PDAU), como também na elaboração de novas regulamentações.

2.2 Objetivos Específicos

- Preparar um banco de dados geográficos com pontos correspondentes às localizações de árvores e polígonos associados às quadras do município, a partir do inventário da arborização urbana de Jataizinho;
- Identificar as áreas (quadras) que possuem características fitossanitárias em comum, como o acometimento por pragas e doenças, por exemplo: presença de broca; cupim; fungo; erva-de-passarinho; cipó-chumbo; formiga; e sugadores;
- Identificar as áreas (quadras) que apresentam possíveis problemas de estrutura e de saúde das árvores, como por exemplo: ocorrência de injúria na forquilha ramos; injúria na base do caule; raiz com injúria; raiz cortada; topiaria; e poda drástica;
- Identificar as áreas (quadras) que possuem atributos que indicam possíveis conflitos entre as árvores, infraestrutura urbana e pedestres, como: árvore fora do alinhamento; ausência de pavimentação na calçada; proximidade com poste; boca de lobo; ponto de ônibus; lixeira; e placa de sinalização; presença de manilha; mureta em volta da árvore; presença desnecessária de gradil; ocorrência de caule inclinado; raiz quebrando a calçada; e copa desequilibrada;
- Analisar e descrever os agrupamentos considerados mais relevantes, a fim de gerar subsídio para as tomadas de decisões por parte do gestor, de modo a colaborar com o planejamento, manejo e a diminuição dos conflitos que envolvem a arborização urbana.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Arborização Urbana

Planejar a arborização torna-se algo fundamental para o desenvolvimento urbano, pois evita prejuízos para a sociedade e para o meio ambiente. Diversos problemas associados à qualidade de vida dos habitantes de uma cidade podem ser amenizados pelo planejamento urbano, ampliando-se quali-quantitativamente as áreas verdes e a arborização de ruas (MILANO, 1987).

As árvores urbanas possuem inúmeras funções ambientais e socioambientais, que envolvem vários benefícios para os aspectos estéticos e funcionais que vão além dos gastos com implantação e gerenciamento. Tais benefícios englobam diversos fatores, como ambiental, estético e social (SÃO PAULO, 2015).

Para o fator ambiental, as árvores operam na melhora do microclima e atuam na regularização do próprio ecossistema, como a conservação da biodiversidade local de fauna e flora, proporcionam corredores ecológicos que viabilizam a conexão entre as populações de fauna, reduzem a poluição sonora e do ar, e sequestram e armazenam o carbono atmosférico (BIONDI; ALTHAUS, 2005; PARANÁ, 2018).

No fator estético, influenciam na identidade local com o contraste harmônico do concreto e asfalto com as árvores, além de acrescentar dinamismo à paisagem urbana (PARANÁ, 2018).

E, por fim, relacionado ao fator socioambiental, atuam no aumento da permeabilidade do solo urbano, reduzindo o escoamento superficial e interceptam água da chuva, de modo a minimizar problemas com enchentes. Sabe-se que as contribuições em termos de permeabilidade não são tão grandes quanto em áreas verdes, principalmente considerando-se a área livre insuficiente que é observada em muitas calçadas. De qualquer forma, este aspecto é citado por estudos como o de Biondi e Althaus (2005) e Paraná (2018).

Atuam também no controle da temperatura e umidade do ar, de modo a reduzir as ilhas de calor e proporcionar o conforto térmico para os seres vivos, como um exemplo as sombras das árvores. Além disso, proporcionam o bem-estar psicológico dos seres humanos e melhoria na qualidade de vida da sociedade (BIONDI; ALTHAUS, 2005; PARANÁ, 2018).

No entanto, para evitar prejuízos e problemas com a infraestrutura urbana é importante um planejamento adequado, de modo que haja boa adaptação das espécies arbóreas selecionadas a serem inseridas no espaço urbano (CECCHETTO et al. 2014).

A NBR 16246-3 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2019) afirma que a falta de planejamento urbano pode evidenciar a ausência de requisitos técnicos para a implantação e manejo da arborização urbana, o que pode suceder na incompatibilidade das árvores com a infraestrutura urbana já existentes. Neste contexto, injúrias ficam mais suscetíveis a ocorrerem nas árvores, especialmente devido a práticas de manejo inadequadas, advindas da biodeterioração por microrganismos e insetos, como fungos, brocas e cupins.

A arborização urbana tem sido considerada como um serviço, com normas e especificações técnicas para a sua implantação e manejo. Dessa forma, é preciso que cada cidade elabore seu plano diretor de arborização, em que seja apresentado um conjunto de métodos que possam ser aplicados para a preservação, manejo e expansão da rede verde viária em cidades, de modo a alternar a metodologia empregada conforme o porte e os recursos disponíveis para tal (MORAES; MACHADO, 2014).

3.2 Plano Diretor de Arborização Urbana – PDAU

O Plano Diretor da Arborização Urbana – PDAU é um documento que procede de um planejamento minucioso, que contém orientações, ações, metas e normas para a execução de objetivos de longo, a médio e curto prazo. Um PDAU deve ter por base um sistema de inventário, e posteriormente ser elaborado, debatido e aprovado pelos municípios com a participação da população. Os moradores contribuem com seu conhecimento local, ajudando na seleção das espécies de árvores e na escolha dos locais de plantio. A participação da população na elaboração do PDAU promove a conscientização ambiental e um senso de responsabilidade em relação às árvores, além disso as parcerias colaborativas entre moradores e o poder público podem facilitar o acesso a recursos como financiamento e mão de obra voluntária. Essa abordagem garante um plano de arborização urbana inclusivo, sustentável e adaptado às necessidades da comunidade (ARAÚJO; ARAÚJO, 2016).

Além disso deve possuir a função de complemento ao Plano Diretor do

Município ou Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Municipal, como também estar de acordo com a Lei Orgânica do Município (ARAÚJO; ARAÚJO, 2016).

A Constituição Federal de 1988 determina que o recurso essencial da política de desenvolvimento e expansão urbana seja o Plano Diretor Municipal, em seus artigos 182 e 183. O Plano Diretor é um instrumento que estabelece diretrizes para o processo de desenvolvimento local, elaborado a partir do envolvimento de diferentes setores, como ambientais, institucionais, sociais e econômicos (BRASIL, 1988; OLIVEIRA, 2001).

Quando o PDAU é corretamente desenvolvido a partir de inventários preliminares feitos no município, propicia diversas vantagens, como a menor manutenção e também menores custos para resolver conflitos, de modo a fornecer uma arborização esteticamente mais agradável, com maior segurança para a população, de forma a ficar em consonância com as demandas técnicas e com as manifestações de interesse das populações a serem atendidas (ARAÚJO; ARAÚJO, 2016; NESPOLO et al., 2020).

A arborização urbana possui grande relevância para o município e para a qualidade de vida da sociedade, o PDAU possui diversos objetivos, como expandir o registro e o reconhecimento de informações relacionadas às espécies arbóreas a serem utilizadas na arborização urbana do município, identificar conflitos e problemas a serem tratados com soluções, de modo a almejar a melhoria da gestão da arborização de vias públicas, praças e parques como um instrumento de desenvolvimento urbano que visa a qualidade de vida da população e o equilíbrio ambiental. A partir das diretrizes de planejamento, implantação e manejo da arborização urbana, é possível determinar programas de plantio, remoção e manutenção da mesma (CAXIAS DO SUL, 2020).

3.3 Inventário Arbóreo

O inventário de arborização urbana se dá pelo levantamento arbóreo em uma área, coleta e pesquisa do quantitativo de árvores presentes na região de estudo, bem como suas condições e características. A elaboração do banco de dados sobre as espécies presentes e os locais onde estão estabelecidos, permite o monitoramento das árvores do município e a simplificação da gestão (PODA LAB / FAU USP, 2022; XIMENES; SILVEIRA; SILVEIRA, 2021).

A coleta de dados para a elaboração do inventário pode ser realizada de forma amostral ou por censo. Por amostragem são obtidas estimativas representativas do todo através da observação de parte da população, já por meio do censo atua em uma abordagem em que 100% dos indivíduos da população são avaliados (PÉLLICO; BRENA, 1997).

Por meio do inventário obtém-se relevantes informações para auxiliar em um bom planejamento e manejo apropriado quanto à adaptabilidade e entraves referente às espécies (PIVETTA; SILVA FILHO, 2002).

Os inventários podem consistir tanto de propriedade quantitativa como quali-quantitativa. A análise quantitativa se enquadra na quantificação das árvores existentes na área a ser estudada, já a análise quali-quantitativa possui uma abordagem mais investigativa relacionada às condições das mesmas (SILVA; PAIVA; GONÇALVES, 2007).

De acordo com as orientações de Ministério Público do Estado do Paraná (2018) para o inventário é importante serem coletados os dados de registros das espécies como o nome comum, altura, circunferência à altura do peito (CAP) e também os dados relacionados à localização, como o endereço completo, a largura do recuo frontal predial e da calçada, a presença de sistema de serviços de eletricidade, a proximidade com equipamentos públicos e o reconhecimento de espaços disponíveis para novos plantios. Aspectos fitossanitários, condições do caule e da raiz e características do meio físico também devem ser levados em consideração durante a coleta dos dados, com anotações que incluem irregularidades e conflitos com as árvores.

Além de tudo, é necessária uma estrutura formada por boas equipes de inventário florestal, em razão da importante responsabilidade pela coleta sistemática dos dados das variáveis de interesse, sendo fundamental garantir uma coleta com qualidade (FRANÇA; PIRES; TOTTI, 1988).

3.4 Sistema de Informação Geográfica (SIG)

De acordo com Longley et al. (2015), Sistemas de Informações Geográficas (SIG) são uma tecnologia que permite a captura, armazenamento, análise e apresentação de informações geográficas, sendo amplamente utilizada em diversas áreas, tais como planejamento urbano, gestão ambiental, entre outras. Os autores

destacam que os SIGs são compostos por quatro elementos principais: hardware, software, dados geográficos e usuários. O hardware é responsável pelo processamento dos dados, enquanto o software é uma interface que permite a interação do usuário com o sistema. Os dados geográficos são a base de informações dos SIGs. Já os usuários são responsáveis pela coleta, análise e interpretação dos dados geográficos.

Uma das principais características do SIG é a possibilidade de integrar em uma única base de dados informações espaciais provenientes de dados de censo, dados cartográficos, imagens de satélite, redes e modelos numéricos. A análise espacial é uma das principais funcionalidades dos SIG, no qual permite que os dados geográficos sejam organizados, manipulados e visualizados em mapas e outras formas de representação gráfica. Um exemplo de análise espacial é reconhecimento de padrões espaciais, que permite a identificação de relações e padrões ocultos em dados geográficos (INPE, 2006).

Segundo Lima Neto (2011) os SIGs são amplamente utilizados na preparação de bancos de dados geográficos, porém o uso desses sistemas ainda é escasso nas atividades da arborização urbana e necessita de pesquisas que destaquem os benefícios de sua utilização. Em seu estudo, foi aplicado uma ferramenta SIG para a mensuração de variáveis do inventário da arborização de ruas de Curitiba-PR.

3.5 Reconhecimento e caracterização de padrões

Do ponto de vista de análise de dados, um padrão pode ser considerado como um certo conjunto de características semelhantes, ou seja, certas particularidades que aparecem muitas vezes em um conjunto de dados, envolvendo valores similares de vários atributos (MARIANO et al., 2020).

Segundo Faceli et al. (2021) o aprendizado de máquina é uma das áreas mais importantes da inteligência artificial. Ele envolve a construção de sistemas que possam aprender e melhorar com o tempo, sem a necessidade de serem explicitamente programados. Existem duas abordagens principais de aprendizado de máquina: supervisionado e não supervisionado. Ambos são métodos que permitem aos algoritmos aprenderem a partir de dados e são utilizados para descobrir padrões e estruturas nos dados. O aprendizado supervisionado usa dados rotulados para treinar o algoritmo a produzir saídas precisas em novos dados, enquanto o

aprendizado não supervisionado usa dados não rotulados para encontrar estruturas e padrões ocultos nos dados. As técnicas usadas para cada abordagem são diferentes, o aprendizado supervisionado usa técnicas de classificação e regressão, enquanto o aprendizado não supervisionado usa técnicas de clusterização e redução de dimensionalidade. O aprendizado supervisionado é usado em problemas em que há uma classe alvo a ser determinada, enquanto o aprendizado não supervisionado é usado quando não há esta classe alvo.

Exemplo de aplicação desta abordagem na área ambiental está descrito no trabalho de Arcoverde et al. (2011), segundo o qual, por meio da utilização da técnica de reconhecimento de padrões torna-se possível realizar uma análise exploratória dos dados relacionados às áreas de localização e fatores ecológicos, para permitir a identificação de áreas prioritárias para a recuperação florestal. O estudo envolve a avaliação de conectividade e cobertura florestal, descritas por uma série de atributos que foram utilizados em uma abordagem de agrupamento utilizando mapas auto-organizáveis.

3.5.1 Agrupamentos e mineração de dados

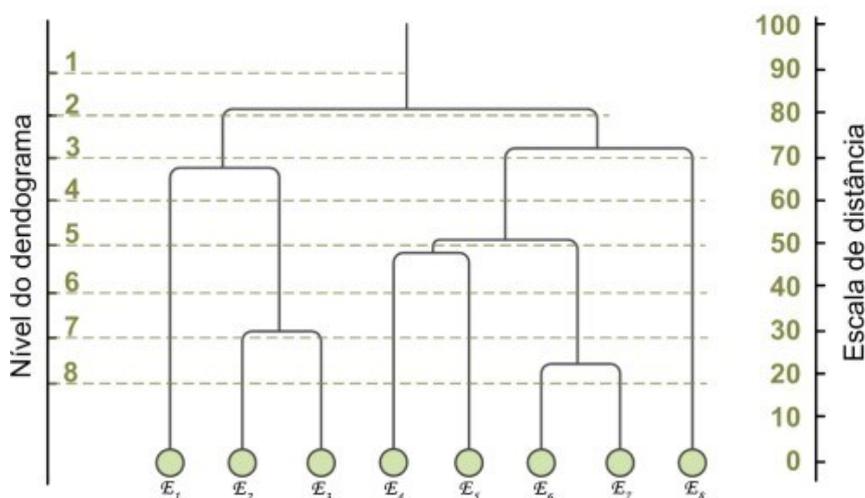
De acordo com Amaral (2019) agrupamentos são tarefas de aprendizado de máquina não supervisionadas (sem conhecimento prévio das classes de interesse), as quais possuem enorme relevância para a utilização em casos de mineração de dados. Sendo assim, a mineração de dados possui o intuito de explorar e analisar grandes volumes de dados à procura de padrões e, quando associada às técnicas de aprendizado de máquina, fundamentadas em Inteligência Artificial, é capaz de identificar padrões que provavelmente não seriam encontrados com análises tradicionais.

Segundo Mariano et al. (2020) a mineração de dados se dá por um processamento computadorizado que utiliza matemática, estatística e inteligência artificial, por meio de pesquisas em extensas quantidades de dados em busca da descoberta de relações previamente desconhecidas. São diversas as técnicas utilizadas para a mineração de dados, a escolha da melhor técnica baseia-se no tipo de dados existente e no tipo de informação que se pretende extrair. A técnica de agrupamento ou clustering é uma das mais aplicadas e se caracteriza pela localização de grupos e subgrupos semelhantes para os dados encontrados.

Por meio do clustering analisam-se objetos de dados sem a necessidade de um rótulo de classe conhecida, em que se busca apenas encontrar elementos com propriedades semelhantes e agrupá-los (METZ, 2006).

O agrupamento pode ser hierárquico, por partição ou gerado por redes neurais. No hierárquico, inicialmente cada item de dados encontra-se em seu próprio *cluster*, que a posteriori são unidas consecutivamente para criar uma estrutura de agrupamento (BADHIYE; CHATUR; WAKODE, 2012; METZ, 2006). Nesse contexto, Metz (2006) afirma que uma das técnicas mais utilizadas para o agrupamento hierárquico é pelo dendrograma, que é definido como uma representação gráfica em forma de árvore sobre a estrutura dos agrupamentos. Conforme ilustrado na Figura 1, a altura de cada arco aponta a distância ou similaridade que resultou no agrupamento dos *clusters*. Para estabelecer um nível de similaridade e avaliá-lo entre os grupos é traçada uma linha horizontal no dendrograma. Se traçada a um nível mais baixo de distância, o corte fará com que haja uma grande quantidade de grupos, porém se traçada a níveis de maior distância, haverá a definição de poucos grupos.

Figura 1 - Clustering representado por meio do Dendrograma.



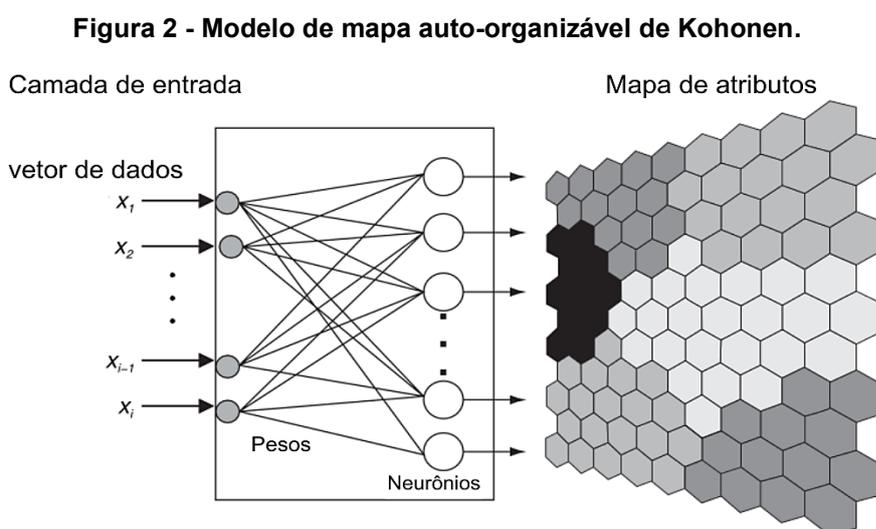
Fonte: Metz (2006)

Na Figura 1, por exemplo, observa-se que o corte de nível 8 compreende 8 grupos com baixa distância, ou seja, uma alta similaridade. Já o corte de nível 2 engloba 2 grupos com uma alta distância, de modo a haver uma baixa similaridade.

Já no método de partições, a priori é necessário ter conhecimento do número de clusters, no qual o particionamento será realizado de modo a minimizar a medida de dissimilaridade dentro de cada cluster e maximizar a dissimilaridade entre

diferentes clusters (BADHIYE; CHATUR; WAKODE, 2012; METZ, 2006).

As técnicas de redes neurais possuem diversas aplicações na área de reconhecimento de padrões, com métodos supervisionados e não supervisionados. Uma das classes de redes neurais não supervisionadas são os mapas auto-organizáveis de *Kohonen*, que produzem como resultado um conjunto de grupos representados em uma grade bidimensional de elementos chamados neurônios. Neste caso, o posicionamento desses neurônios é representativo das características dos dados de entrada, em que se forma um mapa topográfico de padrões (HAYKIN, 2001), conforme apresenta-se na Figura 2.



Fonte: Adaptada de Caires (2016, p.19)

A Figura 2 apresenta uma estrutura de rede utilizada para análise e visualização de dados. De acordo com Fernandes (2003), a camada de entrada recebe o vetor de dados e os envia para a camada oculta, que é composta por neurônios organizados em um arranjo bidimensional. Cada neurônio na camada oculta está conectado a todos os neurônios na camada de saída, o qual ocorre o processo de competição, onde o neurônio vencedor é determinado com base na menor distância euclidiana em relação ao vetor de entrada e, portanto, maior semelhança. A camada de saída é composta por neurônios organizados que representa a grade da rede. Cada neurônio tem um vetor de peso associado que é ajustado durante o treinamento da rede, para representar as características dos dados de entrada em um espaço bidimensional cuja divisão reflete os diferentes grupos obtidos.

Segundo Haykin (2001) o modelo de Kohonen possui a capacidade de realizar a compressão dos dados, ou seja, a redução da dimensionalidade na entrada, por meio do mapeamento topológico que associa um número de vetores em um espaço de entrada de uma elevada dimensionalidade a grupos com características comuns.

3.5.2 Ferramenta VIS-STAMP

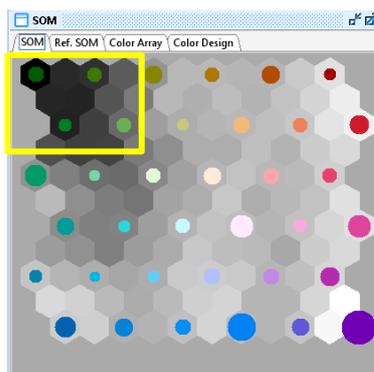
Guo (2009) apresentou a ferramenta Visualization System for Space-Time and Multivariate Patterns (VIS-STAMP) como um pacote de software que engloba métodos computacionais, visuais e cartográficos, em que um dos objetivos é conseguir identificar e visualizar padrões espaço-temporais multivariados de forma interativa. Além de possibilitar o reconhecimento de complexos padrões e apresentá-los de modo mais simples e detalhado para interpretação, é possível executar outras funções, como:

- Agrupamento de dados espaço-temporais multivariados em conjunto a um mapa auto-organizado denominado *Self- Organizing Maps (SOM)*;
- Codificação do resultado do agrupamento com diversas cores em um esquema bidimensional;
- Visualização dos padrões multivariados por meio do gráfico de coordenadas paralelas denominado *Parallel Coordinate Plot (PCP)*, que no sistema integrado serve como uma “legenda” para interpretação dos valores de cada atributo, associados aos grupos por meio das cores;
- Visualização das alterações de padrões espaço-temporais multivariados por meio de uma matriz temporal e uma matriz geograficamente ordenada.

O SOM é a representação gráfica do mapa auto-organizável resultante do agrupamento, em que a similaridade entre os objetos espaciais e seus atributos e os grupos resultantes são apresentados em uma grade bidimensional de hexágonos coloridos (GUO, 2009; BATISTA et al., 2011).

De acordo com Guo (2009) o gráfico apresenta dois diferentes tipos de hexágonos que compõem a metodologia, os hexágonos de nós e o hexágono de distância. Nos hexágonos de nós, cada elemento representa um agrupamento, sendo dimensionado de acordo com o tamanho desse grupo. Já nos hexágonos de distância, cada elemento é usado para mostrar as diferenças entre os neurônios vizinhos na rede, por meio do tom de cinza, conforme o exemplo da Figura 3.

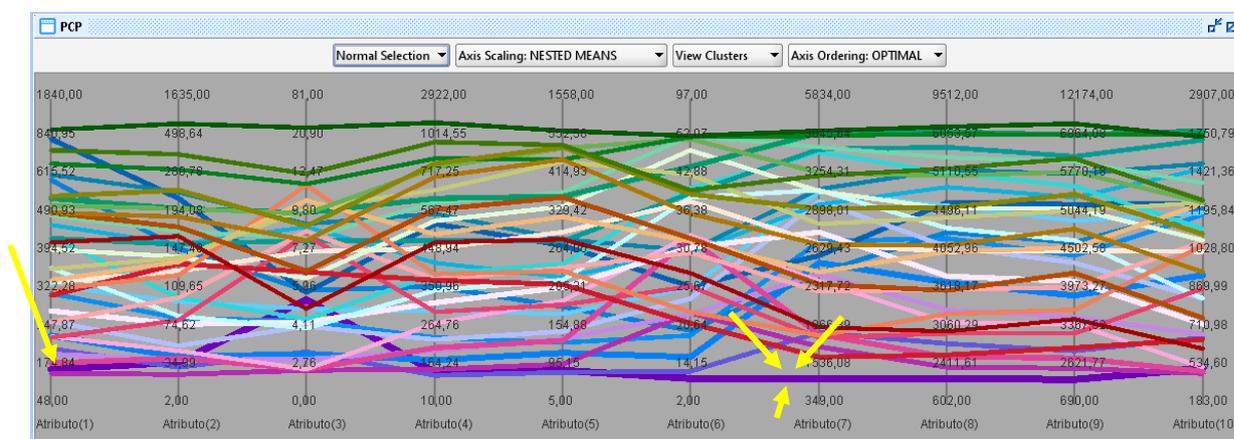
Figura 3 - Exemplo da metodologia SOM.



Fonte: Autoria própria (2022)

O PCP é o componente que apresenta o gráfico de coordenadas paralelas, o qual permite a identificação dos valores dos atributos dos grupos gerados, como uma legenda de cores associada ao SOM, conforme o exemplo da Figura 4. Este gráfico apresenta uma visão global dos padrões, em que cada linha representa o seu vetor médio e a espessura equivale à quantidade de itens de dados no *cluster* (grupo). Cada eixo vertical deste gráfico corresponde a um atributo do conjunto de dados e o posicionamento das linhas coloridas indica o valor deste atributo. Isso permite que os usuários visualizem como os agrupamentos nos dados podem ser descritos em termos dos valores de seus respectivos atributos, tornando possível entender as características mais relevantes de acordo com os objetivos do estudo (GUO, 2009).

Figura 4 - Exemplo da metodologia PCP.

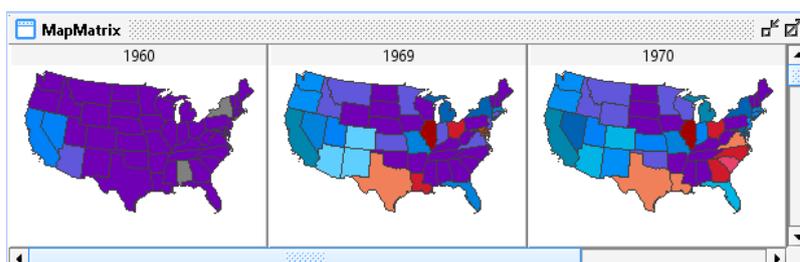


Fonte: Autoria própria (2022)

O componente Map Matrix apresenta uma matriz de mapas que permite visualizar onde e quando certos padrões espaciais estão presentes. É um gráfico interativo, o qual permite que os usuários selecionem áreas específicas para ver em

mais detalhes como os valores mudam ao longo do tempo, conforme a figura 5 (GUO, 2009; BATISTA et al., 2011).

Figura 5 - Exemplo da metodologia Map Matrix.



Fonte: Autoria própria (2022)

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a elaboração do estudo foram utilizados os dados do censo da arborização urbana do município de Jataizinho-PR realizado pela equipe do projeto de extensão “Apoio a pequenos municípios para a elaboração do plano municipal de arborização urbana”, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Londrina, coordenado pela Professora Patrícia Carneiro Lobo Faria, do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária e executado em conjunto com os alunos. Dados complementares de arruamento da área foram obtidos do IBGE (2021a).

Para o levantamento da arborização a equipe do projeto foi a campo coletar diversas informações das árvores de rua e registrá-las em uma planilha conforme orientações de documentos de apoio, apresentados nos anexos A e B elaborados pela professora coordenadora do projeto.

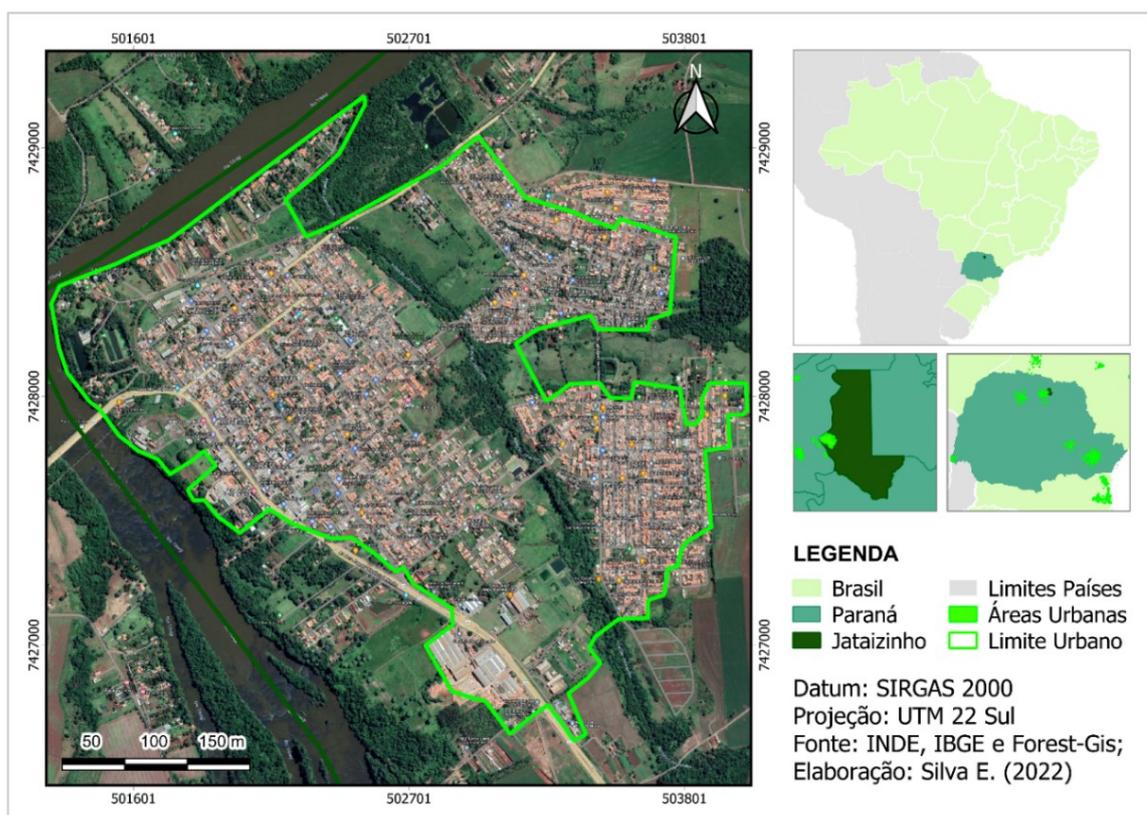
4.1 Área de estudo

A área referente ao estudo está localizada na região norte do estado Paraná, no município de Jataizinho, cuja sede está a uma latitude de 23° 17' Sul e longitude 50° 56' Oeste, apresentada na Figura 6. Jataizinho possui uma estimativa de 12.687 habitantes para o ano de 2021 e o índice de desenvolvimento humano em constante aumento sendo 0,687, uma área territorial de aproximadamente 159,178 km² com 35,8% de urbanização de vias públicas e 90,9% de arborização de vias públicas, segundo o censo do IBGE (2010; 2021b).

O sítio urbano de Jataizinho é caracterizado por apresentar áreas planas e acidentadas, especialmente na região leste do município, onde está localizado o rio

Tibagi, uma das principais bacias hidrográficas da região com cerca de 1.100 km de extensão e importante contribuinte para a bacia do rio Paraná (POLIDORO; TAKEDA; BARROS, 2009). A economia de Jataizinho é marcante pela agricultura e a vegetação compreende a floresta estacional semidecidual pertencente ao Bioma Mata Atlântica (CALVENTE; GONÇALVES, 2004; IBGE, 2004).

Figura 6 - Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: Autoria própria (2022)

O município de Jataizinho possui uma história caracterizada por um processo gradual de transformações que culminaram em sua independência como município autônomo. Ao longo do tempo, Jataizinho passou por diversas etapas de evolução, superando desafios e alcançando importantes marcos em seu caminho para se estabelecer como uma entidade municipal independente. Pela Lei Estadual nº 1.9118 de 23 de fevereiro de 1.920 Jataí se tornou Distrito do Município de São Jerônimo em 1920, no entanto a primeira emancipação do município só ocorreu em 1929 através da lei nº 2.614, a emancipação definitiva aconteceu em 10 de outubro de 1947 através da Lei Estadual nº 02 e a instalação solene do Município ocorreu em 08 de dezembro. O nome do município se deve a grande quantidade de árvores que a região possui,

denominadas de jatobás ou jataí (JATAIZINHO, 2022).

4.2 Preparação dos bancos de dados geográficos

O estudo desenvolveu-se com a utilização de duas ferramentas, sendo a primeira o *software* livre denominado QGIS na versão 3.16. Com esse programa foi realizada a preparação do banco de dados geográficos do inventário de arborização urbana do município de Jataizinho. O banco de dados do inventário é organizado por elemento amostrado, que são as árvores, tocos e espaços disponíveis.

- Para realizar a análise por indivíduo, foram utilizadas somente os elementos que não possuíam valores nulos nos atributos dos dados amostrados, ou seja, apenas os elementos amostrados como árvores.
- No entanto, para realizar a análise por quadra, foi necessário agregar os dados de acordo com as divisões das quadras, em vez de considerar os elementos individuais. Para isso, o fracionamento da área para o estudo se deu por meio dos limites das próprias quadras adquiridas do IBGE (2021a).

4.2.1 Pré-processamento dos dados georreferenciados por indivíduo

Para organizar os dados por indivíduos os atributos associados a questões fitossanitárias, ocorrência de conflitos com pedestres e infraestrutura urbana e condição do caule e raiz, que estavam representados originalmente com valores “sim” e “não” foram mapeados para valores numéricos como números inteiros, sendo atribuído o valor 1 para “sim” e 0 para “não”.

Posteriormente, realizou-se a soma dos valores de acordo com cada questão, gerando as colunas “sum_fito” (soma dos valores relacionados à questão fitossanitária), “sum_sa_es” (soma dos valores relacionados às questões de saúde e estrutura das árvores) e “sum_confli” (soma dos valores relacionados à ocorrência de conflitos com pedestres e infraestrutura urbana). Essas somas foram realizadas conforme indicado na coluna “aspectos” do Quadro 1. Vale ressaltar que as colunas “CAP” (Circunferência à Altura do Peito) e “Altura” foram mantidas com seus valores originais, sem qualquer modificação.

O Quadro 1 apresenta uma lista dos dados que foram utilizados para categorizar os atributos de acordo com aspectos específicos no banco de dados por indivíduos. Cada linha desse quadro corresponde a um atributo particular presente na

planilha do banco de dados.

Quadro 1 – Lista de dados utilizados para categorizar os atributos por aspectos específicos para o banco por indivíduos. Id_ significa a identificação resumida dos atributos presentes na planilha do banco de dados.

Id_	Aspectos	Identificação
cap_cm	CAP	Circunferência na altura do peito
altura_m	Altura	Altura da árvore
sum_fito	Fitossanitário	Presença de Broca
		Presença de Cupim
		Presença de Fungo
		Presença de Erva-de-passarinho
		Presença de Cipó-chumbo
		Presença de Formiga
		Presença de Sugadores
sum_sa_es	Problema de saúde e estrutura da árvore	Ausência de Área livre
		Ocorrência de Topiaria
		Ocorrência de Injúria de base no caule
		Ocorrência de Injúria na forquilha ramos
		Ocorrência de Copa desequilibrada
		Ocorrência de Poda Drástica
		Ocorrência de Raiz com injúria
Ocorrência de Raiz cortada		
sum_confli	Conflitos	Proximidade com Poste
		Proximidade com Boca de Lobo
		Proximidade com Ponto de Ônibus
		Proximidade com Lixeira
		Proximidade com Placa de Sinalização
		Presença de Mureta em volta da árvore
		Presença de Manilha
		Presença desnecessária de Gradil
		Ocorrência de Caule inclinado
		Ocorrência de Raiz quebrando calçada
		Ausência de pavimentação na calçada
		Árvore fora do alinhamento

Fonte: Autoria própria (2022)

4.2.2 Pré-processamento dos dados georreferenciados por quadra

Para organizar os dados por quadras, foi necessário agrupar as informações das árvores, tocos e espaços disponíveis de cada quadra. Nesse sentido, foi aplicado um processo em que foram calculados as médias e o desvio padrão para os atributos numéricos, utilizando a calculadora de campo e a função “unir atributos por localização”. Já para os dados categóricos foi utilizada a técnica de agregação, de

modo a serem convertidos em dados quantitativos para a realização de contagem.

Os atributos do banco de dados que foram utilizados neste processo estão listados no Quadro 2. É relevante destacar que o atributo de área livre foi avaliado da seguinte maneira: verificou-se se havia ou não ausência de área livre, e os termos "insuficiente" e "ausente" foram agrupados como "SIM", enquanto "canteiro" e "regular" foram agrupados como "NÃO".

Quadro 2 – Lista de atributos utilizados para a identificação de agrupamentos. Id_ significa a identificação resumida dos atributos presentes na planilha do banco de dados e DP representa o desvio padrão. O valor refere-se a como cada atributo foi tratado na análise por quadra.

Id_	Identificação	Atributo	Valor
Med_cap	Circunferência na altura do peito	Numérico	Média e DP
Med_alt	Altura da árvore	Numérico	Média e DP
Area_livre	Ausência de Área livre	Categórico	Não=0; Sim=1;
Broc	Presença de Broca	Categórico	Não=0; Sim=1;
Cupim	Presença de Cupim	Categórico	Não=0; Sim=1;
Fung	Presença de Fungo	Categórico	Não=0; Sim=1;
Erv_P	Presença de Erva-de-passarinho	Categórico	Não=0; Sim=1;
Cipo_C	Presença de Cipó-chumbo	Categórico	Não=0; Sim=1;
Form	Presença de Formiga	Categórico	Não=0; Sim=1;
Sug	Presença de Sugadores	Categórico	Não=0; Sim=1;
Caul_incl	Ocorrência de Caule inclinado	Categórico	Não=0; Sim=1;
Inj_bc	Ocorrência de Injúria de base no caule	Categórico	Não=0; Sim=1;
Inj_for	Ocorrência de Injúria na forquilha de ramos	Categórico	Não=0; Sim=1;
Copa_d	Ocorrência de Copa desequilibrada	Categórico	Não=0; Sim=1;
Raiz_q	Ocorrência de Raiz quebrando calçada	Categórico	Não=0; Sim=1;
Raiz_inj	Ocorrência de Raiz com injúria	Categórico	Não=0; Sim=1;
Raiz_c	Ocorrência de Raiz cortada	Categórico	Não=0; Sim=1;
Post	Proximidade com Poste	Categórico	Não=0; Sim=1;
Bc_lob	Proximidade com Boca de Lobo	Categórico	Não=0; Sim=1;
Pont_o	Proximidade com Ponto de Ônibus	Categórico	Não=0; Sim=1;
Lix	Proximidade com Lixeira	Categórico	Não=0; Sim=1;
Mur	Presença de Mureta em volta da árvore	Categórico	Não=0; Sim=1;
Man	Presença de Manilha	Categórico	Não=0; Sim=1;
Topia	Ocorrência de Topiaria	Categórico	Não=0; Sim=1;
Pod_d	Ocorrência de Poda Drástica	Categórico	Não=0; Sim=1;
Grad	Presença desnecessária de Gradil	Categórico	Não=0; Sim=1;
Plac_s	Proximidade com Placa de Sinalização	Categórico	Não=0; Sim=1;
Calc_au	Ausência de pavimentação na calçada	Categórico	Não=0; Sim=1;
Arv_f_a	Árvore fora do alinhamento	Categórico	Não=0; Sim=1;

Fonte: Autoria própria (2022)

O processo seguinte se deu na utilização de uma função disponibilizada no *software* QGIS, denominada contagem de pontos por polígono, essa função permitiu

contar quantos pontos existem em cada quadra.

Para cada atributo categórico, realizou-se uma consulta baseada em valores de interesse, para selecionar os elementos que tinham um valor específico. Por exemplo, no caso do atributo “formiga”, foram selecionadas as linhas que indicavam a presença deste inseto e, em seguida, executou-se a função de “contagem por polígono” para gerar uma nova camada com a adição de uma coluna contendo o número de ocorrências, utilizando como base a camada de quadras adquiridas do IBGE (2021a). Posteriormente, realizou-se a união das colunas de contagem dos dados numéricos com as colunas de contagem de cada nova camada criada a partir da conversão dos dados categóricos em numéricos, resultando na criação de um único banco de dados consolidado.

Para exemplificar, considere uma quadra composta por 40 elementos, dos quais 10 são árvores infestadas por formigas, 2 por brocas e 7 por cupins. Das 10 árvores com formigas, 3 apresentam evidências de injúria na base do caule e 2 tocos possuem muretas. Neste caso, as informações referentes a essa quadra serão registradas no banco de dados, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Exemplo das quadras registradas no banco de dados. ID é o número de identificação da quadra. Med_cap se encontra na unidade de medida de centímetros e Med_alt em metros.

ID	1	ID	1
Med_cap	59	Copa_d	0
Med_alt	5.8	Raiz_q	0
Poda	0	Raiz_inj	0
Area_livre	0	Raiz_c	0
Origem	0	Post	0
Porte	0	Bc_lob	0
Fiacao	0	Pont_o	0
Broc	2	Lix	0
Cupim	7	Mur	2
Fung	0	Man	0
Erv_P	0	Topia	0
Cipo_C	0	Pod_d	0
Form	10	Grad	0
Sug	0	Plac_s	0
Caul_incl	0	Calc_au	0
Inj_bc	3	Arv_f_a	0
Inj_for	0		

Fonte: Autoria própria (2022)

Os dados foram organizados por indivíduos e por quadras e foram exportados do banco de dados em formato planilha (csv) e também como *shapefile*, em virtude dos requisitos da ferramenta de agrupamento. Dessa forma, os dados foram preparados para o processo posterior, que se utiliza a ferramenta *VIS-STAMP* para executar o reconhecimento de padrões.

Após a entrada do banco de dados para a ferramenta computacional, são gerados os gráficos *SOM*, *PCP* e *Map Matrix*. A primeira análise foi realizada por meio do mapa auto-organizável, em que os dados foram agrupados em clusters. Posteriormente foi realizado a combinação do resultado do gráfico *SOM* com o gráfico *PCP*, em que foi possível caracterizar os grupos identificados em termos dos valores de seus atributos. Com os resultados de padrões identificados mediante aos gráficos *SOM* e *PCP*, foi utilizado o *Map Matrix*, a fim de identificar a área onde esses padrões ocorrem.

4.3 Detecção de agrupamentos

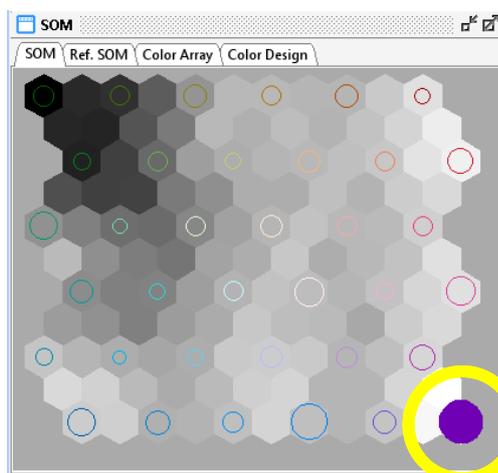
A segunda ferramenta utilizada no desenvolvimento do estudo foi o *software* livre *VIS-STAMP*, com o intuito de agrupar os dados, caracterizá-los e permitir a visualização dos padrões espaciais. Tendo em vista que este banco de dados não possui dados com variações temporais a serem analisadas, foram utilizadas apenas as informações apresentadas pelos componentes *SOM*, *PCP* e *Map Matrix*.

O primeiro passo neste processo foi carregar para a ferramenta computacional os dois arquivos (csv e *Shapefile*) que foram gerados na etapa anterior. É importante destacar que o reconhecimento de padrões nesta ferramenta é interativo, ou seja, é realizado uma filtragem de tudo que for de interesse para a análise. Para realizar a análise por indivíduo e por quadra, foi adotado o mesmo procedimento na ferramenta computacional utilizada. A distinção foi feita na interpretação dos agrupamentos identificados.

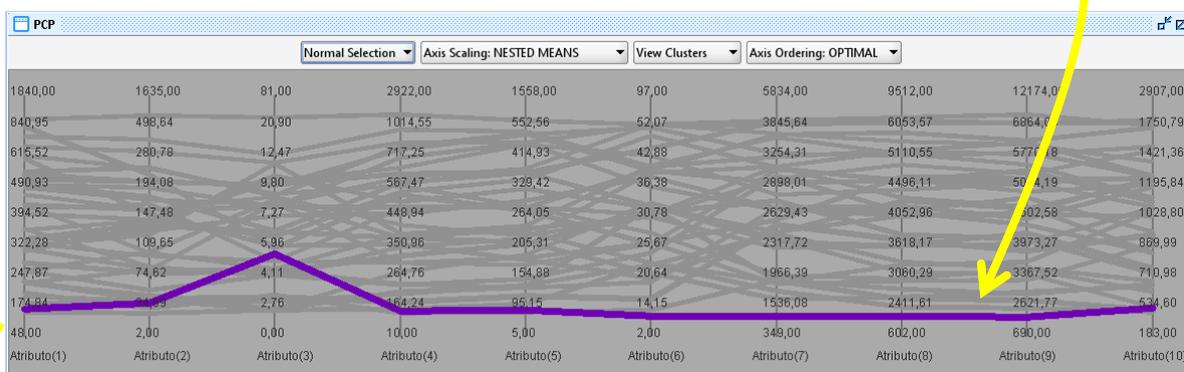
É de grande importância salientar que, para realizar uma análise eficiente e compreender melhor os padrões identificados, é necessário correlacionar os três gráficos obtidos pela ferramenta *VIS-STAMP*: *SOM*, *PCP* e *Map Matrix*. Na figura 7 apresenta-se um exemplo com dados aleatórios, que busca explicar este processo de correlação entre os componentes e demonstrar a metodologia utilizada.

Figura 7 - Apresentação dos três componentes correlacionados para a visualização e detecção dos padrões: a) SOM; b) PCP; c) Map Matrix.

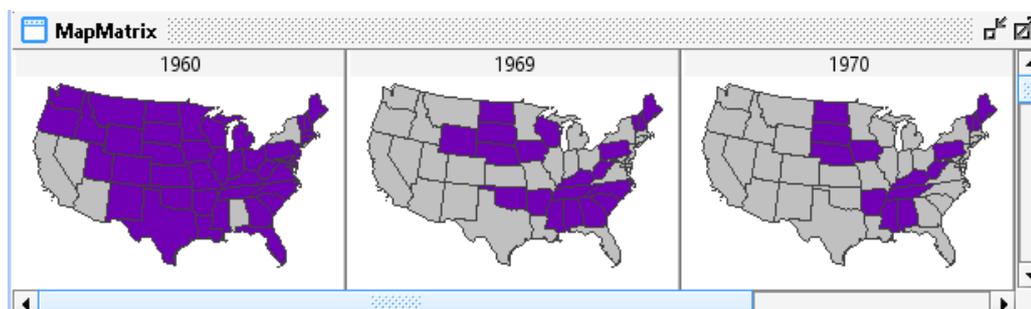
a)



b)



c)



Fonte: Autoria própria (2022)

A partir da análise do gráfico SOM apresentado na Figura 7.a), pode-se observar a presença de diversos agrupamentos de dados multivariados. Neste contexto, é importante destacar que, dentro do conjunto de dados em questão, foi selecionado o agrupamento de maior dimensão, representado pelo círculo de cor roxa, o maior em termos de tamanho no conjunto de dados, ou seja, quanto maior a

dimensão desses círculos maior o número de elementos associados a esse tipo de agrupamento. É relevante enfatizar que o processo de interpretação dos agrupamentos é realizado de forma interativa.

Em um segundo momento, a identificação do padrão de ocorrência foi realizada por meio da visualização do gráfico PCP, conforme ilustrado na Figura 7.b). Após selecionar o agrupamento no SOM, a linha correspondente ao agrupamento será destacada no PCP, permitindo o reconhecimento dos valores médios dos atributos do agrupamento identificado, o propósito dessa análise é interpretar o comportamento dos atributos em função do grupo selecionado. No caso em questão, observou-se um padrão caracterizado por um pico exclusivamente no Atributo(3), enquanto os demais atributos apresentaram valores baixos.

Em uma etapa posterior ao reconhecimento do padrão, utilizou-se o Map Matrix para a identificação espacial dos padrões descritos. Pelas áreas de cor roxa é possível visualizar onde esses agrupamentos estão localizados no mapa. Além disso, quando existem dados temporais disponíveis, é possível verificar a evolução histórica desses padrões. Na Figura 7.c), é possível observar a ocorrência do padrão em grande parte do território dos Estados Unidos no ano de 1960. Com o passar do tempo, nota-se uma redução na frequência desse padrão, que passa a ser mais comum nas regiões norte e sudeste do país.

Percebe-se, assim, que a partir da análise dos componentes SOM, PCP e Map Matrix, é possível identificar e descrever padrões de ocorrência de dados multivariados, além de informações importantes para compreender e interpretar conjuntos de dados e sua relação com as características espaciais.

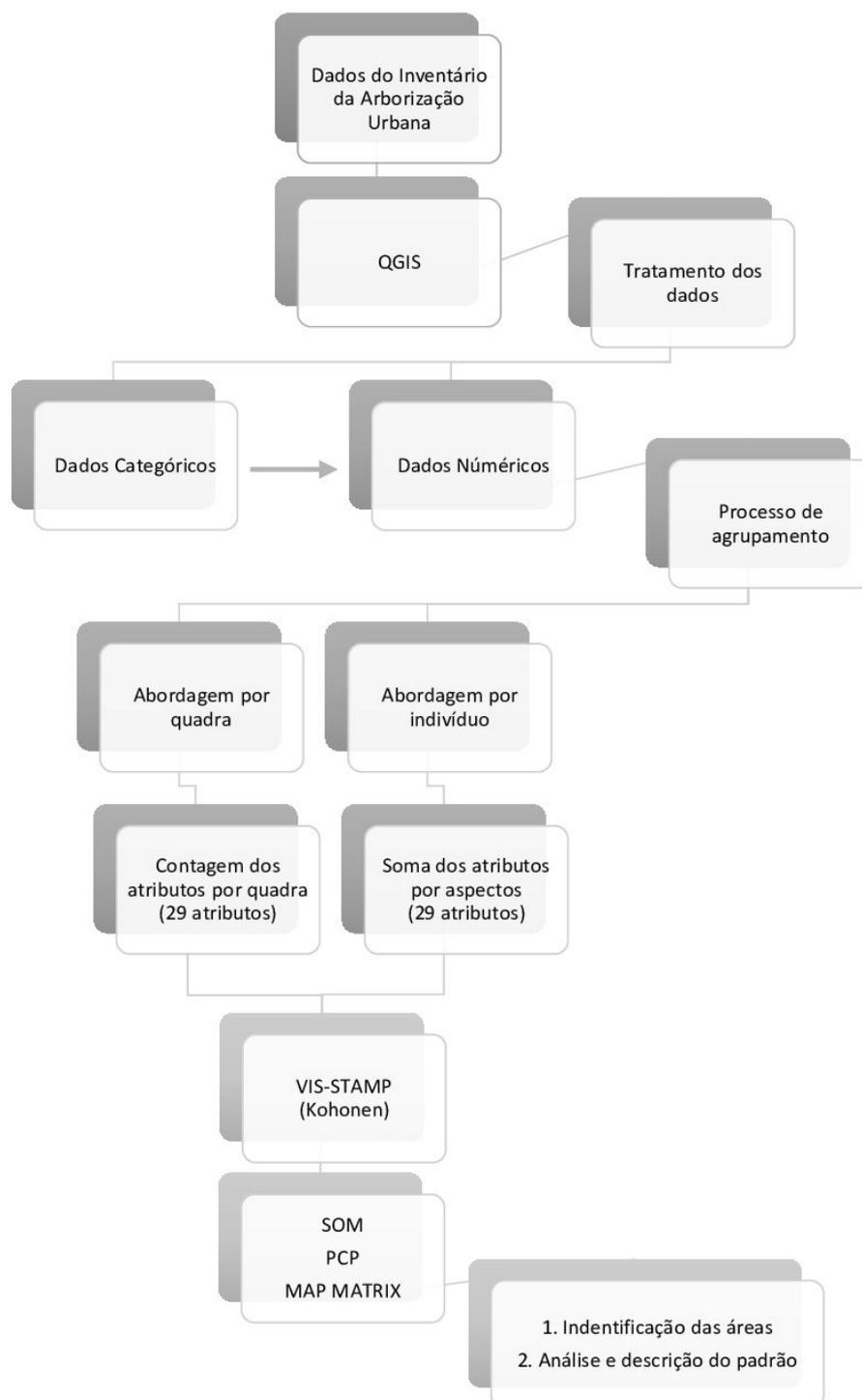
Utilizando as informações obtidas, foi possível realizar uma análise diagnóstica, na qual se buscou identificar padrões ou tendências que indicam ou possam indicar a ocorrência de problemas futuros na arborização. Um exemplo de problema identificado durante a análise diagnóstica foi a presença de pragas, as quais podem causar danos às árvores ao longo do tempo. Essa constatação ressalta a importância de identificar essas pragas para garantir a saúde e a longevidade da árvore.

Por fim, foi realizada uma análise prescritiva, com o propósito de sugerir medidas e recomendações que possam ser adotadas para melhorar a gestão da arborização urbana, como a adoção de métodos de proteção sanitária vegetal e a melhoria da infraestrutura urbana.

O conjunto de análises permite obter informações sobre a arborização urbana, possibilitando contribuir para a tomada de decisão e implementação de políticas públicas eficazes para a gestão da arborização em áreas urbanas.

O procedimento metodológico do estudo é demonstrado de forma visual por meio do fluxograma 1.

Fluxograma 1 – Processo metodológico do estudo desenvolvido.



Fonte: Autoria própria (2023)

O fluxograma descreve o processo de análise dos dados do inventário da arborização urbana. Inicialmente utiliza-se o software QGIS para tratar os dados, onde os dados categóricos são convertidos em dados numéricos para permitir a contagem e a soma na etapa seguinte. Em seguida, ocorre o agrupamento dos dados por meio de duas abordagens: por quadra, contando os atributos por quadra, e por indivíduo, somando os atributos por aspectos específicos (fitossanidade, conflitos, estrutura e saúde das árvores). O VIS-STAMP, que utiliza o modelo de Kohonen, é empregado para visualizar os dados, incluindo técnicas como SOM, PCP e Map Matrix. Com base nas análises, são identificadas as áreas que possuem os agrupamentos de interesse e realizado a descrição dos padrões encontrados na arborização urbana.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Configuração dos bancos de dados geográficos

O banco de dados da arborização urbana de Jataizinho-PR é constituído por um total de 6.300 pontos coletados durante o processo de mapeamento. Dentre esses pontos, identificou-se a presença de 3.303 árvores, 204 tocos, 2.655 espaços disponíveis e 138 espaços disponíveis com tocos, conforme apresentado visualmente na Figura 8, que ilustra a distribuição georreferenciada dos pontos.

Figura 8 - Visão geral da área mapeada para o inventário de arborização urbana do município de Jataizinho-PR.



Fonte: Autoria própria (2022)

Os dados coletados sobre a condição de cada árvore em relação a aspectos fitossanitários, problemas de saúde e estrutura da árvore e conflitos com a infraestrutura urbana e pedestre estão apresentados na Tabela 2, em que a coluna

quantidade indica o número de elementos em que cada aspecto avaliado foi detectado, ou seja, a quantidade de ocorrências detectadas para cada aspecto avaliado. Os percentuais foram calculados levando em consideração o total de árvores avaliadas, que foi de 3303 e é importante ressaltar que um indivíduo pode conter mais de um atributo associado, o que torna o total apresentado nesta tabela superior a este valor de indivíduos.

Tabela 2 - Quantitativo de árvores por aspectos avaliados.

Aspectos	Atributo	Quantidade	Percentual
Fitossanitário	Presença de Broca	13	0,39
	Presença de Cupim	69	2,09
	Presença de Fungo	84	2,54
	Presença de Erva-de-passarinho	15	0,45
	Presença de Cipó-chumbo	5	0,15
	Presença de Formiga	307	9,29
	Presença de Sugadores	7	0,21
		Não possui aspecto fitossanitário	2861
	Total	3361	
Problema de saúde e estrutura da árvore	Ausência de Área livre	1760	59,34
	Ocorrência de Topiaria	92	2,79
	Ocorrência de Injúria de base no caule	184	5,57
	Ocorrência de Injúria na forquilha ramos	1112	33,68
	Ocorrência de Copa desequilibrada	31	0,94
	Ocorrência de Poda Drástica	669	20,27
	Ocorrência de Raiz com injúria	43	1,30
	Ocorrência de Raiz cortada	8	0,24
	Não possui problema de saúde e estrutura	1036	
	Total	4935	
Conflitos	Proximidade com Poste	48	1,45
	Proximidade com Boca de Lobo	64	1,94
	Proximidade com Ponto de Ônibus	3	0,09
	Proximidade com Lixeira	129	3,91
	Proximidade com Placa de Sinalização	7	0,21
	Presença de Mureta em volta da árvore	831	25,16
	Presença de Manilha	181	5,48
	Presença desnecessária de Gradil	50	1,51
	Ocorrência de Caule inclinado	60	1,82
	Ocorrência de Raiz quebrando calçada	1056	31,97
	Ausência de pavimentação na calçada	374	11,32
	Árvore fora do alinhamento	156	4,72
		Não possui aspecto de conflitos	1121
	Total	4080	

Fonte: Autoria própria (2023)

De acordo com a Tabela 2, é possível observar os valores de maior percentual em relação aos diferentes aspectos analisados. Ao considerar o aspecto Fitossanitário, o atributo que apresenta o maior percentual é a Presença de Formiga, com um valor de 9,29%.

Já em relação ao aspecto Problema de saúde e estrutura da árvore, o atributo que se destaca com o maior percentual é a Ausência de Área livre, com um valor de 59,34%. Essa alta porcentagem sugere que a falta de espaço adequado ao redor das árvores é um problema recorrente, possivelmente comprometendo sua saúde e estrutura. Outro atributo que se destacou em sua quantidade foi o de Ocorrência de Injúria na forquilha ramos com 33,68%.

No aspecto Conflitos, o atributo com o maior percentual é Ocorrência de Raiz quebrando calçada, com 31,97%. Esse valor elevado indica que as raízes das árvores estão causando danos à pavimentação das calçadas, o que pode representar um desafio para a infraestrutura urbana e a segurança dos pedestres.

Para uma análise preliminar é plausível considerar que a presença de formigas pode estar influenciando na ocorrência de injúria na forquilha de ramos, por meio da construção de seus ninhos. Além disso, a ausência de área livre pode estar associada à ocorrência de raízes quebrando calçada, pois a falta de espaço adequado para o desenvolvimento compromete a estabilidade das árvores, fazendo com que as raízes busquem espaço sob as calçadas, resultando em danos estruturais.

Com base nos valores dos quantitativos por atributo obtidos, foi calculada a somatória dos problemas identificados em cada uma das condições avaliadas. Por meio deste procedimento, foi possível identificar os problemas mais frequentes encontrados na análise, os quais foram listados nas Tabelas 3 a 5, respectivamente. O cálculo do percentual desses problemas foi baseado no número total de árvores avaliadas, o qual correspondeu a 3303 árvores.

A arborização urbana é fundamental para a promoção da qualidade de vida nas cidades, porém, a presença de problemas fitossanitários pode comprometer a saúde das árvores e a segurança dos cidadãos. Nesse contexto, a Tabela 3 apresenta o resultado da avaliação da fitossanidade das árvores, considerando problemas como broca, cupim, fungo, erva-de-passarinho, cipó-chumbo, formiga e sugadores. Os dados revelaram que 11,75% das árvores apresentam pelo menos um problema fitossanitário, totalizando 442 árvores com uma ou mais questões a serem resolvidas.

Tabela 3 - Quantitativo agregado para o aspecto de fitossanidade.

Número problemas	Quantidade de árvores	Percentual
0	2861	86,62
1	388	11,75
2	50	1,51
3	4	0,12

Fonte: Aatoria própria (2023)

A saúde estrutural das árvores é fundamental para a manutenção da arborização urbana e para garantir a segurança dos cidadãos. Na Tabela 4 foram avaliados problemas relacionados às condições da raiz, do caule e da copa das árvores, bem como a ocorrência de injúrias e a ausência de área livre. Os resultados obtidos revelam a presença de problemas relevantes, que necessitam de atenção especial para garantir a saúde e a longevidade das árvores urbanas, indicando que 42,93% das árvores apresentam pelo menos um dos problemas citados (ausência de área livre, ocorrência de topiaria, ocorrência de injúria de base no caule, ocorrência de injúria na forquilha ramos, ocorrência de copa desequilibrada, ocorrência de poda drástica, ocorrência de raiz com injúria e ocorrência de raiz cortada), enquanto 25,70% apresentam dois ou mais problemas. Esses dados evidenciam a necessidade de adoção de medidas eficazes de manejo e monitoramento constante das árvores urbanas, a fim de evitar a ocorrência de problemas estruturais e garantir a segurança e a qualidade de vida da população.

Tabela 4 - Quantitativo agregado para problema de saúde e estrutura da árvore.

Número problemas	Quantidade de árvores	Percentual
0	1036	31,37
1	1418	42,93
2	648	19,62
3	175	5,30
4	24	0,73
5	2	0,06

Fonte: Aatoria própria (2023)

A presença de conflitos entre as árvores e a infraestrutura e os pedestres pode comprometer a segurança e a harmonia do espaço urbano. Nesse contexto, a Tabela

5 apresenta os resultados da avaliação dos conflitos relacionados à infraestrutura e aos pedestres nas árvores urbanas, incluindo a proximidade com poste, proximidade com boca de lobo, proximidade com ponto de ônibus, proximidade com lixeira, proximidade com placa de sinalização, presença de mureta em volta da árvore, presença de manilha, presença desnecessária de gradil, ocorrência de caule inclinado, ocorrência de raiz quebrando calçada, ausência de pavimentação na calçada e árvore fora do alinhamento.

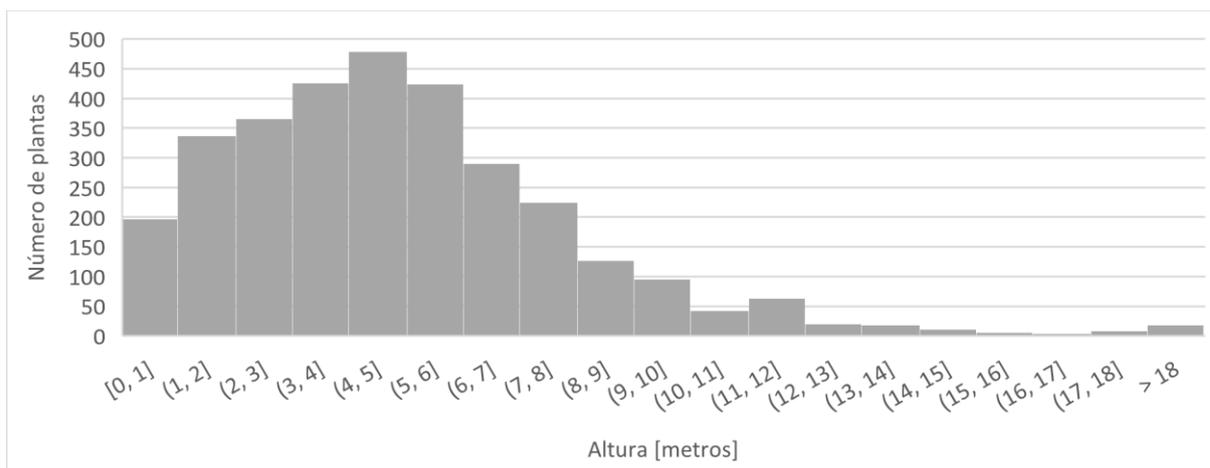
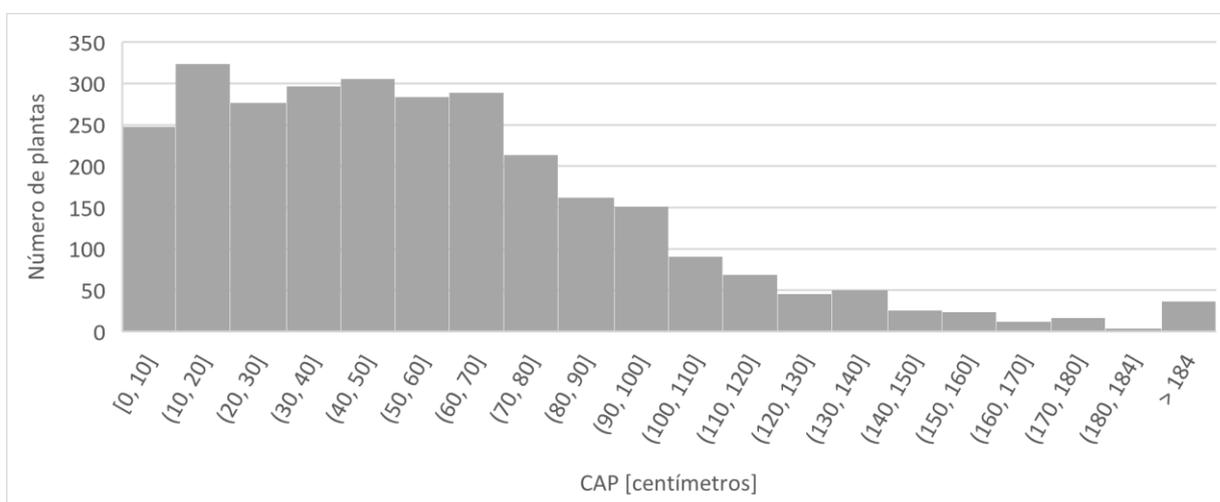
Tabela 5 - Quantitativo agregado para o aspecto de conflitos.

Número problemas	Quantidade de árvores	Percentual
0	1121	33,94
1	1489	45,08
2	613	18,56
3	76	2,30
4	4	0,12

Fonte: Autoria própria (2023)

Diante disso, a análise dos dados coletados revelou que mais da metade das árvores avaliadas apresentaram ao menos um dos conflitos avaliados, totalizando 66,06% dos indivíduos analisados. Tal constatação ressalta a importância de se adotar uma abordagem integrada e multidisciplinar no planejamento e na gestão da arborização urbana, a fim de minimizar os conflitos e garantir a efetividade das políticas públicas voltadas para o setor.

As Figuras 9 e 10 apresentam a distribuição das alturas e CAP das árvores encontradas na área amostrada, permitindo visualizar a quantidade de árvores em cada faixa. Através dessas informações, é possível obter uma visão geral da estrutura da arborização urbana na região estudada. Ao analisar os resultados, percebe-se que a maioria das árvores tem uma altura entre 4 a 5 metros e possui uma CAP variável entre 10 a 70 centímetros.

Figura 9 - Histograma da altura (metros) estimada das árvores.**Fonte: Autoria própria (2023)****Figura 10 - Histograma de CAP (centímetros).****Fonte: Autoria própria (2023)**

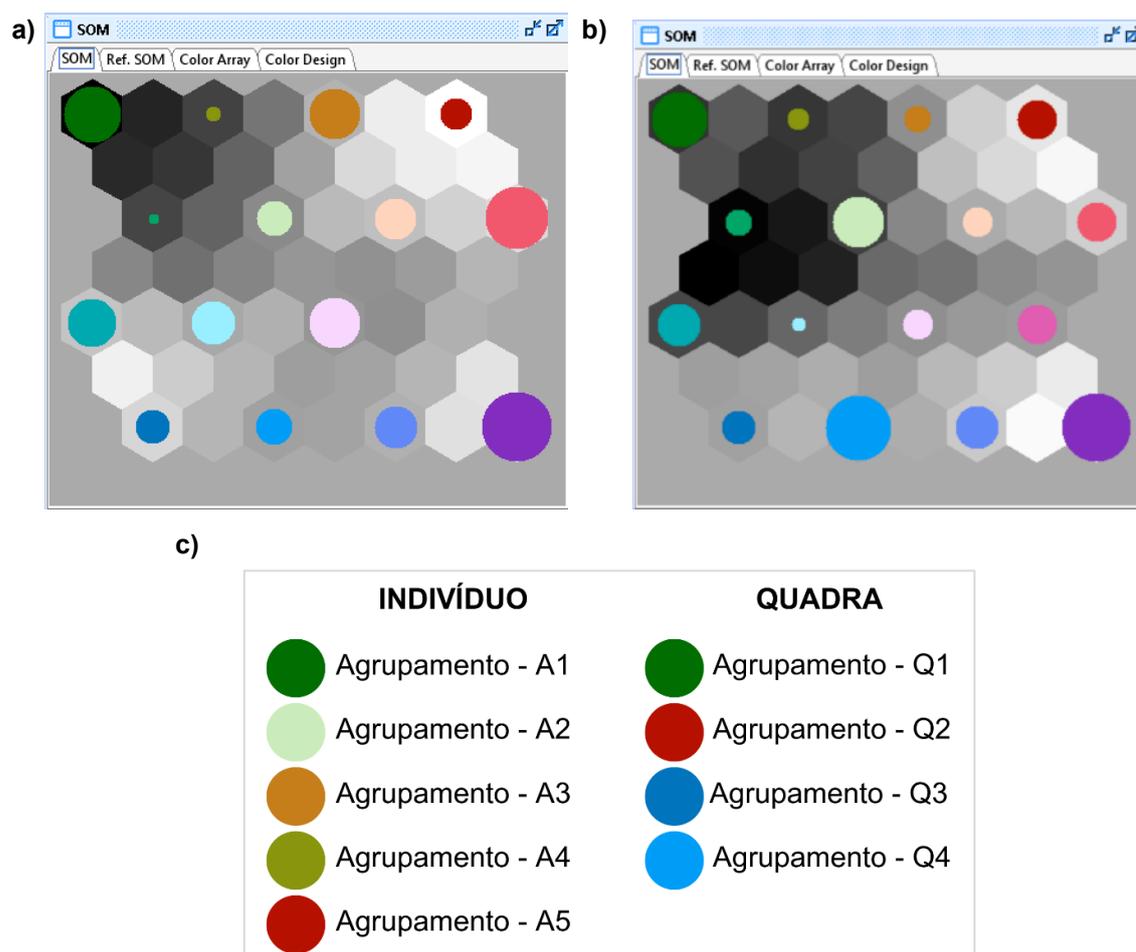
Por meio das informações obtidas sobre estrutura da arborização urbana na região estudada, é possível fornecer subsídios importantes para a elaboração de regulamentações públicas no âmbito da arborização urbana. Os dados permitem embasar diretrizes relacionadas à escolha do porte das árvores, considerando o tamanho das calçadas e as alturas das fiações elétricas. Além disso, as informações contribuem para a definição de distâncias seguras entre as árvores e os equipamentos de infraestrutura urbana, bem como orientar o dimensionamento adequado do berço de plantio para novas mudas.

5.2 Aplicação da técnica de agrupamento pelo modelo de Kohonen

Com o método de rede neural não supervisionada descrito anteriormente na seção 3.5.1, foi aplicado por meio da técnica de *clustering* o modelo de mapa auto-organizável de Kohonen. Esse processo permitiu identificar diferentes grupos dentro dos dados do inventário de arborização urbana, permitindo analisar suas características e a distribuição espacial correspondentes a cada um deles. Essa abordagem foi essencial para melhor compreensão dos dados e obter uma visão mais precisa da arborização urbana em Jataizinho.

Na figura 11, é apresentado o resultado da aplicação do componente SOM na ferramenta VIS-STAMP pela abordagem por indivíduo e por quadra, no qual foram identificados grupos de dados no conjunto de informações do inventário da arborização urbana.

Figura 11 - Apresentação de como os grupos ficaram estruturados no componente SOM:
a) Por indivíduo; b) Por quadra; c) Legenda das cores associadas aos agrupamentos identificados como mais relevantes.



Fonte: Autoria própria (2023)

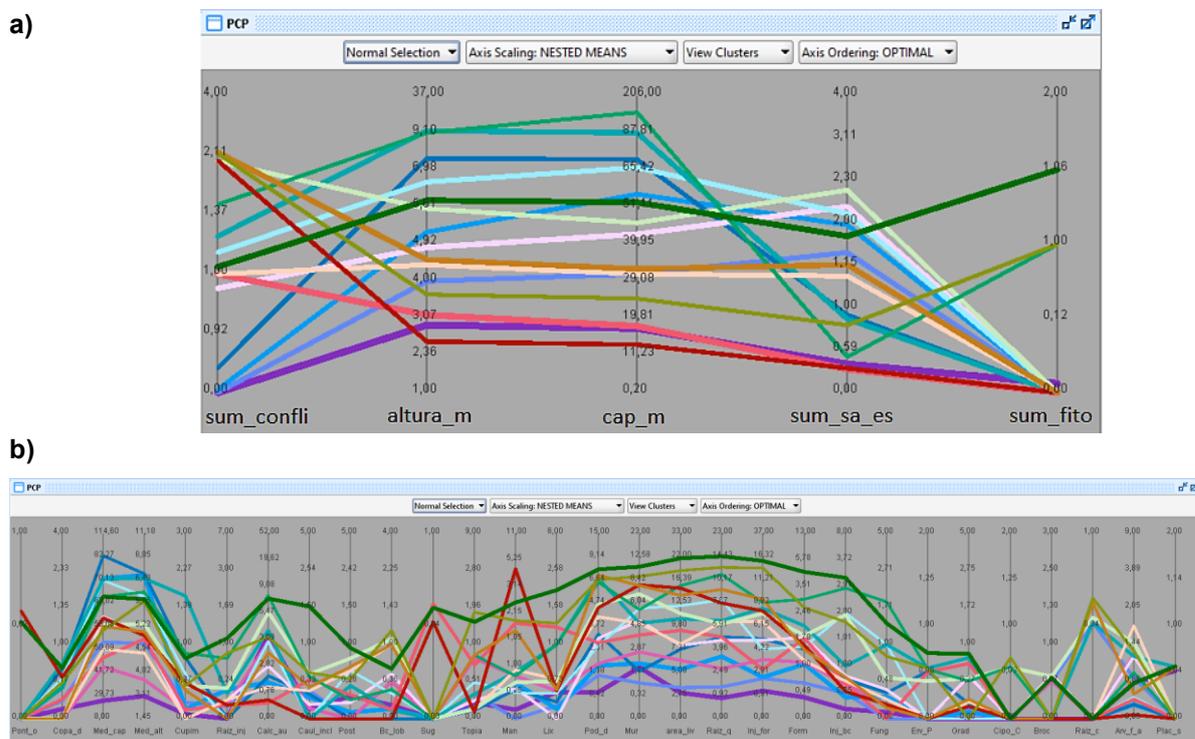
Para o componente SOM selecionou-se dimensões de 4 por 4 tanto para a abordagem por indivíduo, quanto para a abordagem por quadra. Nesse contexto, foram gerados 16 grupos.

Ao considerar a abordagem por indivíduo, destacaram-se três grupos mais significativos em termos de número de itens, esses grupos foram representados pelos círculos de maiores dimensões, identificados pelas cores verde, rosa e roxo. Já na abordagem por quadra, também foram identificados três grupos de destaque em termos de número de itens, representados pelas cores verde, azul e roxo.

Esses grupos foram considerados os mais significativos em relação ao número de itens, devido às suas dimensões maiores.

A figura 12 apresenta a aplicação do componente PCP na ferramenta VIS-STAMP. Essa análise foi realizada tanto pela abordagem por indivíduo quanto por quadra, e permitiu uma investigação detalhada do comportamento dos grupos formados. A partir disso, foi possível identificar padrões de agrupamento e seus comportamentos.

Figura 12 - Apresentação de como os grupos ficaram estruturados no componente PCP:
a) Por indivíduo; b) Por quadra.

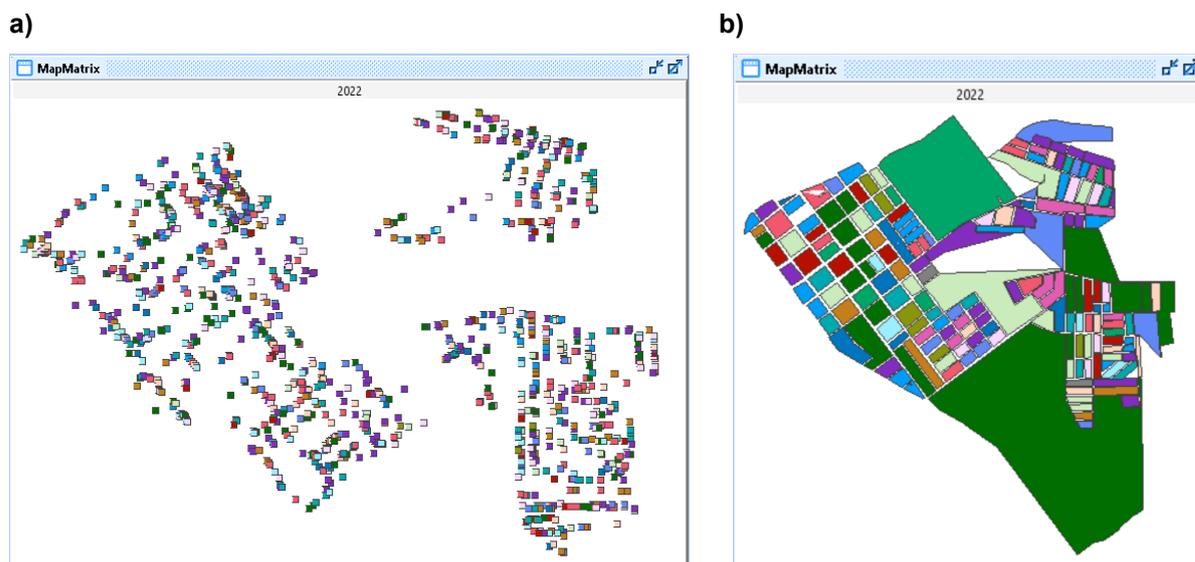


Fonte: Autoria própria (2023)

É possível notar na Figura 12 como ficou a caracterização dos grupos em termos de valores de atributos, em que cada grupo está associado a uma cor no gráfico PCP, a Figura 12.a) apresenta o resultado por indivíduo, enquanto a Figura 12.b) demonstra o resultado dos agrupamentos por quadra. De forma geral percebe-se uma grande variação nos valores de atributos. A análise detalhada do comportamento dos grupos é apresentada na seção 5.2.1.

Na Figura 13, apresenta-se o resultado da aplicação do componente Map Matrix, que possibilitou identificar a distribuição espacial das características correspondentes a cada grupo de indivíduos e quadras. De forma geral, tanto na Figura 13.a), que representa a abordagem por indivíduo, quanto na Figura 13.b), que representa a abordagem por quadra, os resultados revelaram uma distribuição aleatória dos grupos na área do município.

Figura 13 - Apresentação de como os grupos ficaram estruturados no componente Map Matrix: a) Por indivíduo; b) Por quadra.



Fonte: Autoria própria (2023)

5.2.1 Análise e descrição dos padrões identificados

De modo geral, pode-se descrever os agrupamentos mais relevantes, com relação a problemas de arborização, em termos de números de indivíduos conforme a Tabela 6. Nesta tabela são apresentados os valores para cada atributo dos agrupamentos que se destacaram na abordagem por indivíduo. Os grupos selecionados foram aqueles que demonstraram características significativas ou

particularidades relevantes em relação aos demais.

Tabela 6 - Valores médios dos atributos para os agrupamentos considerados mais relevantes na abordagem por indivíduo.

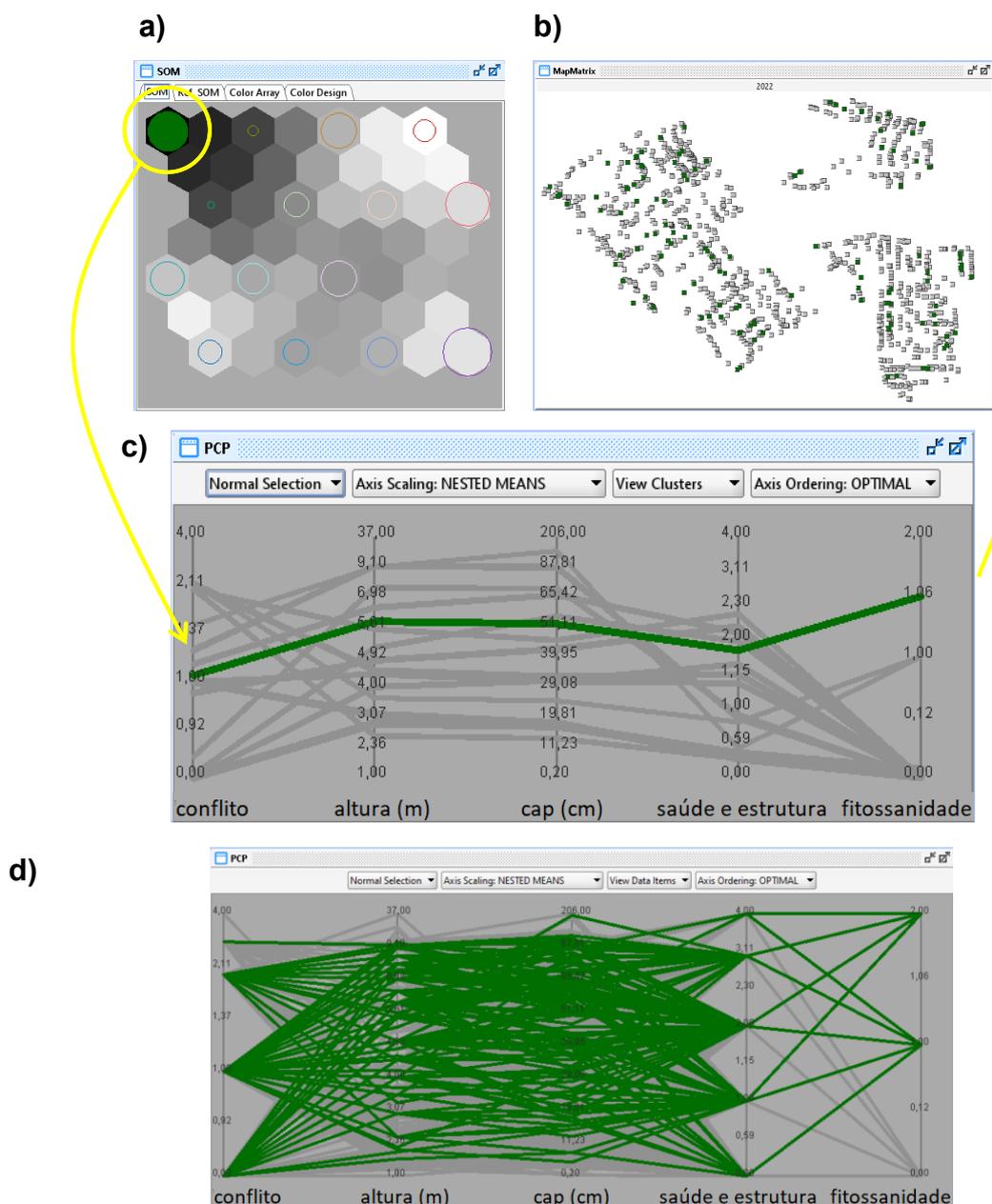
Atributos	Agrupamentos				
	A1	A2	A3	A4	A5
Conflitos	1,00	2,11	2,11	2,11	2,11
Altura	5,61	5,61	4,00 - 4,92	3,07 - 4,00	2,36
CAP	51,11	39,95 - 51,11	29,08	19,81 - 29,08	11,23
Saúde e estrutura	1,15 - 2,00	2,30	1,15	0,59 - 1,00	0 - 0,59
Fitossanidade	1,06	0	0	1,00	0

Fonte: Autoria própria (2023)

Pode-se notar na Figura 14 que o agrupamento A1 identificado pela cor verde (Figura 14.a)), apresenta um comportamento diferenciado em relação ao aspecto fitossanitário, com um índice médio de 1,06 para a somatória de fitossanidade, e um índice mediano relacionado à saúde e estrutura da árvore. Apresenta valor um pouco abaixo da média para ocorrência de conflitos, e os elementos que compõem esse comportamento são representados por árvores com altura média de 5,61 metros e CAP médio de 51,11 cm, conforme a Figura 14.c). Ao observar a Figura 14.b) no Map Matrix, percebe-se que os elementos com essas características e comportamentos estão distribuídos aleatoriamente na área amostrada.

Além do exposto, a figura 14.d) permite uma análise mais minuciosa por elemento, ao filtrar o gráfico por “View Data Items” e selecionar os itens com valor máximo de saúde e estrutura, é possível constatar a presença de dois elementos dentro deste agrupamento que apresentam o valor de índice máximo de 4,00 para o problema de saúde e estrutura, ainda um deles possuem também o valor mais alto do índice para o aspecto de problemas fitossanitários (2,00).

Figura 14 - Apresentação da análise do agrupamento A1 em destaque verde.
a) SOM; b) Map Matrix; c) PCP; d) PCP detalhado por elemento.



Fonte: Autoria própria (2023)

Essas informações são importantes para identificar os indivíduos prioritários em termos de gestão, bem como planejar ações de manejo e conservação mais eficientes e específicas para cada grupo de árvores com características semelhantes, pois monitorar a fitossanidade das árvores ajudará a detectar e tratar infestações de pragas e doenças que possam prejudicar a saúde das árvores e a qualidade da arborização urbana.

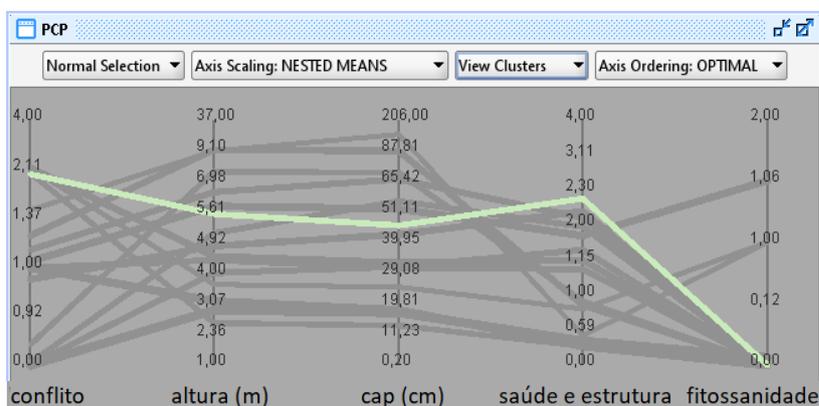
Identificou-se na Figura 15.a) um outro agrupamento denominado A2 que apresenta um alto índice de problemas de saúde e estrutura, juntamente com um alto

índice na soma de conflitos, ao comparar com os outros grupos, sendo possível que esses dois fatores estejam correlacionados. A altura média das árvores nesse agrupamento é de aproximadamente 5,61 metros e a CAP média varia entre 39,95 e 51,11 centímetros e diferem do agrupamento anteriormente citado por não apresentarem problemas fitossanitários.

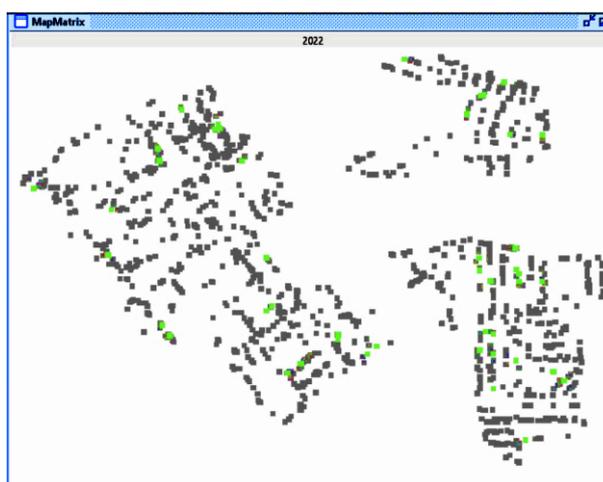
No componente Map Matrix, conforme a figura 15.b) constatou-se que este agrupamento correlacionado ao comportamento descrito, está distribuído de forma aleatória no espaço da área amostrada (símbolos realçados com a cor verde). Saber quais árvores apresentam problemas de saúde e estrutura é essencial para garantir a segurança da população e a qualidade ambiental da região.

Figura 15 - Apresentação do comportamento do agrupamento A2 com pico no aspecto de conflitos e problemas de saúde e estrutura: a) PCP; b) Map Matrix.

a)



b)



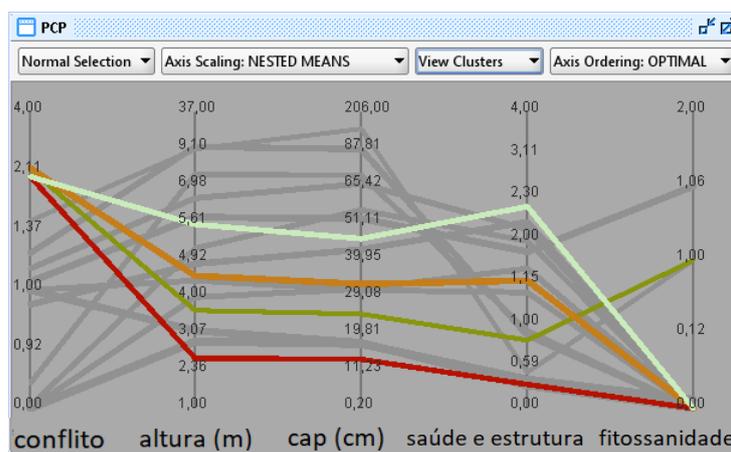
Fonte: Autoria própria (2023)

Ao analisar o conjunto com 4 agrupamentos (A2, A3, A4 e A5) conforme a Figura 16.a), foi identificado um padrão característico com alto índice de conflitos, constatado pelo valor do índice de 2,11. No entanto, para outros aspectos, como

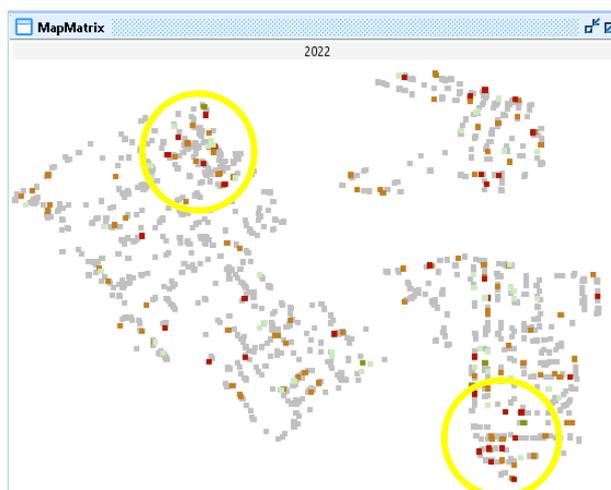
altura, CAP, questões de saúde e estrutura da árvore e fitossanidade, os índices apresentaram valores variáveis. Em relação à distribuição espacial apresentada na Figura 16.b), é possível notar que, de forma geral, a distribuição é aleatória com dois pequenos aglomerados perceptíveis.

Figura 16 – Identificação de quatro agrupamentos com pico no aspecto de conflitos: a) Comportamento dos agrupamentos; b) Distribuição espacial dos elementos identificados.

a)



b)



Fonte: Autoria própria (2023)

Entretanto, destaca-se um aglomerado um pouco maior, como pode ser visto nos círculos destacados em amarelo na Figura 16.b). Esses resultados são importantes para a definição de estratégias e prioridades na manutenção da arborização urbana, visando à redução de conflitos e à promoção de uma arborização mais saudável e sustentável.

Na abordagem por quadras, as características dos agrupamentos

considerados mais relevantes estão sintetizadas na Tabela 7.

Tabela 7 - Valores dos atributos para os agrupamentos considerados mais relevantes na abordagem por quadra.

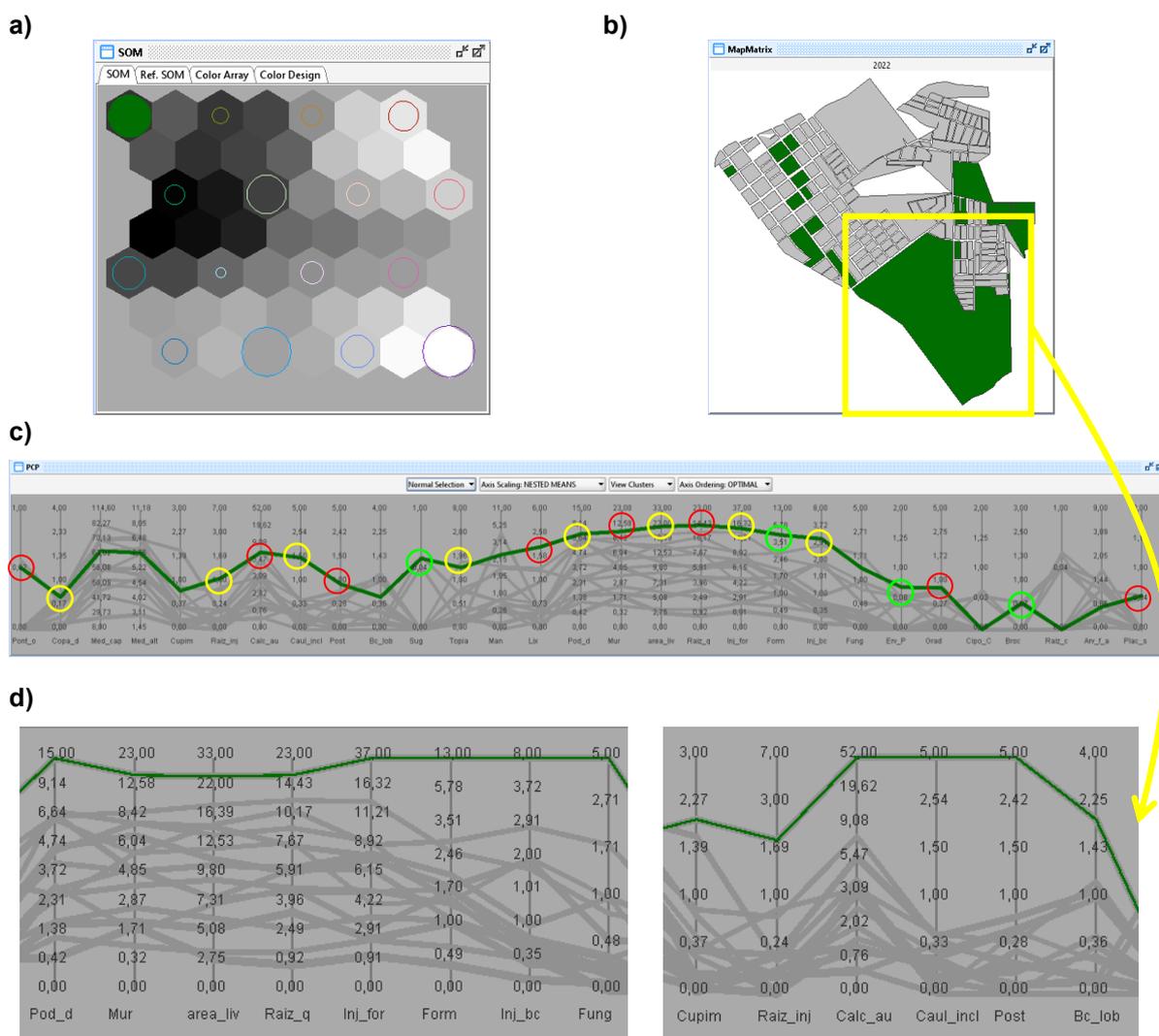
Atributos	Agrupamentos			
	Q1	Q2	Q3	Q4
Proximidade com ponto de ônibus	0,02	0,02	0,00	0,00
Ocorrência de Copa desequilibrada	0,17 - 1,00	0,17	0,17	0,17
CAP	63,02	56,08	82,27	70,13
Altura	5,76	4,54 - 5,22	6,48	6,48
Presença de Cupim	0,37 - 1,00	0,37	1,00	0,00
Ocorrência de Raiz com injúria	1,00	0,00 - 0,24	0,00	0,00 - 0,24
Ausência de pavimentação na calçada	5,47 - 9,08	0,00 - 0,76	0,76 - 2,02	0,76 - 2,02
Ocorrência de Caule inclinado	1,50	0,00	0,00 - 0,33	0,00 - 0,33
Proximidade com Poste	1,00	0,00	0,00	0,00 - 0,28
Proximidade com Boca de Lobo	0,36 - 1,00	0,00	0,00	0,00 - 0,36
Presença de Sugadores	0,04 - 1,00	0,04	0,00	0,00
Ocorrência de Topiaria	1,00 - 1,96	0,00	0,00 - 0,51	0,00 - 0,51
Presença de Manilha	2,15	3,14 - 5,25	0,26	0,26
Proximidade com Lixeira	1,58 - 2,58	0,73	0,00 - 0,73	0,00 - 0,73
Ocorrência de Poda Drástica	6,64	4,74	2,31 —3,72	1,38
Presença de Mureta em volta da árvore	8,42 – 12,58	8,42	1,71	1,71
Ausência de Área livre	22,00	12,53 - 16,39	7,31	5,08
Ocorrência de Raiz quebrando calçada	14,43	7,67	3,96 - 5,91	2,49 - 3,96
Ocorrência de Injúria na forquilha de ramos	16,32	6,15 - 8,92	4,22 - 6,15	2,91
Presença de Formiga	3,51 - 5,78	1,70	1,00 - 1,70	1,00
Ocorrência de Injúria de base no caule	2,91	0,35	0,35 - 1,00	0,35
Presença de Fungo	1,00 - 1,71	0,00 - 0,48	0,00 - 0,48	0,00 - 0,48
Presença de Erva-de-passarinho	0,08 - 1,00	0,00	0,08	0,00
Presença desnecessária de Gradil	1,00	0,00 - 0,27	0,00 - 0,27	0,00 - 0,27
Presença de Cipó-chumbo	0,00	0,00	0,00	0,00
Presença de Broca	0,07	0,00	0,00	0,07
Ocorrência de Raiz cortada	0,00	0,00	0,00	0,00
Árvore fora do alinhamento	0,86	0,00	0,00 - 0,86	0,00 - 0,86
Proximidade com Placa de Sinalização	0,04	0,00	0,00	0,00

Fonte: Autoria própria (2023)

Por meio do agrupamento Q1 representado na Figura 17, é possível identificar

um comportamento de destaque com altos valores de índices para a maioria dos atributos avaliados.

Figura 17 - Apresentação do agrupamento Q1 na cor verde e identificação do seu comportamento: a) SOM; b) Map Matriz; c) PCP; d) PCP detalhado por quadra, evidenciando a maior quadra destacada em amarelo na letra b).



Fonte: Autoria própria (2023)

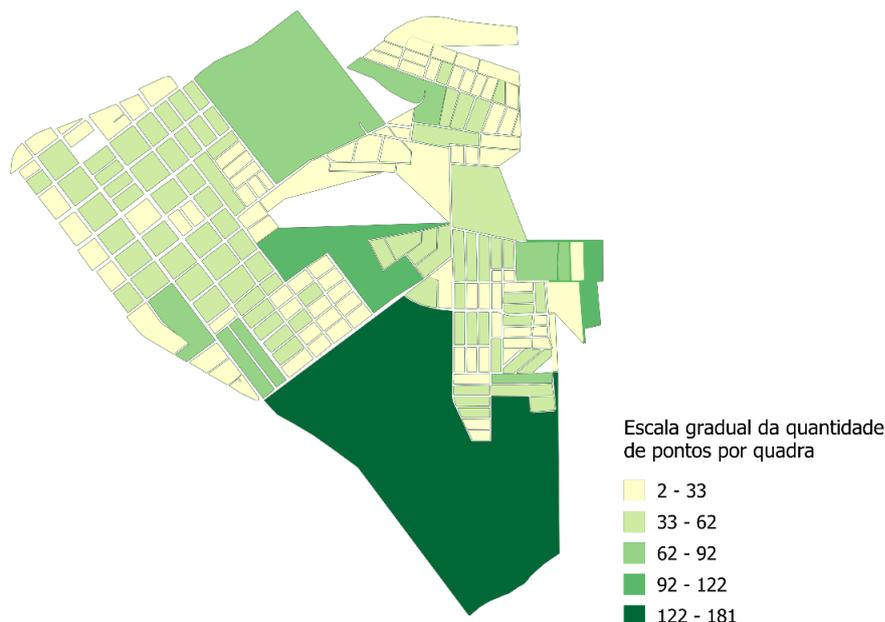
Conforme a Figura 17.c) Nas quadras deste agrupamento, há picos de ocorrência de problemas fitossanitários, tais como sugadores (Sug), formigas (Form), erva-de-passarinho (Erv_P) e brocas (Broc), destacados no círculo com a cor verde. Além disso, há picos de ocorrência de conflitos, como a proximidade com ponto de ônibus (Pont_o), ausência de pavimentação na calçada (Calc_au), proximidade com lixeira (Lix), placa de sinalização (Plac_s) e poste (Post), presença de mureta (Mur) e

gradil (Grad), e ocorrência de raiz quebrando a calçada (Raiz_q), destacados em vermelho por meio de um círculo. É importante ressaltar que os valores chamados de picos são os que possuem o maior índice em comparação aos outros grupos e estão dispostos na tabela 7.

O que mais chama atenção, entretanto, são os picos de ocorrência de problemas de saúde e estrutura da árvore, destacados pelo círculo na cor azul, como copa desequilibrada (Copa_d), injúria na raiz (Raiz_inj), injúria na forquilha de ramos (Inj_for) e injúria na base do caule (Inj_bc), ocorrência de caule inclinado (Caul_incl), topiaria (Topia), poda drástica (Pod_d) e ausência de área livre (Area_livre). Conforme os valores de Q1 da Tabela 7, há uma alta incidência de problemas nessa área, que engloba todos os aspectos categorizados.

Para complementar a discussão do estudo se fez necessário a elaboração de um mapa de número de pontos por quadra, ou seja, um mapa dividido de forma gradual por faixa de intervalo. Conforme apresentado na Figura 18.

Figura 18 – Mapa de número de pontos por quadra.



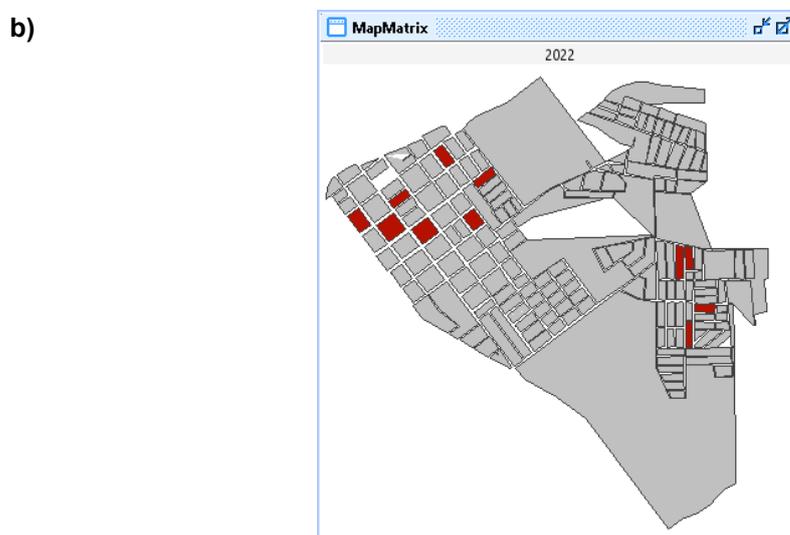
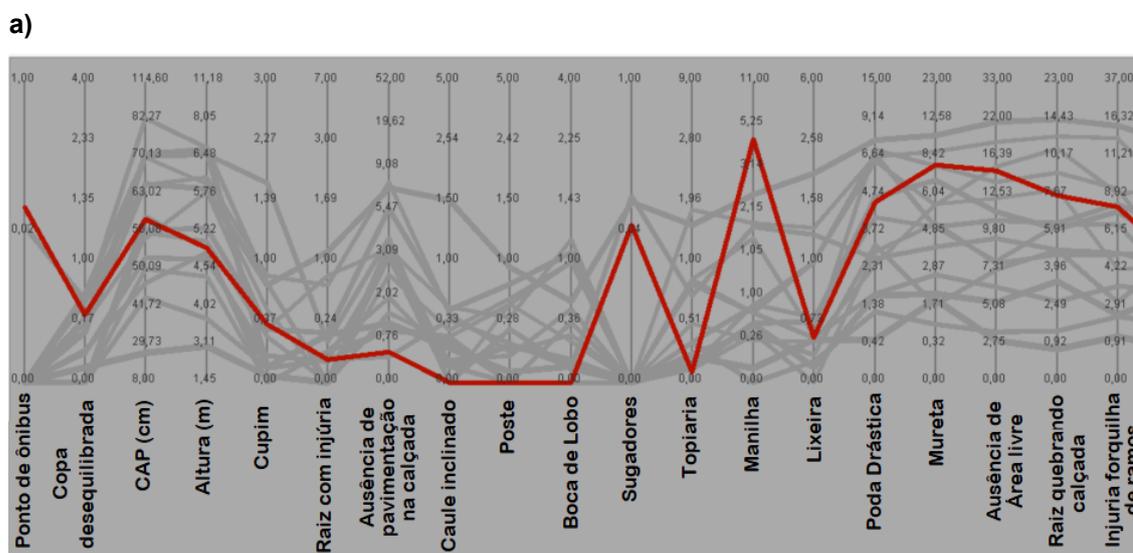
Fonte: Autoria própria (2023)

Pelo gráfico PCP é possível filtrar as quadras que compõem este agrupamento Q1 selecionado na cor verde, conforme as figuras 17.b) e 17.d) é possível notar que a quadra de maior dimensão está no agrupamento que possui maiores índices de questões problemáticas. E conforme a Figura 18, é possível

constatar que esta quadra é a que possui um maior número de árvores comparando com as médias das demais quadras, apresentando uma quantidade de 181 indivíduos. Provavelmente essa informação influencia proporcionalmente na alta quantidade de problemas na arborização.

No agrupamento identificado como Q2, conforme a Figura 19.a) pode-se notar que há um pico principal em alguns dos atributos relacionados a conflitos, com destaque para a proximidade com ponto de ônibus e presença de manilhas, ao comparar o valor do índice com os demais grupos. Já na figura 19.b) apresenta-se a distribuição espacial deste agrupamento.

Figura 19 – Detalhamento referente ao padrão Q2: a) Destaque do comportamento no gráfico PCP; b) Distribuição espacial do padrão identificado.

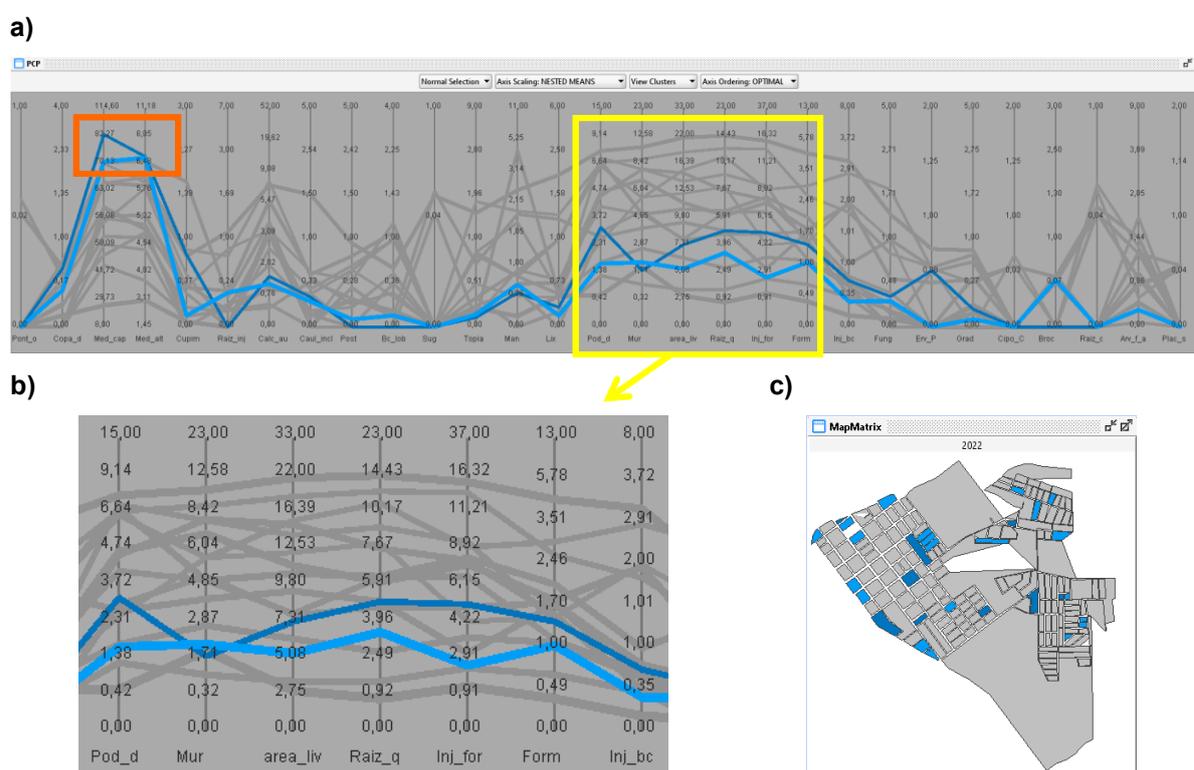


Fonte: Autoria própria (2023)

Além disso, de acordo com a Figura 19.a) embora outros atributos como a ocorrência de copa desequilibrada (Copa_d) e sugadores (Sug), ausência de área livre (Area_livre), injúria na forquilha de ramos (Inj_for), poda drástica (Pod_d), raiz quebrando a calçada (Raiz_q) e presença de muretas (Mur) não apresentem picos tão acentuados, ao comparar com os outros grupos eles ainda possuem valores médios consideráveis (Tabela 7) que contribuem para esse comportamento do agrupamento identificado. As áreas que apresentam esse comportamento estão predominantemente localizadas nas regiões leste e noroeste do município, conforme a Figura 19.b).

Ao realizar uma análise da Figura 20, foi possível identificar um novo padrão que envolve dois agrupamentos similares, sendo Q3 na cor azul com tonalidade mais escura e Q4 na tonalidade azul mais claro. Na Figura 20.a), pode-se observar o comportamento desses agrupamentos, que são semelhantes em relação aos valores de cada atributo, com a Figura 20.b), é possível confirmar essa afirmação com uma imagem mais detalhada. Logo, na Figura 20.c), é possível identificar a distribuição desses agrupamentos, que se apresentam em poucas concentrações e dispersos.

Figura 20 – Detalhamento referente ao padrão v): a) gráfico PCP do padrão que demonstra o comportamento similar; b) Destaque do comportamento no gráfico PCP; c) Distribuição espacial do padrão identificado.



Fonte: Autoria própria (2023)

É importante notar que esses agrupamentos apresentam as maiores alturas de árvores (Med_alt de 6,48) e valores de CAP (Med_cap entre 70,13 e 82,27) destacados no retângulo laranja na Figura 20.a). Além disso, eles também possuem outros atributos consideráveis de valores baixos, associados aos aspectos de fitossanidade, conflitos e saúde e estrutura das árvores como destacado na Figura 20.b). Esses atributos incluem a presença de muretas (Mur) e formigas (Form), a ocorrência de podas drásticas (Pod_d), raízes quebrando calçadas (Raiz_q), injúria na forquilha de ramos (Inj_for), injúria na base do caule (Inj_bc) e a ausência de área livre (Area_livre).

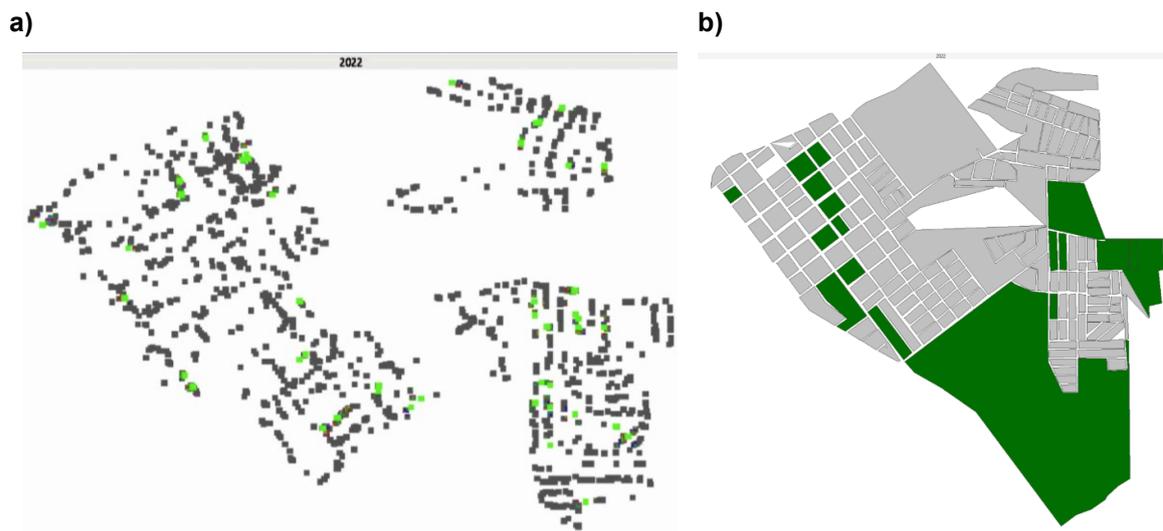
5.2.2 Identificação das áreas prioritárias para tomadas de decisões

Para a avaliação da prioridade foram consideradas regiões, quadras singulares e elementos arbóreos. Utilizou-se como critério os altos índices de cada atributo avaliado no comportamento de cada padrão identificado.

Por meio da análise comparativa, foi identificado que o agrupamento Q1 mencionado na seção 5.2.1 é a região de maior prioridade para a realização de intervenções e ações, devido aos maiores picos de questões problemáticas para a arborização urbana, que envolvem questões fitossanitárias, como acometimento por pragas e doenças, além de problemas relacionados à saúde e estrutura das árvores, como injúrias mecânicas em raízes, caule e copa. Além disso, considerou-se os conflitos entre a arborização e a infraestrutura urbana, que podem gerar problemas com os pedestres e afetar a sua mobilidade. O quantitativo de quadras pertencentes a este agrupamento é igual a 18, o que representa aproximadamente 9,78% do total de quadras. Esse comportamento do agrupamento é observado principalmente na quadra de maior dimensão destacada na Figura 17.b), que apresenta os maiores valores de índices deste agrupamento.

Com relação a árvores, identificou-se que o agrupamento A2 também mencionado na seção 5.2.1 demanda uma maior prioridade para ações e medidas de intervenções, ou seja, apresenta o maior nível de criticidade. Embora esse agrupamento possua uma distribuição espacial aleatória, é possível observar características de pico em relação às questões de saúde e estrutura da árvore, além da ocorrência de conflitos, o que pode ter consequências negativas para a arborização urbana. O quantitativo de árvores correspondentes a esta situação é de 46, o que equivale cerca de 3,92% do total de árvores analisadas.

**Figura 21 – Comparação dos resultados do componente Map Matrix:
a) Abordagem por indivíduo; b) Abordagem por quadra.**



Fonte: Autoria própria (2023)

Ao realizar uma comparação entre os dois resultados avaliados que requerem maior prioridade para tomada de decisão, representados pela Figura 21.a) (abordagem por indivíduo) e a Figura 21.b) (abordagem por quadras), é observado que alguns pontos (representando árvores) que apresentam problemas de conflito, saúde e estrutura estão localizados nas interseções com as quadras que possuem os valores mais elevados para os problemas identificados.

Essas questões podem levar a uma redução na qualidade de vida da população arbórea, impactar negativamente a mobilidade e a segurança dos pedestres, além de afetar a beleza e a funcionalidade da paisagem urbana. É importante que sejam realizadas intervenções e ações para minimizar esses problemas e garantir a sustentabilidade da arborização urbana.

5.2.3 Possíveis propostas de soluções para gestão da arborização urbana

Com base nas questões apresentadas nas seções anteriores, é possível apontar algumas propostas que visam solucionar os problemas encontrados e promover uma gestão mais sustentável da arborização urbana, de modo a maximizar seus benefícios para a sociedade.

A sugestão para a solução envolvendo problemas de fitossanidade da árvore pode variar dependendo da causa raiz do problema. Se o problema for causado por

uma praga ou doença, é possível fazer um controle biológico, utilizando predadores naturais da praga ou parasitas, que ajudam a controlar a população da praga ou doença. Além disso, é possível fazer um controle cultural, por meio de técnicas de poda, manejo do solo, adubação adequada e monitoramento constante. Neste contexto, pode ser possível também fazer um controle químico, por meio da aplicação de defensivos agrícolas, seguindo as orientações técnicas de um profissional capacitado (REGISTRO, 2017).

A escolha da solução mais adequada deve ser feita com base em avaliações técnicas, que levam em conta a espécie da árvore, o estágio da infestação e as condições ambientais.

As sugestões para solucionar problemas estruturais e de saúde das árvores também depende da causa raiz do problema e das condições específicas de cada árvore. Em geral, para prevenir esses problemas, é importante garantir que a árvore seja plantada em um local adequado, com espaço suficiente para o seu crescimento e desenvolvimento, como sugestão é interessante a aplicação de uma legislação que define o tamanho necessário do berço para cada tipo de espécie. Também é importante realizar a manutenção adequada da árvore, incluindo podas regulares para controlar o tamanho e a forma da copa, além de monitorar a saúde da árvore e tratar eventuais doenças ou pragas de forma adequada (REGISTRO, 2017).

No caso de ocorrência de injúrias na forquilha de ramos ou na base do caule, é importante avaliar a extensão da lesão e tomar as medidas adequadas, como a remoção do ramo ou parte do caule danificados. Caso haja lesão em uma das raízes, é importante avaliar a extensão da lesão e, se necessário, realizar uma poda de raiz para evitar que a árvore seja danificada ainda mais. No caso de raiz cortada, a árvore pode precisar de tratamento especial para garantir a sua sobrevivência (SÃO PAULO, 2014).

Na situação de ocorrência de topiaria ou poda drástica, é importante lembrar a população que essas práticas podem prejudicar a saúde da árvore a longo prazo, ou seja, é interessante realizar uma educação ambiental voltada para a sensibilização, relatando que o ideal é evitar essas práticas sempre que possível e, caso sejam necessárias, realizar a poda de forma gradual e cuidadosa, de modo a minimizar o estresse da árvore e permitir a sua recuperação.

Em todos os casos, é recomendado consultar um profissional capacitado para avaliar a situação da árvore e recomendar as medidas adequadas para a sua saúde

e bem-estar.

Para solucionar os conflitos entre a arborização urbana e a infraestrutura e pedestres, é possível sugerir algumas soluções, como a poda adequada das árvores, para garantir que os galhos não interfiram na fiação elétrica ou em outras estruturas urbanas, bem como a escolha de espécies adequadas para o espaço disponível e a manutenção constante da arborização urbana (REGISTRO, 2017). Além disso, seria interessante elaborar legislações específicas para a arborização urbana, que estabeleçam diretrizes e normas para a escolha das espécies, a implantação e manutenção das árvores, a realização de podas e outras intervenções culturais, e a responsabilidade dos proprietários das árvores em relação aos danos causados à infraestrutura e pedestres.

É importante ressaltar que a solução para problemas de conflitos da arborização urbana deve ser realizada de forma planejada, com base em avaliações técnicas e em diálogo constante com a comunidade local, sendo portanto, também uma ação de educação ambiental.

6 CONCLUSÃO

Por meio da aplicação da técnica de agrupamento baseada no método de Kohonen, foi utilizada a ferramenta VIS-STAMP para aplicar a técnica de agrupamento nos dados do inventário de arborização urbana do município de Jataizinho de forma sistemática, a fim de identificar características comuns em termos de quadra e de árvore. Essa técnica permitiu identificar tendências que poderiam passar despercebidas em uma análise mais simples, fornecendo informações mais detalhadas para a tomada de decisões na gestão da arborização urbana. Verificou-se que este método de interpretação de dados multivariados pode ser uma ferramenta valiosa para otimizar e agilizar o processo de análise e planejamento.

Os resultados obtidos possibilitaram a identificação de quadras que possuem características fitossanitárias em comum, problemas de saúde e estrutura das árvores e conflitos com a infraestrutura urbana e pedestres, bem como a identificação de áreas mais críticas com a maior necessidade de ações a serem realizadas. Essas informações podem contribuir para a elaboração do PDAU, de modo a servir como um subsídio para os gestores responsáveis pela realização do diagnóstico e pelas tomadas de decisões e ações estratégicas na gestão da arborização urbana e até mesmo orientar a elaboração de políticas públicas eficazes. Dessa forma, a equipe gestora poderá adotar medidas preventivas e corretivas adequadas para a gestão da arborização urbana, como a escolha dos melhores métodos para proteção sanitária vegetal e prevenção do risco de queda, evitando possíveis acidentes.

Neste contexto, também se fez possível criar uma escala de prioridade para tomada de decisão, a partir dos resultados que obtiveram valores com maiores índices. Com relação aos demais padrões identificados, é necessário que a equipe gestora avalie qual é a melhor estratégia a ser adotada, considerando fatores como os recursos financeiros disponíveis, o tamanho da equipe responsável e o prazo para a execução das intervenções. A escolha do caminho a ser seguido deve ser feita de maneira cuidadosa, a fim de garantir que os resultados esperados sejam alcançados e que haja uma otimização dos recursos disponíveis e a maximização dos resultados.

Além disso, foi possível disponibilizar informações mais completas e acessíveis, com o intuito de conscientizar a população sobre a importância da arborização urbana e a engajá-la em ações de cuidado e manutenção das árvores.

Por fim, conclui-se que o presente trabalho pode ser utilizado como uma

ferramenta auxiliar para gestão do município, contribuindo para a identificação dos principais problemas e conseqüentemente, possibilitando a minimização dos prejuízos ambientais e sociais decorrentes de um planejamento inadequado. Neste sentido, os resultados apresentados podem ser subsídio para proporcionar uma arborização urbana mais saudável, segura e sustentável para a população.

Para possíveis trabalhos futuros sugere-se realizar um estudo comparativo entre diferentes técnicas de agrupamento, com o objetivo de avaliar qual delas é mais adequada para a identificação de grupos ou padrões na arborização urbana. O desempenho de cada técnica pode ser avaliado com base em critérios como coerência interna dos grupos, interpretabilidade dos resultados e capacidade de identificar padrões relevantes para a gestão urbana e ambiental. Além disso, seria interessante incluir a comparação de agrupamentos entre diferentes municípios de porte semelhante. Os resultados do estudo podem fornecer insights valiosos para a tomada de decisões relacionadas à arborização urbana, contribuindo para o planejamento e manejo sustentável de áreas urbanas.

REFERÊNCIAS

- ARCOVERDE, G. F. B. et al. Identificação de áreas prioritárias para recuperação florestal com o uso de rede neural de mapas auto-organizáveis. *Boletim de Ciências Geodésicas*, v. 17, n. Bol. Ciênc. Geod., 2011, p. 379–400, jul. 2011.
- AMARAL, F. **Aprenda Mineração de Dados: Teoria e Prática**. 1. Ed. Rio de Janeiro: Editora Alta Books, 2019. E-book. ISBN 9786555206852. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786555206852/>. Acesso em: 01 out. 2022.
- ARAÚJO, M. N.; ARAÚJO, A. J. **Arborização Urbana**. Séries de Cadernos Técnicos da Agenda Parlamentar. CREA-PR: Curitiba, PR. 2016. Disponível em: <<https://www.crea-pr.org.br/ws/wp-content/uploads/2016/12/arborizacao-urbana.pdf>>. Acesso em: 21 de set. 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 16246-3: Florestas urbanas - Manejo de árvores, arbustos e outras plantas lenhosas - Parte 3: Avaliação de Risco de Árvores**. ABNT, 2019. Disponível em: https://www.gedweb.com.br/aplicacao/usuario/asp/detalhe_nbr.asp?nbr=12580. Acesso em: 14 set. 2022.
- BADHIYE, S. S; CHATUR P. N.; WAKODE B. V. Temperature and Humidity Data Analysis for Future Value Prediction using Clustering Technique: An Approach. **International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering**. 2012, volume 2, p. 2250-2459, p. 88-91. 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/272171164_Temperature_and_Humidity_Data_Analysis_for_Future_Value_Prediction_using_Clustering_Technique_An_Approach. Acesso em: 22 out. 2022.
- BATISTA, L. F. A. et al. Mineração de dados espaço-temporais para reconhecimento de padrões relacionados à vegetação aquática submersa. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO – SBSR*. 15., 2011, Curitiba, PR, Brasil. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR** INPE, 2011.p. 4412-4419.
- BIONDI, D.; ALTHAUS, M. **Árvores de rua de Curitiba: cultivo e manejo**. Curitiba: FUPEF, 2005.
- BIONDI, D. **Floresta urbana: conceitos e terminologias**. In: _____. *Floresta Urbana*. Curitiba: A autora, 2015. p. 11-27.
- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**, de 05 de outubro de 1988. Brasília, 1988.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Periódicos**. Disponível em: <https://www-periodicos-capes-gov-br.ez1.periodicos.capes.gov.br/index.php/buscaador-primo.html>. Acesso em: 25 out. 2022.
- CABRAL, P. I. D. Arborização urbana: problemas e benefícios. *RevistaEspecialize*

On-line IPOG, v. 1, n. 6, p. 01-15, 2013. Disponível em:
<https://silo.tips/download/arborizacao-urbana-problemas-e-beneficios>. Acesso em: 29 set. 2022.

CAIRES, W. M. **Self Organizing Maps - Redes de Kohonen**. Apostila de aula. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2016. Disponível em:
<https://silo.tips/download/self-organizing-maps-redes-de-kohonen#modals>. Acesso em: 25 abr. 2023.

CALVENTE, M. C. M. H.; GONCALVES, M. A. C. C. (Org.). **Turismo em Pequenos Municípios: Jataizinho - PR**. 1. ed. Londrina: Humanidades, 2004. v. 1. 61p. Disponível em:
<http://www.uel.br/projetos/ternopar/pages/arquivos/livro%20Jataizinho.pdf>. Acesso em: 27 set. 2022.

CAXIAS DO SUL, Prefeitura Municipal. Secretaria Municipal do Meio Ambiente – SEMMA. **PDAU do município de Caxias do Sul (PDAU)**. Caxias do Sul, 2020. Disponível em: <https://caxias.rs.gov.br/servicos/meio-ambiente/plano-diretor-de-arborizacao-urbana-pdau>. Acesso em: 24 set. 2022.

CECCHETTO, Carise Taciane; CHRISTMANN, Samara Simon; OLIVEIRA, Tarcísio Dorn de. Arborização urbana: importância e benefícios no planejamento ambiental das cidades. Seminário Internacional de Educação do Mercosul, Cruz Alta, n.2178-7999, ed. XVI, 2014. Disponível em:
<https://www2.ufrb.edu.br/petmataatlantica/images/PDFs/ARTIGO---ARBORIZACAO-URBANA-IMPORTANCIA-E-BENEFICIOS-NO-PLANEJAMENTO-AMBIENTAL-DAS-CIDADES-1.PDF>. Acesso em: 29 set. 2022.

CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais. **Manual de Arborização**. Belo Horizonte. Cemig/Fundação Biodiversitas, 2011. Disponível em:
<https://www.cemig.com.br/wp-content/uploads/2020/10/manual-arborizacao-cemig-biodiversitas.pdf>. Acesso em: 29 set. 2022.

DANTAS, I. C.; SOUSA, C. M. C. Arborização Urbana na cidade de Campina Grande – PB: Inventário e suas espécies. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. v.4, n. 2. p. 1-18, 2004. Disponível em:
<http://joaotavio.com.br/bioterra/workspace/uploads/artigos/arborizaurbana-515646a391755.pdf>. Acesso em: 15 set. 2022.

FACELI, Katti; LORENA, Ana C.; GAMA, João; AL, et. **Inteligência Artificial - Uma Abordagem de Aprendizado de Máquina**. Rio de Janeiro: Grupo GEN (Grupo Editorial Nacional), 2021. E-book. ISBN 9788521637509. Disponível em:
<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521637509/>. Acesso em: 27 mar. 2023.

FERNANDES, A. M. R. **Inteligência Artificial: Noções Gerais**. Santa Catarina: Visual Books Editora, 2003.

FONSECA, S.F.; SANTOS, D. C.; TRINDADE, W. M. Técnicas de geoprocessamento aplicadas na classificação e avaliação da distribuição das espécies arbóreas nas praças de Buritizeiro/MG. **Geografia Ensino & Pesquisa**, vol. 18, n. 2, p. 109-122, 2014. Disponível em:

<https://doi.org/10.5902/2236499412503>. Acesso em: 22 set. 2022.

FRANÇA, F.W.S.; PIRES, E.P.S.; TOTTI, J.A. Avaliação da produtividade efetiva dos levantamentos dendrométricos para inventário florestal na Riocell S.A *In*: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL. **Anais do 6º Congresso Florestal Estadual**, V 2, p. 721-733, Nova Prata, RS, 1988.

FRANCO, V. S. M. **Gerenciamento da arborização na área do campus da UFMG utilizando ferramentas SIG** – Belo Horizonte, p. 1-38, 2006.

GUO, Diansheng. **VIS-STAMP: Um sistema de visualização para padrões de espaço-tempo e multivariados**. Departamento de Geografia, Universidade da Carolina do Sul. n. 1.0, p. 1-10. 2009

HAYKIN, S. **Redes neurais princípios e prática**. Porto Alegre: Grupo A, 2001. E-book. ISBN 9788577800865. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788577800865/>. Acesso em: 01 out. 2022.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Vegetação Brasileira**. 1 Mapa Série Brasil - Vegetação, escala 1:5.000.000. IBGE, 2004. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/vegetacao/10872-vegetacao.html?=&t=acesso-ao-produto>. Acesso em: 25 set. 2022.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Panorama, Meio Ambiente – Jataizinho**, 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/jataizinho/panorama>. Acesso em: 25 set. 2022.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geociências, Malhas Territoriais, Base de Faces de Logradouros do Brasil**, 2021a. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/28971-base-de-faces-de-logradouros-do-brasil.html?=&t=downloads>. Acesso em: 23 set. 2022.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Panorama, Território - Jataizinho**, 2021b. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/jataizinho/panorama>. Acesso em: 25 set. 2022.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Introdução ao Geoprocessamento**: Spring. Manual. 2006. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/introducao_geo.html. Acesso em: 11 mar. 2023.

JATAIZINHO, Prefeitura Municipal de. **Imprensa: História do Municipal de Jataizinho**, 2022. Disponível em: <https://www.jataizinho.pr.gov.br/?pag=T1RjPU9EZz1PVFU9T0dVPU9HST1PVEE9T0dFPU9HRT0=&idmenu=214>. Acesso em: 20 set. 2022.

LIMA NETO, E. M. de. **Aplicação do sistema de informações geográficas para o inventário da arborização de ruas de Curitiba-PR**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba-PR, 2011. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/26161>. Acesso em: 22 out. 2022.

LONGLEY, P. A. et al. **Sistemas e ciência da informação geográfica**. Bookman; 3ª edição, 2012.

MARIANO, D. C. B. et al. **Data Mining**. Porto Alegre: Grupo A, 2020. E-book. ISBN 9786556900292. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786556900292/>. Acesso em: 01 out. 2022.

METZ, J. **Interpretação de clusters gerados por algoritmos de clustering hierárquico**. 2006. Dissertação (Mestrado em Ciências de Computação e Matemática Computacional) - Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade Federal de São Paulo. São Carlos, 2006. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/55/55134/tde-14092006-090701/publico/master_jean_metz.pdf. Acesso em: 27 out. 2022.

MILANO, M. S. O planejamento da arborização, as necessidades de manejo e tratamentos culturais das árvores de ruas de Curitiba-PR. **FLORESTA**, [S.l.], v. 17, n. 1/2, dec. 1987. ISSN 1982-4688. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/6381/4578>. Acesso em: 23 set. 2022.

MORAES, L. A.; MACHADO, R. R. B. A arborização urbana do município de Timon/MA: Inventário, diversidade e diagnóstico quali-quantitativo. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana - REVSBAU**, v. 9, n. 4, p 80-98. Piracicaba – SP, 2014. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revsbau>. Acesso em: 11 set. 2022.

MOURA, A. C. M.; FONSECA, B.M.; ESDA (Análise Exploratória de Dados Espaciais) de Cobertura Vegetal em Áreas Urbanas – Reconhecimento de Vulnerabilidades para a Gestão de Recursos em Infraestrutura Verde Urbana. **Sustentabilidade**, v. 12, n. 5, pág. 1933, 3 mar. 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/5/1933>. Acesso em: 02 nov. 2022.

NESPOLO, C. C. C. et al. Planos diretores de arborização urbana: necessidade de incorporação na legislação brasileira. **REVSBAU**, Curitiba – PR, v.15, n.2, p. 42-55, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/revsbau.v15i2.70466>. Acesso em: 18 set. 2022.

OLIVEIRA, C. B. (Org.). **Constituição da República Federativa do Brasil**. 9. ed. Rio de Janeiro: DP&A, 2001

PARANÁ. Ministério Público do. **Manual para elaboração do plano municipal de arborização urbana** / organização Paula Broering Gomes Pinheiro. — 2. ed. — Curitiba: Procuradoria-Geral de Justiça, 2018. Disponível em: https://meioambiente.mppr.mp.br/arquivos/File/Manual_Arborizacao_Urbana_2_edicao.pdf. Acesso em: 19 set. 2022.

PÉLLICO N., S.; BRENA, D. A. **Inventário Florestal**, Curitiba, Edição Autores, 1997. 316p. Disponível em: <https://doceru.com/doc/c085c1e>. Acesso em: 24 out. 2022.

PIVETTA, K. F. L.; SILVA FILHO, D. **Arborização urbana: boletim acadêmico série arborização urbana**. 2022. Boletim acadêmico - Programa de Pós-Graduação em UNESP/FCAV/FUNEP, Jaboticabal, SP, 2002. Disponível em: <https://sites.usp.br/podalab/wp-content/uploads/sites/1036/2022/01/000-USP->

ESALQ-arborizacao_urbana-Khatia.pdf. Acesso em: 10 set. 2022.

PODA LAB / FAU USP. Madeira de poda: matéria-prima para cidades sustentáveis, c2022. Página inicial. Disponível em: <https://sites.usp.br/podalab/>. Acesso em: 03 out. 2022.

POLIDORO, M.; TAKEDA, M. M. G.; BARROS, O. N. F. Análise temporal do processo de conturbação na região de Londrina-PR por meio de imagens *Landsat*. **Revista Geográfica Acadêmica**, Londrina. v.3, n.1, p. 70-77, 2009. Disponível em: http://www.uel.br/projetos/atlasrml/publicacoes/periodicos/VERSAO_PUBLICADA.pdf. Acesso em: 23 set. 2022.

PORTO, L. R.; BATISTA, L. F. A.; FARIA, P. C.L. Georreferenciamento da arborização urbana em Londrina-Pr. **Galoá**. In: XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Santos - SP. p. 1303-1306, 2019. Disponível em: https://proceedings.science/proceedings/100063/_papers/97476/download/abstract_file1?lang=pt-br/. Acesso em: 08 out. 2022.

QUEIROZ, S. S. F.; PINTO, K. L. N. Extração de características e reconhecimento de padrões e objetos. **Proceedings of the XII SIBGRAPI**, Vetur, Rio Grande, v. 24, n. 2, p. 2-13, 2014. Disponível em: <https://periodicos.furg.br/vetur/article/view/3363/3811>. Acesso em: 01 out. 2022.

REGISTRO, Prefeitura Municipal de. **Guia de Arborização Urbana**. Município de Registro: Secretária Municipal de Desenvolvimento Agrário e Meio Ambiente (SMDAMA), 2017. 35 p. Disponível em: <https://www.registro.unesp.br/Home/graduacao5111/2017-guia-de-arborizacao-urbana-do-municipio-de-registro.pdf>. Acesso em: 11 mai. 2023.

SÃO PAULO, Prefeitura Municipal de. **Manual Técnico de Arborização Urbana**. Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente, São Paulo. 3ª edição, 2015. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/meio_ambiente/MARBOURB.pdf. Acesso em: 10 set. 2022.

SÃO PAULO, Prefeitura Municipal de. **Manual Técnico de Poda de Árvores**. Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente, São Paulo, 2014. Disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/MPODA.pdf>. Acesso em: 11 mai. 2023.

SILVA, A. G.; PAIVA, H. N.; GONÇALVES, W. **Avaliando a arborização urbana**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2007.

SILVA, K. A. R. et al. Diagnóstico e uso de geoprocessamento para manejo da arborização urbana do bairro centro da cidade do Rio de Janeiro - RJ. **REVSBAU**, Piracicaba – SP, v.11, n.4, p. 98-114, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/revsbau.v11i4.63461>. Acesso em: 23 set. 2022.

TOMAZETTE, M. S.; MARTORELI, G.; FIGUEIREDO, L. P. S. Mapeamento da Cobertura Arbórea de Frutal-MG, Utilizando Fotografias Aéreas: Uma Contribuição ao Plano de Arborização Urbana. In: o XVIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO -SBSR. Santos - SP, Brasil. **Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto -SBSR**. p. 0733-0738, 2017. Disponível em:

https://proceedings.science/proceedings/59/_papers/60078/download/abstract_file1. Acesso em: 03 out. 2022.

XIMENES, L. C.; SILVEIRA, C. E. P.; SILVEIRA, L. P. Diagnóstico quali-quantitativo da arborização urbana do bairro Laginho em Santarém – Pará. **Revista Principia**, João Pessoa, n. 55, p. 1-13, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/viewFile/4157/1619>. Acesso em: 29 set. 2022.

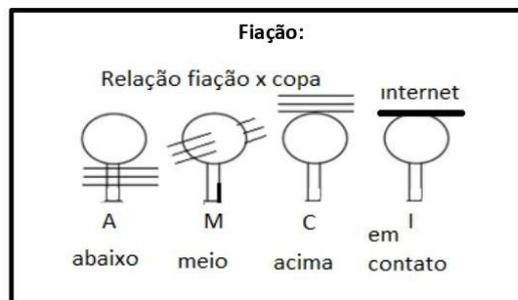
ANEXO A - Planilha para coleta de dados em campo

ANEXO B - Parâmetros avaliados e códigos de apoio em campo

RECUO (afastamento predial linha calçada)	
NÃO existe	0
Menor que 2m	2
Maior que 2m	5
Marquise presente	M

Marcar "espaço disponível" na coluna de Espécie quando houver espaço evidente para plantio de uma nova árvore.
UMA ÁRVORE POR LOTE
casas geminadas: 1 árvore por casa

Área livre:	
Ausente	A
Insuficiente (< 15 cm - caule- borda 2lados)	I
Regular (adequada)	R
Canteiro	C



Poda de levante: ✓ quando atrapalha o pedestre
Poda de base: muitos ramos pequenos na base
Poda de erradicação: quando houver risco, dano potencial

Fitossanidade:	
Broca	B
Cupim (carreador, colônia)	C
Fungo (orelha-pau) decomp	D
Erva-de-passarinho	E
Cipó-chumbo (parasita)	P
Formiga (no entroncamento)	F
Sugadores (pulgão, colchonilha)	S

Condição do CAULE	
Caule inclinado (acessibilidd)	I
Injúria base Caule (sinal apodr)	IB
Injúria na forquilha ramos	IC
COPA DESEQUILIBRADA	CD

Condição da RAIZ	
Raiz quebrando calçada	Q
RAIZ com injúria	RI
Raiz cortada	C

Irregularidades - Proximidade com:	
Poste (♣ a menos de 2m)	P
Boca de lobo (bueiro) < 2m	B
Ponto de ônibus (2m)	O
Lixeira (1m)	L
Mureta em volta da árvore	M
Manilha	N
Topiaria	T
Poda drástica	D
Gradil (sufocando)	G
Placa de sinalização (1m)	S
Calçada ausente (sem)	C
Árvore fora do alinhamento	A